

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

COMPOSTOS DE RESERVA DAS PLANTAS E ATIVIDADE
ENZIMÁTICA DO SOLO EM PASTOS DE BRACHIARIA MANEJADOS
SOB OFERTAS DE FORRAGEM E LOTAÇÃO ROTACIONADA

Estella Rosseto Januszkiewicz

Zootecnista

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Julho de 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

COMPOSTOS DE RESERVA DAS PLANTAS E ATIVIDADE
ENZIMÁTICA DO SOLO EM PASTOS DE BRACHIARIA MANEJADOS
SOB OFERTAS DE FORRAGEM E LOTAÇÃO ROTACIONADA

Estella Rosseto Januszkiewicz

Orientadora: Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri

Co-Orientador: Prof. Dr. Gabriel Maurício Peruca de Melo

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.

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Julho de 2011

Januszkiewicz, Estella Rosseto
J35c Compostos de reserva das plantas e atividade enzimática do solo em pastos de *Brachiaria* manejados sob ofertas de forragem e lotação rotacionada / Estella Rosseto Januszkiewicz. – – Jaboticabal, 2011
xviii, 161 f. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2011
Orientadora: Ana Cláudia Ruggieri
Banca examinadora: Valdo Rodrigues Herling, Paola Pedroso Vantini, Ricardo Andrade Reis, Wanderley José de Melo.
Bibliografia

1. Carboidratos. 2. Fluxo de carbono. 3. Intensidade de pastejo. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.085:633.21

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

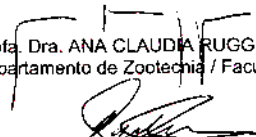
TÍTULO: COMPOSTOS DE RESERVA DAS PLANTAS E ATIVIDADE ENZIMÁTICA DO SOLO EM PASTOS DE BRACHIARIA MANEJADOS SOB OFERTAS DE FORRAGEM E LOTAÇÃO ROTACIONADA

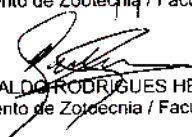
AUTORA: ESTELLA ROSSETO JANUSCKIEWICZ

ORIENTADORA: Profa. Dra. ANA CLAUDIA RUGGIERI

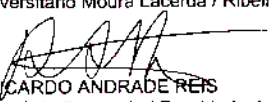
CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. GABRIEL MAURÍCIO PERUCA DE MELO

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. VALDO RODRIGUES HERLING
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos de Pirassununga


Profa. Dra. PAOLA PEDROSO VANTINI
Centro Universitário Moura Lacerda / Ribeirão Preto/SP


Prof. Dr. RICARDO ANDRADE REIS
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. WANDERLEY JOSE DE MELO
Departamento de Tecnologia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 28 de julho de 2011.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

ESTELLA ROSSETO JANUSCKIEWICZ, filha de Nicolau Nebel e Angela Marlene Rosseto, nasceu em Araraquara, São Paulo, em sete de fevereiro de 1981.

Em fevereiro de 2000, ingressou no curso de Zootecnia, na Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, câmpus de Jaboticabal e se formou em 2005 sob orientação do Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis, com o trabalho de conclusão de curso intitulado “Acúmulo de forragem, composição química e estrutura da vegetação de pastos de capim-Tanzânia submetidos à desfolhação intermitente”.

Em março de 2006, ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia na área de Forragicultura e Pastagens também na Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, câmpus de Jaboticabal, sob orientação da Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri, com bolsa do CNPq. Em fevereiro de 2008 apresentou sua dissertação intitulada “Características do dossel forrageiro e comportamento ingestivo de fêmeas da raça Holandesa em lotação rotacionada de pastos de capim-Marandu sob intensidades de pastejo”.

Em março de 2008, iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia na área de Forragicultura e Pastagens, na Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, câmpus de Jaboticabal, sob orientação da Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri, com bolsa do CNPq. Além disso, no ano de 2009, passou quatro meses no Instituto Nacional de Pesquisa Agronômica (INRA) da França, região de Poitou-Charentes, sítio de Rouillé-Lusignan, em doutorado sanduíche SWE pelo CNPq. Nesse período, trabalhou com os pesquisadores François Gastal e Abad Chabbi.

Dedico

*Aos meus pais Nicolau e Marlene
Por me educar e amar acima de tudo,
Por se dedicarem e trabalharem tanto para que eu pudesse chegar até aqui,
Pelos ensinamentos e bons exemplos.
Dedico a vocês!*

Ofereço

*Ao meu irmão Fábio,
Por seu apoio, amor e amizade dedicados a mim,
Pelo orgulho que sempre teve de mim.
A quem sempre amarei.*

AGRADECIMENTOS

À Deus, por estar sempre olhando por mim e me dar calma, esperança, paciência, otimismo e saúde para encarar a vida da melhor forma possível.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – câmpus de Jaboticabal, por me acolher desde a graduação, pela minha formação acadêmica e pela oportunidade de realização deste trabalho.

À Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri, minha orientadora, por ser uma grande amiga, pela ótima convivência, pela contribuição na formação do meu caráter e na minha formação profissional. Espero que possamos manter essa relação por muito tempo.

Ao meu co-orientador, prof. Dr. Gabriel Maurício Peruca de Melo pelos ensinamentos e pela ajuda na condução das análises laboratoriais.

Ao Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis pela amizade, ensinamentos e confiança que depositou em mim desde a época de graduação.

Ao Profa. Dra. Paola Pedroso Vantini pela pronta disponibilidade em participar das correções do trabalho.

A Prof. Dr. Wanderley José de Melo por permitir que uma parte das análises fosse realizada no laboratório de Biogeoquímica do Solo do Departamento de Tecnologia e pela participação nas correções do trabalho.

Ao Prof. Dr. Valdo Rodrigues Herling pela pronta disponibilidade em participar das correções do trabalho e pela amizade que cultivamos desde a época do mestrado.

Aos funcionários do laboratório de Biogeoquímica do Solo: Sueli Aparecida Leite (técnica), Roberto Aparecido Chelli (técnico), Rodrigo Thomas de Oliveira (auxiliar técnico) e Alex Roberto Rodrigues (auxiliar técnico) pela paciência em me ensinar os procedimentos analíticos e pelas boas risadas que demos juntos.

Aos pesquisadores franceses François Gastal, Abad Chabbi e a todos os funcionários do INRA, pela paciência e disposição em me ensinar e ajudar no período em que estive na França.

. Ao pós-doutorando Alan Rodrigo Panosso e ao doutorando Wilton Ladeira pela ajuda na parte estatística do trabalho.

À Cíntia Maria Batiston Loureiro pela amizade que temos desde a graduação, pela ótima convivência e pelo apoio que sempre dedicou a mim.

À Bruna Miassi Pereira Russomano Martins, pela convivência que tivemos trabalhando juntas, que nos tornou amigas e pela grande contribuição e dedicação que teve com esse trabalho.

À Elisamara Raposo que é uma grande amiga e uma pessoa de ótimo caráter, por todos esses anos que trabalhamos juntas.

À Marcela Azevedo Magalhães, pela boa convivência que tivemos durante nosso experimento e durante o período em que passamos na França.

À Neusa Aparecida Severo e a toda sua família pela grande amizade que cultivamos nos últimos anos e por sempre poder contar com o apoio de vocês.

Aos amigos e companheiros de trabalho do setor de Forragicultura que direta ou indiretamente contribuíram para que esse trabalho fosse realizado e para meu crescimento pessoal: Anderson (Bokó), Anne (Derrubada), Bruna, Carina (Potra), Cíntia (Lontra), Daniela (Maligna), Débora, Denise (Xai), Eliane, Fernanda (Virgem), Fernando (Gracinha), Franco (Xoiú), Gonçalo, Gregory (Greg), João Paulo, João Pedro, Kelen, Leandro, Lisbeth, Liziane, Luís Augusto (Jacinto), Mariana (Mari), Nailson, Naomi, Natali.

Também agradeço a todas as pessoas e a todos os outros amigos que não estão aqui citados, mas que serão sempre lembrados por mim com amor e carinho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
RESUMO.....	xv
SUMMARY.....	xvii
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	19
1. INTRODUÇÃO.....	19
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	20
2.1. Cultivares de <i>Brachiaria</i>	20
2.2. Manejo do Pastejo.....	23
2.3. Fluxo de carbono.....	27
2.4. Raízes e compostos de reserva.....	29
2.5. Enzimas no solo.....	36
3. OBJETIVOS GERAIS.....	44
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
CAPÍTULO 2 – ALTURA, MASSA SECA E COMPOSTOS DE RESERVA DE PASTOS DE <i>BRACHIARIA</i> MANEJADOS SOB OFERTAS DE FORRAGEM E LOTAÇÃO ROTACIONADA.....	59
1. RESUMO.....	59
2. INTRODUÇÃO.....	60
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	61
3.1. Local e Período experimental.....	61
3.2. Cultivares utilizadas e área experimental.....	62
3.3. Solo da área experimental.....	63
3.4. Animais e método de pastejo.....	64
3.5. Condições climáticas.....	65
3.6. Variáveis avaliadas.....	66
3.6.1. Altura do dossel comprimido.....	66
3.6.2. Teores de compostos de reserva.....	67
3.6.2.1. Massa seca de raízes e de parte aérea.....	67
3.6.2.2. Determinação dos teores de compostos de reserva e translocação.....	69
3.7. Análise estatística.....	70
4. RESULTADOS.....	71
4.1. Altura do dossel comprimido.....	71
4.2. Massa seca de raízes e parte aérea.....	72

4.3. Compostos de reserva.....	74
4.4. Compostos de translocação.....	79
5. DISCUSSÃO.....	84
5.1. Altura do dossel comprimido.....	84
5.2. Massa seca de raízes e parte aérea.....	85
5.3. Compostos de reserva.....	87
5.4. Compostos de translocação.....	91
6. CONCLUSÕES.....	94
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94
CAPÍTULO 3 – ATIVIDADE ENZIMÁTICA DO SOLO DE PASTOS DE <i>BRACHIARIA</i> MANEJADOS SOB OFERTAS DE FORRAGEM E LOTAÇÃO ROTACIONADA.....	100
1. RESUMO.....	100
2. INTRODUÇÃO.....	101
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	102
3.1. Local e Período experimental.....	102
3.2. Cultivares utilizadas e área experimental.....	103
3.3. Solo da área experimental.....	103
3.4. Animais e método de pastejo.....	104
3.5. Condições climáticas.....	105
3.6. Variáveis avaliadas.....	106
3.7. Análise estatística.....	108
4. RESULTADOS.....	108
5. DISCUSSÃO.....	113
6. CONCLUSÕES.....	117
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117
CAPÍTULO 4 – CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E FLUXO DE CARBONO EM PASTAGENS DE CLIMA TEMPERADO MANEJADAS SOB PASTEJO E CORTE.....	120
1. RESUMO.....	120
2. INTRODUÇÃO.....	121
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	122
3.1. Local e Período experimental.....	122
3.2. Plantas forrageiras utilizadas e área experimental.....	123
3.3. Tratamentos e manejo utilizados.....	123
3.4. Variáveis avaliadas.....	125
3.5. Análise estatística.....	129

4. RESULTADOS.....	129
4.1. Massa seca de forragem.....	129
4.2. Índice de área foliar (IAF).....	132
4.3. Índice de nutrição em nitrogênio (INN).....	134
4.4. Massa seca de raízes.....	137
4.5. Fluxo de carbono.....	138
4.5.1. Fluxo de carbono sob manejo de corte.....	138
4.5.2. Fluxo de carbono sob manejo de pastejo.....	140
5. DISCUSSÃO.....	142
5.1. Massa seca de forragem.....	142
5.2. Índice de área foliar (IAF).....	143
5.3. Índice de nutrição em nitrogênio (INN).....	146
5.4. Massa seca de raízes.....	149
5.5. Fluxo de carbono.....	150
5.5.1. Fluxo de carbono sob manejo de corte.....	150
5.5.2. Fluxo de carbono sob manejo de pastejo.....	152
6. CONCLUSÕES.....	155
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	156

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Área das parcelas experimentais de acordo com cada cultivar e níveis ofertados de forragem estudadas.....	63
Tabela 2. Resultado da análise de fertilidade do solo da área experimental, das três cultivares de <i>Brachiaria</i> antes do início do período experimental.....	63
Tabela 3. Altura do dossel comprimido (cm) dos pastos de <i>Brachiaria</i> de acordo com as ofertas de forragem e ciclos de pastejo.....	71
Tabela 4. Altura do dossel comprimido (cm) dos pastos de <i>Brachiaria</i> de acordo com as cultivares e ciclos de pastejo.....	72
Tabela 5. Massa seca de parte aérea (kg.m^{-2}) dos pastos de <i>Brachiaria</i> de acordo com as cultivares e ciclos de pastejo.....	73
Tabela 6. Teor de carboidratos totais não estruturais (CNE em $\text{g.kg}^{-1}\text{MS}$) nas raízes e na parte aérea dos pastos de <i>Brachiaria</i> de acordo com as ofertas de forragem e ciclos de pastejo.....	75
Tabela 7. Teor de carboidratos totais não estruturais (CNE em $\text{g.kg}^{-1}\text{MS}$) nas raízes e na parte aérea dos pastos de <i>Brachiaria</i> de acordo com as cultivares e ciclos de pastejo.....	75
Tabela 8. Teor de nitrogênio total (N total em $\text{g.kg}^{-1}\text{MS}$) nas raízes e na parte aérea dos pastos de <i>Brachiaria</i> de acordo com as ofertas de forragem e ciclos de pastejo.....	76
Tabela 9. Teor de nitrogênio total (N total em $\text{g.kg}^{-1}\text{MS}$) nas raízes e na parte aérea dos pastos de <i>Brachiaria</i> de acordo com as cultivares e ciclos de pastejo.....	77
Tabela 10. Teor de nitrogênio em aminoácidos (N aa em $\text{mg.kg}^{-1}\text{MS}$) nas raízes e na parte aérea dos pastos de <i>Brachiaria</i> de acordo com as ofertas de forragem e ciclos de pastejo.....	78
Tabela 11. Teor de nitrogênio em aminoácidos (N aa em $\text{mg.kg}^{-1}\text{MS}$) nas raízes e na parte aérea dos pastos de <i>Brachiaria</i> de acordo com as cultivares e ciclos de pastejo.....	79
Tabela 12. Teor de nitrogênio proveniente do amônio (N-NH_4^+ em $\text{mg.kg}^{-1}\text{MS}$) nas raízes e na parte aérea dos pastos de <i>Brachiaria</i> de acordo com as ofertas de forragem e ciclos de pastejo.....	80
Tabela 13. Teor de nitrogênio proveniente do amônio (N-NH_4^+ em $\text{mg.kg}^{-1}\text{MS}$) nas raízes e na parte aérea dos pastos de <i>Brachiaria</i> de acordo com as cultivares e ciclos de pastejo.....	81
Tabela 14. Teor de nitrogênio proveniente do nitrato (N-NO_3^- em $\text{mg.kg}^{-1}\text{MS}$) nas raízes e na parte aérea dos pastos de <i>Brachiaria</i> de acordo com as ofertas de forragem e ciclos de pastejo.....	82
Tabela 15. Teor de nitrogênio proveniente do nitrato (N-NO_3^- em $\text{mg.kg}^{-1}\text{MS}$) nas raízes e na parte aérea dos pastos de <i>Brachiaria</i> de	

acordo com as cultivares e ciclos de pastejo.....	83
Tabela 16. Dias das amostragens de solo para avaliação da atividade enzimática no solo das três cultivares de <i>Brachiaria</i>	105
Tabela 17. Atividade das desidrogenases ($\mu\text{g TFF.g}^{-1}$ solo) em pastos de <i>Brachiaria</i> de acordo com as ofertas de forragem (OF) e dias de avaliação.....	109
Tabela 18. Atividade das desidrogenases ($\mu\text{g TFF.g}^{-1}$ solo) em pastos de <i>Brachiaria</i> de acordo com as cultivares e dias de avaliação.....	109
Tabela 19. Atividade das proteases ($\mu\text{g tirosina.g}^{-1}$ solo) em pastos de <i>Brachiaria</i> de acordo com as ofertas de forragem (OF) e dias de avaliação.....	110
Tabela 20. Atividade das proteases ($\mu\text{g tirosina.g}^{-1}$ solo) em pastos de <i>Brachiaria</i> de acordo com as cultivares e dias de avaliação.....	110
Tabela 21. Atividade da arilsulfatase ($\mu\text{g paranitrofenol.g}^{-1}$ solo) em pastos de <i>Brachiaria</i> de acordo com as ofertas de forragem (OF) e dias de avaliação.....	111
Tabela 22. Atividade da arilsulfatase ($\mu\text{g paranitrofenol.g}^{-1}$ solo) em pastos de <i>Brachiaria</i> de acordo com as cultivares e dias de avaliação.....	111
Tabela 23. Atividade da celulase ($\mu\text{g glicose.g}^{-1}$ solo) em pastos de <i>Brachiaria</i> de acordo com as ofertas de forragem (OF) e dias de avaliação.....	112
Tabela 24. Atividade da celulase ($\mu\text{g glicose.g}^{-1}$ solo) em pastos de <i>Brachiaria</i> de acordo com as cultivares e dias de avaliação.....	112
Tabela 25. Datas dos pastejos e dos cortes das pastagens de clima temperado entre os anos de 2006 e 2008.....	124
Tabela 26. Índice de área foliar (IAF) nas áreas manejadas sob corte e pastejo em pastos consorciados na França no ano de 2006....	132
Tabela 27. Índice de área foliar (IAF) nas áreas manejadas sob corte e pastejo em pastos consorciados na França no ano de 2007.....	133
Tabela 28. Índice de área foliar (IAF) nas áreas manejadas sob corte e pastejo em pastos consorciados na França no ano de 2008.....	134
Tabela 29. Índice de nutrição em nitrogênio (INN) nas áreas manejadas sob corte e pastejo em pastos consorciados na França no ano de 2006.....	135
Tabela 30. Índice de nutrição em nitrogênio (INN) nas áreas manejadas sob corte e pastejo em pastos consorciados na França no ano de 2007.....	136
Tabela 31. Índice de nutrição em nitrogênio (INN) nas áreas manejadas sob corte e pastejo em pastos consorciados na França no ano de 2008.....	137
Tabela 32. Massas secas de raízes (g) nas áreas manejadas sob corte e pastejo, em diferentes datas e profundidades (cm) de amostragem, em pastos consorciados na França entre os anos de 2006 e 2008.....	137

Tabela 33. Valores de NEE (fluxo líquido de CO ₂ em $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$), GPP (fluxo bruto de CO ₂ em $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$) e RESP (fluxo de respiração em $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$) e RESP/GPP (relação entre respiração e fluxo bruto) na área manejada sob corte em pastos consorciados na França entre os anos de 2006 e 2008.....	139
Tabela 34. Valores de NEE (fluxo líquido de CO ₂ em $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$), GPP (fluxo bruto de CO ₂ em $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$) e RESP (fluxo de respiração em $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$) e RESP/GPP (relação entre respiração e fluxo bruto) na área manejada sob pastejo em pastos consorciados na França entre os anos de 2006 e 2008.....	141

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Imagem de satélite da área experimental de acordo com cada cultivar de <i>Brachiaria</i> e níveis ofertas de forragem estudadas.....	62
Figura 2. A - precipitação pluvial, temperatura média e insolação durante o período experimental. B – armazenamento de água no solo, excesso e deficiência hídrica durante o período experimental.....	66
Figura 3. A - Cilindro para a coleta de solo e raiz. B – Amostra retirada do solo.....	68
Figura 4. A- Retirada do solo remanescente nas amostras. B – amostras de raiz após a primeira lavagem.....	68
Figura 5. A e B. Subamostras de raízes secando a sombra.....	68
Figura 6. Massa seca de raízes (kg.m^{-2}) dos pastos de <i>Brachiaria</i> de acordo com as ofertas de forragem, cultivares e ciclos de pastejo.....	72
Figura 7. Massa seca de parte aérea (kg.m^{-2}) dos pastos de <i>Brachiaria</i> de acordo com as ofertas de forragem.....	73
Figura 8. A - precipitação pluvial, temperatura média e insolação durante o período experimental. B – armazenamento de água no solo, excesso e deficiência hídrica durante o período experimental.....	106
Figura 9. Locais das medições de índice de área foliar.....	125
Figura 10. Analisador de dossel LI-COR modelo LAI 2000.....	126
Figura 11. Dispositivo de medida de fluxo de CO_2 pelo método dos fluxos turbulentos: anemômetro sônico 3D e analisador $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$	128
Figura 12. Dispositivo de medida de dados climáticos.....	128
Figura 13. Distribuição da massa seca de forragem (kg MS.ha^{-1}) na área manejada sob corte em pastos consorciados na França entre os anos de 2006 e 2008.....	130
Figura 14. Distribuição da massa seca de forragem (kg MS.ha^{-1}) na área manejada sob pastejo em pastos consorciados na França entre os anos de 2006 e 2008.....	131
Figura 15. Fluxo líquido de CO_2 em $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (NEE), fluxo bruto de CO_2 em $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (GPP) e fluxo de respiração em $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (RESP) na área manejada sob corte em pastos consorciados na França entre os anos de 2006 e 2008.....	139
Figura 16. Fluxo líquido de CO_2 em $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (NEE), fluxo bruto de CO_2 em $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (GPP) e fluxo de respiração em $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (RESP) na área manejada sob pastejo em pastos consorciados na França entre os anos de 2006 e 2008.....	141

COMPOSTOS DE RESERVA DAS PLANTAS E ATIVIDADE ENZIMÁTICA DO SOLO EM PASTOS DE BRACHIARIA MANEJADOS SOB OFERTAS DE FORRAGEM E LOTAÇÃO ROTACIONADA

RESUMO

O manejo adequado tem a finalidade de obter pastos persistentes, que forneçam forragem em quantidade e qualidade para os ruminantes. Assim, o manejo das pastagens deve considerar, entre outros fatores, a intensidade de pastejo adotada, a estrutura do dossel forrageiro, o sistema radicular das plantas e as características do solo. O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito de diferentes ofertas de forragem nos compostos de reservas das plantas e atividade enzimática no solo de pastos de cultivares de *Brachiaria* manejados sob lotação rotacionada. O experimento foi conduzido no setor de Forragicultura da FCAV/UNESP, Jaboticabal/SP, no período de novembro de 2008 a junho de 2009. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos (ofertas de forragem de 4, 7, 10 e 13% do peso corporal animal) e três repetições. No estudo dos compostos de reserva a coleta de dados foi dividida em quatro ciclos de pastejo (CP) e no estudo da atividade enzimática no solo a coleta de dados englobou, além dos CP, uma amostragem em julho, sendo dividida em dias de avaliação (1, 21, 42, 63 e 183 dias). O aumento das ofertas de forragem (OF) proporcionou maiores alturas do dossel comprimido ao longo do período experimental. Em todas as cv. de *Brachiaria* estudadas, verificou-se que o último CP apresentou maior altura. A massa seca de raízes da cv. Marandu foi menor ($P>0,05$) em relação às outras gramíneas. A menor ($P>0,05$) massa seca de parte aérea foi observada na OF de 4% e as maiores ($P<0,05$) massas nas cv. Xaraés e Mulato. Os teores de nitrogênio (N) total nas raízes nas OF de 4, 7 e 13% não diferiram ($P>0,05$) no decorrer dos CP. O teor de N total na parte aérea foi maior ($P<0,05$) no CP 3 para todas OF e cv. O teor de N em aminoácidos (aa) nas raízes nas quatro OF e três cv. foi maior ($P<0,05$) no CP 1. As maiores concentrações de N-NH_4^+ foram verificadas após a fertilização nitrogenada que ocorreu após o CP 2. Os teores de N-NH_4^+ e N-NO_3^- nas raízes e parte aérea não seguiram um padrão entre as OF, cv e CP. Nas OF de 7, 10 e 13%, a maior ($P<0,05$) atividade das desidrogenases foi observada aos 63 dias, que também foi à época em que a atividade maior ($P<0,05$) em todas as cv. A maior ($P<0,05$) atividade das desidrogenases ocorreu na cv. Marandu. A maior ($P<0,05$) atividade das proteases foi observada aos 183 dias em todas as OF e cv. De modo geral, nos primeiros 21 dias as cv. Xaraés e Marandu mostraram altas atividades da celulase e aos 183 dias na cv. Mulato. As OF não mantiveram um padrão de comportamento das desidrogenases, proteases, arilsulfatase e celulase ao longo do período de avaliação. Dentro do exposto, as cultivares de *Brachiaria* estudadas podem ser manejadas de acordo com as diferentes OF empregadas; as OF utilizadas não limitam o acúmulo de reservas orgânicas pelo dossel forrageiro, porém afetam a atividade enzimática no solo apesar

de não ocorrer um padrão dessa atividade; a cultivar Marandu é mais indicada em fornecer melhores condições para os microrganismos responsáveis pela atividade das enzimas desidrogenase, arilsulfatase e protease. Outro estudo apresentado nesse trabalho teve por objetivo analisar a massa seca de forragem, o índice de área foliar (IAF), o índice de nutrição em nitrogênio (INN), a massa seca de raízes e o fluxo de carbono em pastos consorciados de *Festuca arundinacea*, *Perennial ryegrass*, *Dactylis glomerata* e *Trifolium repens* sob manejo de pastejo e corte, entre os anos de 2006 e 2008, na região de Poitou-Charentes, França. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado. De modo geral, os cortes e pastejos ocorridos na primavera apresentaram maiores massas secas de forragem. Os IAFs refletiram a diferença entre o corte feito com máquina e o processo de bocado exercido pelo animal em pastejo. Os INNs variaram de acordo com a fertilização nitrogenada. Com relação à massa seca de raízes, observou-se que, independente do tratamento e da época de amostragem, as massas diminuíram com o aumento da profundidade, indicando maior presença de raízes nos primeiros 30 cm em relação à superfície do solo. Os dados de fluxo de carbono mostraram que durante fases de estresse, o dossel forrageiro tende a respirar mais, perdendo mais carbono para a atmosfera, não acumulando na forma de reservas. Com base no exposto, o manejo de corte é o mais indicado quando se preconiza obter um IAF que facilite o crescimento do dossel forrageiro após o corte; o manejo de pastejo é o mais indicado quando se considera manter o INN do pasto mais alto; o fluxo de carbono da área manejada sob pastejo foi mais satisfatório e as estações do ano com condições climáticas bem definidas influenciam de forma direta o fluxo de carbono das plantas forrageiras das regiões temperadas.

Palavras-chave: carboidratos, fluxo de carbono, intensidade de pastejo, massa, nitrogênio, raízes.

RESERVE COMPONENTS OF PLANTS AND SOIL ENZYMATIC ACTIVITY OF THE GRAZING BRACHIARIA MANAGED IN HERBAGE ALLOWANCE AND ROTATIONAL GRAZING

SUMMARY

The adequate management has the objective to provide a persistent grassland with forage availability and quality for ruminants. Thus, the pasture management should consider, among other factors, the intensity of grazing adopted, the structure of the sward, the root system of plants and soil characteristics. This study aimed to analyze the effect of different forage allowance in the pastures of *Brachiaria* cultivars (Marandu, Xaraés and Mulato) managed under rotational stocking. The experiment was carried out at FCAV / UNESP, Jaboticabal/SP, from November 2008 to June 2009. The design was completely randomized design with four treatments (forage allowances of 4, 7, 10 e 13% of animal body weight) and three replications. The data collection to study of compounds of reserves was divided into four grazing cycles (GC) and data collection to enzyme activities in the soil had extra sampled in July and was divided into days assessment (1, 21, 42, 63 and 183 days). The different forage allowance (FA) treatment resulted in higher heights compressed canopy over the trial period. In all *Brachiaria* cultivars (cv) studied, it was found that the last GC had a higher heights. The dry mass of roots of Marandu cv was lower ($P>0,05$) compared to other grasses. The dry mass of the shoots of the FA 4% was lower ($P>0,05$) than the others FA and Xaraés and Mulato cv had greater ($P<0,05$) shoot mass. The nitrogen (N) total contents in the in FA 4, 7 and 13% did not differ ($P>0,05$) during the GC. The N total content in shoots was higher ($P<0,05$) in GC 3 for all FA and cultivars. The N aminoacids (aa) content of roots in four FA and three cv was higher ($P<0,05$) in the first GC. The highest N-NH_4^+ concentrations were observed after nitrogen fertilization that occurred after the second grazing. The N-NH_4^+ and N-NO_3^- levels in roots and shoots did not follow a pattern between the FA, cv., and GC. In the OF de 7, 10 e 13%, greater ($P<0,05$) dehydrogenase activity was observed after 63 days, which was also the time when greater activity in all cv. The higher ($P<0,05$) dehydrogenase activity occurred in Marandu cv. The highest protease activity was observed at 183 days in all the FA and cv. In general, in the first 21 days the Xaraés cv and Marandu showed higher activities of cellulase and in 183 days in Mulato cv. The FA did not keep a standard for of dehydrogenase, protease, arylsulfatase and cellulase activity during the evaluation period. The above, the *Brachiaria* cv studied can be managed in accordance with the different FA used; the FA used does not limit the accumulation of organic reserves the sward, but affect the enzyme activity in the soil besides there was not a pattern of activity. The Marandu cv is best suited to provide better conditions for the microorganisms responsible for the activity of dehydrogenase, arylsulfatase and protease enzymes. Another study presented aimed to analyze the herbage dry mass, leaf area index (LAI), the rate of nitrogen nutrition (INN), the root dry mass and the flux of carbon in grasslands of *Festuca arundinacea*, *Perennial ryegrass*,

Dactylis glomerata and *Trifolium repens* under management by grazing and cutting, between the years 2006 and 2008. The data are part of an experiment that is being developed at Poitou-Charentes region in France. The design was completely randomized. Overall, the cuts and grazing occurred in the spring had higher herbage dry mass. The LAI reflected the difference between cutting machine and the process done with bit exercised by the grazing animal. The INN varied according to nitrogen fertilization. Regarding root dry mass, it was observed that, regardless of treatment and sampling time, the masses decreased with increasing depth, indicating a greater presence of roots in the first 30 cm above the soil surface. The carbon flux data showed that during times of stress, the sward tends to breathe more, losing more carbon into the atmosphere, not in the form of accumulating reserves. Based on the foregoing, the management of cut is best suited when you get an LAI recommends that facilitates the growth of the sward after cutting; grazing management is the most appropriate when considering keeping the pasture INN highest; the carbon flux in the area managed under grazing was more satisfactory and the seasons of the year with well-defined weather conditions directly influence the flow of carbon from forage plants of the temperate regions.

Keywords: carbohydrates, carbon flux, intensity of grazing, mass, nitrogen, roots

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

Dentro do manejo das pastagens um fator de grande importância na longevidade da planta forrageira é a intensidade de pastejo. Quando a oferta é alta, o animal não sofre restrição alimentar, pasteja seletivamente e consegue máxima ingestão de pasto, conforme o valor nutritivo e as características do relvado, ou seja, a produção por animal reflete a qualidade do pasto.

No manejo da pastagem deve-se observar as relações das interfaces solo-planta-animal-clima, a fim de alcançar a eficiência do uso da forragem sem comprometer a produtividade. Dessa forma, é necessário que se conheça as respostas estruturais das plantas forrageiras ao ambiente e ao manejo adotado. Deve-se considerar também 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 se 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.

De acordo com DONAGHY & FULKERSON (1998), os órgãos envolvidos no armazenamento dos compostos orgânicos estão associados à propagação vegetativa da planta. O nível de reservas é o reflexo do balanço energético da planta e qualquer fator que cause a redução do crescimento em relação à produção fotossintética provoca aumento na concentração (YOUNGNER, 1972). Estudos com espécies forrageiras confirmaram a correlação entre os níveis de carboidratos não-estruturais e o vigor de rebrota dos pastos (GROSS, 1988; SOARES FILHO, 1991; LUPINACCI, 2002; RODRIGUES, 2006).

O solo também deve ser considerado no manejo das pastagens uma vez que deve possuir características químicas favoráveis às plantas, como baixa acidez e alta

disponibilidade de nutrientes. Existem indicadores que ajudam a determinar a qualidade do solo e avaliar os impactos causados pelo seu manejo inadequado, como a biomassa, a atividade microbiana e a atividade enzimática que são os primeiros a se manifestarem quando o solo é submetido um agente de degradação. Porém, poucas são as pesquisas que associam a atividade biológica e enzimática do solo com os diferentes manejos dos animais em pastagens. Os solos também exercem grande influência sobre a química atmosférica e sobre o clima do planeta através do ciclo biogeoquímico do carbono. Dentro disso, a matéria orgânica do solo se torna uma parte essencial, estrutural e funcional do solo e, o conhecimento sobre ela é imprescindível para o uso sustentável e conservação dos recursos naturais, para que as alterações climáticas e a crescente demanda de bioenergia venham a ser desafios cruciais no mundo (CHABBI, 2007).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cultivares de *Brachiaria*

De acordo com dados do IBGE (2010), dos 174 milhões de hectares ocupados por pastagens no Brasil, aproximadamente 70% são constituídos de pastagens cultivadas, a maior parte deles ocupada por gramíneas do gênero *Brachiaria* (BARBOSA, 2006). Alguns ecótipos de *Brachiaria*, introduzidos entre 1960 e 1975, tiveram nas três décadas seguintes uma ampla extensão nos cerrados brasileiros e savanas da América tropical, devido à adaptação excepcional a solos ácidos e de baixa fertilidade natural. O gênero inclui cerca de 100 espécies de ocorrência nas regiões tropicais e subtropicais de ambos os hemisférios, mas o centro de origem das principais espécies de valor agrônômico é a África Oriental. A adaptação dessas espécies é ampla, abrangendo várzeas inundáveis, margens de florestas ralas e até regiões semidesérticas, mas a ocorrência mais comum é em vegetação de savana (RESENDE et al., 2008).

Segundo NUNES et al. (1985), a espécie *Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf, é originária da África tropical e encontrada em Madagascar, Sri Lanka, Austrália, Suriname e Brasil. As plantas dessa espécie possuem características como hábito de crescimento cespitoso; bainhas pilosas; lâminas foliares linear-lanceoladas, pilosas na face ventral e glabras na face dorsal; inflorescência na forma de ráceros alternados e colmos floríferos eretos, freqüentemente com perfilhamento nos nós superiores. Além disso, os principais atributos dessa espécie são: alta resposta à aplicação de fertilizantes, alta capacidade de cobertura do solo, bom desempenho sob sombreamento, bom valor nutritivo e alta produção de raízes e sementes.

Do total da área ocupada por pastagens, estima-se que 60 milhões de hectares sejam formados pela *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu. Em 1977 essa gramínea foi incluída no processo de avaliação de plantas forrageiras da Embrapa sendo testada em condições climáticas variadas para, em 1984 ser lançada como *Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu. (ALVES & SOARES FILHO, 1996). Na região do Cerrado, existem cerca de 50 a 55 milhões de hectares de pastagens cultivadas (MACEDO, 1995; SANO et al.; 1999) e 21% são formados pela Marandu (MACEDO, 2000).

A cultivar Marandu está sendo cultivada numa larga escala nas regiões subtropicais e tropicais do Brasil e, caracteriza-se como planta de porte semi-ereto, apresentando de 1,5 a 2,0 m de altura, com produção de perfilhos, no início do crescimento, praticamente eretos e, posteriormente, tornando-se prostrados (ALVES & SOARES FILHO, 1996). Desenvolve-se em condições tropicais e se adapta bem a solos de média e boa fertilidade, tolerando elevadas saturações de alumínio, apresenta boa resposta a adubação e é resistente à cigarrinha das pastagens. Essa cultivar adapta-se até 3.000 metros de altitude, precipitação anual ao redor de 700 mm e cerca de cinco meses de seca no inverno (GHISI & PEDREIRA, 1987).

A cultivar Marandu é tolerante à acidez, sendo recomendada para solos de média a alta fertilidade. A temperatura ótima para o crescimento é de 25 a 30°C, sendo a mínima de 15°C (SKERMAN & RIVEIROS, 1992), embora tolere a ocorrência de geadas. Essa gramínea responde às adubações, com produções de até 36 toneladas de massa seca por hectare por ano (GHISI & PEDREIRA, 1987). THIAGO (2000)

observou que no período das secas e das águas produziu 4.407,0 e 8.159,0 kg.ha⁻¹ de massa seca, respectivamente. Já MARCELINO et al. (2006), verificaram que a redução na intensidade de desfolhação proporcionou maior produção de pseudocolmo e material morto, resultando em baixo valor nutritivo e maiores perdas de forragem.

A cultivar Xaraés foi coletada em Burundi, África e liberada pela Embrapa em 2003 após 15 anos de avaliações. É uma planta cespitosa, de 1,5 m de altura, folha lanceolada e longa, com poucos pêlos e de coloração verde-escura. Os colmos são finos e as inflorescências são grandes, com espiguetas em uma só fileira. Os principais atributos são a alta produtividade, especialmente de folhas, a rápida rebrota e o florescimento tardio, prolongando o período de pastejo até o período seco. Além disso, apresenta bom valor nutritivo e alta capacidade de suporte, que resulta em cerca de 20% maior produtividade animal por hectare quando comparada a cultivar Marandu (VALLE et al. 2004). Nos experimentos conduzidos por esses autores, a cultivar Xaraés não apresentou nível de resistência desejável às espécies de cigarrinhas *Notozulia entrieriana* e *Deois flavopicta*, apesar das baixas populações de cigarrinhas observadas nas áreas experimentais; além disso, mostrou-se tolerante a fungos foliares e de raiz, e maior tolerância a solos úmidos que a cultivar Marandu mas, por ter um florescimento tardio, mostrou-se suscetível à doença chamada mela-das-sementes. Os autores também verificaram que a cultivar Xaraés foi, aproximadamente, 15% mais produtiva do que a Marandu na média de três cortes sob três níveis de fósforo (zero, 3-5 e 5-10 mg P. Mehlich⁻¹.dm⁻³) e duas saturações por bases no solo (35-40% e 50-60%).

A cultivar Xaraés é indicada para regiões de clima tropical úmido, com precipitação anual acima de 800 mm. É medianamente exigente em fertilidade e em solos drenados é responsiva à adubação. Sob lotação contínua, deve ser manejada à altura de 30 a 45 cm e sob pastejo rotativo as alturas indicadas para a entrada e saída dos animais são 35 e 15 cm, respectivamente (EMBRAPA, 2010). As lâminas foliares da Xaraés são mais largas que as da cultivar Marandu e a coloração é verde-escura e o estabelecimento é rápido, com melhor rebrotação que a cultivar Marandu.

De acordo com SMILJANIC JUNIOR et al. (2007), a *Brachiaria* híbrida cv. Mulato (CIAT 36061) é proveniente do cruzamento nº 625 (*Brachiaria ruziziensis* clone 44-6 X

Brachiaria brizantha CIAT 6297), realizado em 1988 pelo programa de pastos tropicais do centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e desde então, vem sendo estudada em países da América do Sul e Central. É considerada como uma gramínea perene, vigorosa, de hábito perfilhado e decumbente, também apresenta grande tolerância à cigarrinha-das-pastagens e não sofreu danos provocados por lagartas durante vários anos de estudos. Os mesmos autores descreveram anatomicamente a lâmina foliar, bainha e colmo da cultivar Mulato e observaram caracteres que possam estar relacionados com a melhor adaptação da planta ao meio ou que possam interferir na digestibilidade dos tecidos, do ponto de vista da degradação ruminal em bovinos. Os autores observaram, em estudo anatômico, a presença de células e tecidos com paredes espessadas, especialmente com lignina que podem representar dificuldades na digestibilidade e degradabilidade.

Essa gramínea se adapta facilmente às condições tropicais e subtropicais, apresenta lâminas foliares lanceoladas pubescentes, pilosas e de cor verde intenso, colmos também pubescentes e raízes profundas. Possui florescimento tardio e é resistente à seca e moderadamente resistente ao frio, vegetando em diversos tipos de solo (ARGEL et al., 2006). Segundo BARROS et al. (2007), a cultivar Mulato apresenta em média de nove a dez lâminas foliares por colmo, que se projetam vertical e horizontalmente garantindo densidade e volume no pasto. Os autores relataram que essa gramínea tem 64,9 e 66,1% de digestibilidade de matéria seca nas lâminas foliares e no pseudocolmo, respectivamente.

2.2. Manejo do Pastejo

O desempenho animal em pastejo varia com a taxa de lotação da pastagem e, mais precisamente, com a pressão de pastejo adotada, por seu efeito sobre as características estruturais de massa, altura, índice de área foliar, porcentagem de material morto da pastagem e, assim, na determinação do consumo de forragem (ALMEIDA et al., 2002). Algumas características morfológicas da planta forrageira (altura, densidade, distribuição horizontal e vertical das plantas) e práticas de manejo

(oferta de forragem, altura pré e pós-pastejo, pressão de pastejo e área foliar remanescente) afetam o crescimento da planta e o desempenho do animal em pastejo.

Dentre as características do dossel vegetativo, HODGSON (1990) citou que as que mais afetam a produção de forragem e do animal e, conseqüentemente, as mais importantes para o manejo, são a altura do pasto, a massa e densidade de forragem e a quantidade de lâminas foliares. Uma das técnicas utilizadas atualmente para quantificar a massa de forragem e a altura do dossel forrageiro é a metodologia do disco ou prato medidor. Este método se baseia no princípio em que as leituras do disco são influenciadas por combinações de altura e densidade da cobertura vegetal, com a vantagem de combinar as características da altura e densidade do dossel, estando mais fortemente associadas com massa forrageira do que somente a altura (MANNETJE, 2000). Segundo PEDREIRA et al. (2002), essa técnica indireta é mais eficiente para quantificar a massa de forragem em dosséis de porte médio e baixo, de espécies folhosas e de colmos macios.

FRAME (1981) cita que em algumas estações do ano e em algumas espécies a presença de colmos grossos e a alta proporção de inflorescências prejudicam a precisão de calibração do disco. Pastagens de crescimento cespitoso podem apresentar grande quantidade de colmos rígidos, os quais podem interferir com as leituras do disco de forma que essas tenham uma baixa correlação com a massa de forragem no dossel forrageiro (GOMES et al., 2000), pois o disco responderia muito mais a altura do que a densidade.

A oferta de forragem é definida por PEDREIRA et al. (2002) como a relação quantitativa e instantânea entre a forragem e o animal, ou seja, a relação entre o peso (massa seca) da forragem por unidade de área e o número de unidades animais em um ponto qualquer no tempo. Sendo assim, a intensidade de desfolha pode ser avaliada de forma mais prática utilizando o critério de oferta de forragem para determinar a carga animal a ser utilizada em uma pastagem (CASAGRANDE, 2007).

O ajuste da oferta de forragem faz-se necessário para otimizar a utilização da pastagem, possibilitando a máxima colheita de material verde ou o mínimo de perdas por senescência, procurando assim, o ponto de equilíbrio entre os componentes do ecossistema e sua sustentabilidade. Segundo MARASCHIN (1996), a grande vantagem

da utilização da oferta de forragem é relacionar a planta e o animal, permitindo o controle da oferta de matéria seca para cada animal no nível desejado e tomando por base a sua capacidade de consumo em função de seu peso corporal, o que não acontece quando se trabalha com lotação de pastagem, que relaciona o número de animais com a área e não leva em consideração a forragem disponível.

Na avaliação dos efeitos das ofertas de forragem de 4, 8, 12 e 16%, em uma pastagem natural, GOMES et al. (1998) verificaram que a maior utilização da pastagem, promovida pela maior intensidade de pastejo, reduziu significativamente a taxa de acúmulo e produção de matéria seca. Os autores concluíram que o acúmulo de matéria seca da pastagem natural pode ser favorecido pela redução do nível de utilização da pastagem.

Em condições normais de uso das pastagens, os animais são forçados a realizar o pastejo até níveis baixos de massa de forragem ou altura residual, com a finalidade de maximizar a quantidade de forragem colhida por hectare, ou devido à baixa oferta de forragem durante períodos de déficit. Como consequência, a oferta é geralmente restrita e o consumo de forragem é diminuído. Por outro lado, em alturas de pastejo mais elevadas, onde o pastejo tem como base a preservação de meristemas apicais, as proporções de material senescente e morto no pasto são elevadas, aumentando o desperdício (CORSI et al., 1994). Nessas áreas, o desempenho individual do animal é maximizado em função da grande possibilidade de consumo de forragem selecionada. Segundo SOUZA et al. (2008), em menores intensidades de pastejo, ocorre adição significativa de resíduos ao solo pela parte aérea das plantas, devido às sobras de forragem; já na maior intensidade, há maior adição de resíduos provenientes dos dejetos animais, alterando, dessa forma, a labilidade da matéria orgânica.

Em lotação intermitente, além da oferta de forragem, o período de ocupação ou de pastejo (tempo dentro do qual certa área é pastejada, HODGSON, 1979), é outro fator importante a ser observado, devendo ser o mais curto possível, a fim de aumentar a eficiência de uso da forragem e prevenir uma segunda desfolha do perfilho, que poderia comprometer a recuperação (GOMIDE, 1997). De acordo com MCGILLOWAY et al. (1999), em lotação intermitente, a progressiva desfolha do dossel caracteriza

redução na massa de forragem verde, na altura do dossel, no índice de área foliar, na porcentagem de lâminas foliares verdes e aumento na porcentagem de colmo e material morto.

Em desfolhações freqüentes, ocorre pouca competição por luz entre plantas pertencentes a uma mesma comunidade, devido à constante remoção de área foliar. As práticas de manejo adotadas determinam a resposta estrutural e morfológica da planta e condicionam estratégias de tolerância das espécies a desfolhação e a luz ambiental. Alterações na arquitetura da planta, provocadas pela desfolhação ou competição por luz podem resultar em modificações no desenvolvimento, crescimento e fluxo de tecidos. Segundo GAUTIER et al. (1999), plantas mantidas em sistemas de manejo com menor freqüência de corte ou pastejo, apresentam elevada competição por luz entre desfolhações sucessivas.

De acordo com PENATI et al. (1999), em situação onde a desfolhação do dossel forrageiro é drástica, pode ocorrer um balanço negativo de carbono, ou seja, a respiração é maior que a fotossíntese, o que leva à redução substancial do material de reserva, composto por carboidratos e nitrogênio. Segundo esses autores, para que não ocorra essa situação, é necessário que ao final de cada pastejo, permaneça um resíduo médio de forragem com 25 % de lâminas foliares verdes para o restabelecimento da atividade fotossintética, já que esses são tecidos altamente fotossintetizantes, importantes para a formação de novos tecidos, produção e perenidade das culturas.

As respostas da fotossíntese ao suprimento de água e nitrogênio estão relacionadas a atividade fotossintética da folha e a distribuição espacial de área foliar. A área foliar verde resulta do balanço entre crescimento e senescência da planta forrageira (GASTAL & DURAND, 2000). A quantidade de carbono fixado pelo dossel forrageiro por unidade de tempo depende diretamente da qualidade da radiação fotossinteticamente ativa absorvida pelas folhas verdes. A eficiência de absorção é determinada por características estruturais, como índice de área foliar, o ângulo médio da lâmina e as propriedades óticas da folha, como transmitância e refletância das ondas de luz visíveis (LEMAIRE & CHAPMAN, 1996). Folhas individuais apresentam grande variação na capacidade fotossintética, que é determinada por vários fatores

como quantidade de radiação solar incidente, temperatura, suprimento de água e nutrientes e, principalmente, o estágio de desenvolvimento.

O ambiente em que as folhas se desenvolvem também afeta a eficiência fotossintética. Folhas crescendo em baixa taxa de radiação, em pastos densos, possuem menor eficiência fotossintética quando emergem ao topo do dossel que folhas crescendo sob altas taxas de radiação logo após a desfolhação (LEMAIRE, 1997). Folhas completamente expandidas fazem fotossíntese com intensidade máxima e os assimilados por elas formados servem, não apenas para sua própria manutenção, mas também para atender às necessidades do meristema apical, sistema radicular e folhas em expansão. Folha cuja lâmina está parcialmente exposta não disponibiliza assimilados para outras partes do perfilho, utilizando-os para seu próprio desenvolvimento, sendo caracterizadas como folhas drenos (PEDREIRA et al., 2001).

A deficiência hídrica ou de nitrogênio poderá reduzir a assimilação de C pela folha, dependendo do índice de área foliar em que o pasto é manejado. De acordo com GASTAL & DURAND (2000) em situações de índices de área foliar abaixo de três a quatro, o que é normalmente encontrado em situações de seca, significantes reduções na assimilação de carbono ocorrem devido ao enrolamento das folhas, muito antes de qualquer efeito sobre a capacidade fotossintética de folhas individuais. O dossel de um pasto é considerado plenamente desenvolvido quando ocorre a interceptação de 90 a 95% da luminosidade. Isto pode ser resultado de um elevado perfilhamento e expansão da área foliar das plantas constituintes do ecossistema (FERNANDES & ROSSIELO, 1995).

2.3. Fluxo de carbono

O carbono (C) se distribui na natureza da seguinte forma: 0,06% na atmosfera, oceanos, plantas e animais; 99,94% nas rochas e sedimentos oceânicos (BERNER & LASAGA, 1989). A maior parte do C na Terra está estocado nas camadas geológicas e nos sedimentos oceânicos e está sob a forma de carbonatos de carvão e de petróleo. Porém, os três principais reservatórios capazes de fazer trocas entre si e que compõem

o ciclo biogeoquímico do C são a atmosfera, os oceanos e a biosfera terrestre. Estes reservatórios têm subdivisões internas e os mecanismos de trocas nas suas fronteiras são muito complexos. O ciclo biogeoquímico do C é o nome dado ao conjunto de processos responsáveis por retirar C de um determinado reservatório, fazê-lo participar de compostos e reações em outros reservatórios e após algum tempo devolvê-lo ao reservatório de origem (PACHECO & HELENE, 1990). O CO₂ desaparece da atmosfera somente pelo processo de absorção dos outros dois reservatórios: oceanos e biomassa.

As quantidades de C transferidas de um reservatório para outro por unidade de tempo, devido a processos físico-bio-geo-químicos, são conhecidas como fluxos de carbono. Os fluxos ocorrem entre os três reservatórios principais, tendo a atmosfera um papel intermediário; em primeira aproximação, as trocas diretas entre biomassa continental e oceanos são negligenciáveis e todas as trocas entre esses dois reservatórios se produzem pelo intermédio da atmosfera. As fontes de C da atmosfera são bem conhecidas, como aquelas decorrentes das atividades humanas que queimam combustíveis fósseis e liberam bilhões de toneladas por ano para a atmosfera e aquelas naturais como o vulcanismo e o saldo das trocas da atmosfera com os biomas terrestres e com os oceanos (HOUGHTON & WOODWELL, 1989).

Os mesmos autores acima citados relataram que a concentração de dióxido de C na atmosfera é muito variável, dependendo da hora do dia, da sazonalidade, da latitude e das altitudes. Os vegetais terrestres constroem seus tecidos a partir do CO₂ atmosférico captado em nível de folha. É a chamada fotossíntese terrestre que retira anualmente da atmosfera, em um processo natural, cerca de 100 Gt de C em forma de CO₂. Sabe-se também que à noite estes mesmos vegetais liberam CO₂ para a atmosfera em um processo chamado respiração e que conjuntamente com o solo devolvem para a atmosfera cerca de 100 Gt de CO₂ por ano.

O grau de atividade vegetal depende notadamente da luminosidade, da temperatura, umidade e outras variáveis; as estações do ano caracterizam bem esta situação: a primavera e o verão, com climas mais quentes, são mais favoráveis à produção vegetal, ou seja, maior absorção de CO₂; já no outono, com a morte dos

vegetais e o ataque por bactérias, existe maior liberação de CO_2 . Em resumo, a fotossíntese dos vegetais e a respiração tanto dos vegetais como dos solos são os dois processos principais pelos quais passam os fluxos de C entre atmosfera e a biosfera (PACHECO & HELENE, 1990).

As respostas da folha em relação à taxa de assimilação de CO_2 estão atreladas a sensibilidade dos estômatos ao CO_2 e à atividade das enzimas fotossintéticas. Quanto à fotossíntese, certas plantas respondem melhor que outras às altas concentrações de CO_2 , dependendo do processo fotossintético a que estão ligadas (C_3 e C_4). Estes dois tipos de plantas fotossintéticas têm respostas diferenciadas de crescimento dependendo de quatro variáveis: luz, concentrações relativas de O_2 e CO_2 , temperatura e umidade. As plantas C_3 tendem a chegar a uma taxa fotossintética máxima sob intensidade luminosa e temperaturas moderadas e a serem inibidas por altas temperaturas e à plena luz do sol. Ao contrário, as plantas C_4 estão adaptadas à intensa luminosidade e a temperaturas altas, superando em muito a produção das plantas C_3 sob estas condições. As plantas C_4 apresentam uma característica morfológica muito importante: grandes cloroplastos nas bainhas dos feixes em torno das nervuras das folhas. São mais eficientes no uso da água e não são inibidas por altas concentrações de oxigênio como as plantas C_3 . Mas, apesar do potencial fotossintético das plantas C_3 ter-se apresentado menor que o das plantas C_4 , as plantas C_3 são responsáveis pela maior parte da produção fotossintética mundial, provavelmente porque são mais competitivas nas comunidades mistas (ODUM, 1985).

2.4. Raízes e compostos de reserva

Segundo LEMAIRE & CHAPMAN (1996), 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. 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

(MENGEL & KIRKBI, 1982, HOPKINS, 1995). Dessa forma, a rebrota 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 desfolha é inevitável, sendo este efeito proporcional à intensidade e frequência do corte ou pastejo. Por um lado, esta perda de raízes determina na planta forrageira menor capacidade de absorção de água e nutrientes. No entanto, por outro lado, isso não deve ser visto apenas por este aspecto negativo, pois a redução na massa radicular imediatamente após a desfolha parece ser uma estratégia fisiológica da planta forrageira que busca proporcionar uma 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).

A redução na matéria seca de raízes é geralmente proporcional à intensidade de desfolha e os efeitos mais significativos sobre o sistema radicular são observados na primeira semana após o corte ou pastejo. Todavia, a rapidez com que a parte aérea se refaz após a desfolha, bem como o ritmo com que o crescimento de raízes se processa, depende de uma série de mecanismos fisiológicos da planta forrageira, como a absorção de nutrientes e de reservas orgânicas na planta (CORSI et al., 2001). Esses autores explicam que, logo após a desfolha, ocorre redução na fotossíntese que se deve principalmente, à remoção das folhas mais jovens e eficientes no processo de fotossíntese, que se encontram no topo do relvado, ficando o processo fotossintético dependente das folhas velhas (de menor atividade fotossintética), localizadas na porção inferior da cobertura vegetal. O estágio de crescimento da planta forrageira reflete o tamanho e atividade do aparato fotossintético e, assim, influencia na quantidade de luz assimilada e que estará disponível ao processo de acúmulo de matéria seca das pastagens.

As reservas orgânicas são, de acordo com SHEARD (1973), compostos constituídos por carbono (C) e nitrogênio (N), elaborados e armazenados pela planta em órgãos permanentes, principalmente aqueles remanescentes à desfolha, usados

como substrato nos processos de manutenção durante períodos de estresse e formação de novos tecidos para a recuperação após desfolha. Cerca de 90% do peso seco das plantas é constituído por compostos oriundos da fixação do CO₂ 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).

Os CHOs desempenham funções associadas a diversos processos metabólicos como transferência e armazenamento de energia e, quantitativamente, são os principais componentes da parede celular das plantas (MOORE & HATFIELD, 1994). Segundo MCLLROY (1967), os CHOs são classificados em dois grupos: carboidratos estruturais (CE) e carboidratos não estruturais (CNE), sendo que os CE são responsáveis pela delimitação celular (membranas) e sustentação das plantas e os CNE atuam em processos bioquímicos diversos, compreendendo a fração de CHOs que é armazenada em estruturas de reservas. O autor comenta que os CNE que normalmente são acumulados em tecidos de reserva são os monossacarídeos como as hexoses (glicose e frutose), oligossacarídeos (sacarose, maltose e, em menores quantidades, rafinose, estaquiose, manose, arabinose e xilose) e polissacarídeos (amido e frutose). Quanto ao tipo de CHOs de reserva, as gramíneas originárias de clima temperado acumulam sacarose e frutanas, enquanto as gramíneas de clima tropical e as leguminosas armazenam sacarose e amido (MAY, 1960).

RODRIGUES & REIS (1995), relataram que durante muito tempo as orientações sobre o manejo do pastejo tiveram como base a utilização de compostos de reserva, principalmente nos teores de CNE acumulados em órgãos de reserva, tais como raízes e base do colmo, pois se verificava uma redução nos teores desses compostos logo após a desfolha, a qual era atribuída à formação de novos tecidos (DAVIES, 1988). A maior justificativa para se atribuir à formação de novos tecidos aos CHOs de reserva, segundo VOLENEC et al. (1996), se devia ao fato de que nenhum aspecto da fisiologia das plantas forrageiras havia sido estudado tão extensivamente quanto à função desses compostos em situações de estresse (como desfolhação e período de inverno) e persistência da planta no ambiente.

De acordo com LEMAIRE (1997), parte do C assimilado pelas plantas é utilizado para produção de energia de manutenção dos tecidos existentes (respiração de manutenção) ou para síntese de novos tecidos (respiração de crescimento). O C que não é perdido pelos processos respiratórios das plantas é armazenado na forma de amido ou CNE e serão utilizados para a manutenção da planta em situações de estresse, como desfolhações severas, ou consumidas durante o estágio reprodutivo. A energia produzida pela respiração de manutenção é utilizada principalmente no metabolismo protéico, manutenção de gradientes eletroquímicos, integridade da membrana e transporte ativo de íons. Dessa forma, a taxa de respiração de manutenção é proporcional à massa protéica das plantas (LEMAIRE, 1997).

Segundo REIS & JOBIM (2000), os CHOs são o principal depósito de energia proveniente da fotossíntese das plantas, constituindo de 50 a 80 % da matéria seca (MS) da forragem e dos cereais. Além disso, os CHOs contidos nas pastagens são a maior fonte de energia para os animais ruminantes. Os CHOs solúveis são acumulados nos tecidos das plantas quando a taxa de formação de glicose que ocorre na fotossíntese é maior que a quantidade necessária ao crescimento e respiração da planta. As plantas tropicais possuem menores teores de CHOs solúveis e maiores de estruturais do que as plantas de clima temperado, que se deve segundo VAN SOEST (1994), à natureza anatômica das espécies em razão da alta proporção de tecido vascular característico das plantas de ciclo de carbono C₄.

As plantas acumulam CHOs solúveis durante o dia, devido a presença de luminosidade, e os utilizam à noite. Assim, teores de açúcares solúveis são mais baixos pela manhã e mais altos no fim do dia. A luminosidade é essencial para o processo fotossintético e, portanto, garante a síntese de açúcares, promovendo aumento nos teores de açúcares solúveis, aminoácidos e ácidos orgânicos, reduzindo os teores de parede celular e aumentando a digestibilidade. A temperatura também interfere nas concentrações de CHOs, ou seja, as altas temperaturas aceleram a atividade metabólica das células, resultando em decréscimo no pool de metabólitos no conteúdo celular, promovendo a rápida lignificação da parede celular. Como consequência, ocorre diminuição da digestibilidade, uma vez que, o

conteúdo celular é composto por proteína, gordura, CHOs solúveis e outros compostos solúveis em água (VAN SOEST, 1994).

Estudos realizados com plantas C3 e C4 verificaram que o crescimento radicular é paralisado quando 50 % ou mais da área foliar é removida. A prioridade de distribuição de assimilados para a parte aérea pode ser considerada uma resposta adaptativa da planta à desfolhação, permitindo a restauração rápida do índice de área foliar para capturar luz e fixação de C para o crescimento (RICHARDS, 1993). A assimilação de CO₂ e as perdas que ocorrem por meio da respiração são altamente dependentes do suprimento de água e N. As respostas da fotossíntese ao suprimento destes nutrientes estão relacionadas à atividade fotossintética da lâmina foliar e à distribuição espacial de área foliar. A regulação da absorção de N pelas plantas, independente da fonte, está sob o controle do suprimento de C e do consumo de N pelas vias meristemáticas ou de reserva da planta. Qualquer alteração no suprimento de C ocasionado pela modificação na intensidade da luz, leva a alterações mais ou menos proporcionais na absorção de N (GASTAL & SAUGIER, 1989).

O conhecimento do padrão de distribuição de C na parte aérea e raízes na formação de novas folhas ou tecido radicular é fundamental para compreensão, não apenas do mecanismo que determina a quantidade de C que pode ser assimilado como consequência da produtividade, mas também, porque o fluxo de C suporta o crescimento de raízes e a absorção de água e minerais. A distribuição de CHOs nas plantas depende de padrões definidos, como força e proximidade dos drenos. A importância dos drenos é modificada ao longo do ciclo da planta de acordo com a distribuição espacial e a função fisiológica dos tecidos em crescimento. Durante a fase vegetativa, os meristemas apicais e radiculares são mais importantes, mas durante a fase reprodutiva, as sementes se tornam os drenos preferenciais (HOPKINS, 1995).

O nitrogênio é um dos nutrientes mais limitantes do crescimento de plantas e apresenta vários mecanismos para a maximização de sua eficiência. Sistemas complexos de absorção, assimilação e mobilização evitam as perdas de N e de energia, sendo que estes sistemas são resultantes de uma progressiva adaptação das plantas a condições de baixo suprimento de N. Embora o N molecular (N₂) constitua 78% da atmosfera, isto não representa alta disponibilidade de nutrientes para as plantas, pois o

N₂, ao contrário de outras moléculas diatômicas como O₂, NO₂ e CO₂, não reage quimicamente sob condições naturais devido à baixa reatividade química (FERNANDES & ROSSIELO, 1995).

O N pode ocorrer no solo, na forma orgânica e inorgânica (mineral). As formas minerais mais comumente encontradas são nitrato (NO₃⁻) e amônio (NH₄⁺). O nitrito (NO₂) também pode ser encontrado em certas condições. A maioria do N mineral é derivado da matéria orgânica do solo, através do processo de mineralização. A matéria orgânica é decomposta ou mineralizada em aminoácidos e a desaminação libera amônia (NH₃) na solução do solo. A amônia pode ser rapidamente transformada em NH₄⁺. Em boas condições de aeração o NO₃⁻ é a forma dominante no solo. Das diferentes formas do N absorvidas pelas plantas, as mais importantes são a nítrica e a amoniacal. Entretanto, a forma de NO₃⁻ é a que predomina durante o processo de absorção, por ser a mais abundante na solução do solo, devido à alta atividade da microbiota do solo em desenvolver o processo de nitrificação. O N absorvido na forma de NO₃⁻ pode ser armazenado no vacúolo das células ou metabolizado, ao passo que o NH₄⁺ absorvido deve ser todo metabolizado, pois não se acumula na planta por ser tóxico (PRADO, 2008).

De acordo com esse autor, existe na literatura, uma indicação geral que, em grande parte das espécies adaptadas a regiões de clima temperado e em condições de baixa concentração de nitrato no solo, a redução do nitrato absorvido se dá nas raízes, portanto o N é transportado na forma de amônio, ao passo que, em espécies de clima tropical, a redução do NO₃⁻ tende a ocorrer na parte aérea da planta, sem depender da concentração externa deste íon, e assim o transporte ocorre na mesma forma que o nutriente foi absorvido (NAMBIAR et al. 1988). Assim, nota-se que, no transporte a longa distância, os nutrientes não são necessariamente transportados na forma iônica absorvida, podendo ser levados na forma orgânica em compostos de baixo peso molecular como N aminoácidos (PRADO, 2008).

Em ambientes tropicais, com estações secas e úmidas alternadas, há um fluxo de NO₃⁻ no início da estação chuvosa, devido a uma rápida degradação da matéria orgânica do solo pelos microrganismos e à migração do NO₃⁻ para a superfície do solo

e sua acumulação durante a seca. O NO_3^- pode ser perdido rapidamente nos horizontes superficiais do solo devido à lixiviação em áreas com boa drenagem ou alta precipitação. Perdas de NO_3^- podem ocorrer também através da denitrificação em solos com drenagem pobre (FERNANDES & ROSSIELO, 1995).

A condição de N e os efeitos sobre a dinâmica de crescimento da planta e o fluxo de C dentro do ecossistema da pastagem, são determinados pela taxa de absorção de N e a distribuição entre órgãos da planta. Quando a disponibilidade de N nos solos não é limitante, a %N crítica para a planta, isto é, a %N mínima que a planta necessita para atingir a máxima taxa de crescimento, parece declinar regularmente à medida que a planta torna-se maior (GASTAL & DURAND, 2000). O declínio na quantidade de N necessário para produzir uma unidade na produção de massa de forragem é consequência de uma maior proporção de material estrutural à medida que as plantas tornam-se maiores, como demonstrado por LEMAIRE & GASTAL (1997). A regulação da absorção de N pelas plantas, independente da fonte de N, está sobre o controle do suprimento de C e do consumo de N pelas vias meristemáticas ou de reserva da planta. Qualquer alteração no suprimento de C ocasionado pela modificação na intensidade da luz leva a alterações mais ou menos proporcionais na absorção de N (GASTAL & SAUGIER, 1989).

Em pastagens desfolhadas freqüentemente e mantidas em índice de área foliar relativamente constante, a absorção de N de plantas individuais poderá não ser alterada e a interceptação de luz de cada indivíduo poderá ser constante (LEMAIRE, 1997). A taxa de crescimento da parte aérea após a desfolhação severa parece depender diretamente das reservas de N estocadas durante o período de crescimento precedente (OURRY et al., 1994) e não diretamente das reservas de C como previamente indicado.

Diferenças no fluxo de N no ecossistema da pastagem podem ser condicionadas pelo manejo do pastejo. A combinação de severidade e freqüência de desfolhação dentro de um tempo médio de duração de vida da folha de uma determinada espécie constituinte da pastagem, pode promover grandes diferenças na senescência de tecido foliar. A mobilização de N das folhas velhas para folhas jovens e em expansão parece

ser um processo normal, relacionado à senescência foliar (THOMAS & STODDART, 1980). LEMAIRE & CULLETON (1989) mostraram que aproximadamente 75% do N foliar foi reciclado na própria planta e apenas 25% foi perdido e retornou ao solo através da senescência e morte de folhas não consumidas. Quando a senescência de folhas em um pasto aumenta como consequência de desfolhações menos freqüentes e severas, uma maior proporção de N é necessária para que o crescimento de novas folhas possa promover a utilização do nutriente das folhas senescentes. Sistemas de desfolhação mais severa e freqüente promovem a colheita desta fonte de N, que não estará diretamente disponível para as plantas (LEMAIRE, 1997).

LUPINACCI (2002) trabalhou com pastos de cv. Marandu, pastejados por bovinos em lotação contínua e taxa de lotação variável, com quatro alturas de manejo (10, 20, 30 e 40 cm) e observou que as reservas de carboidratos e frações nitrogenadas estocadas na base dos colmos foram utilizadas preferencialmente àquelas estocadas nas raízes e que o teor de N nas folhas sofreu interferência do estágio de desenvolvimento das plantas, sendo mais baixo durante a fase reprodutiva.

Em estudo sobre a capacidade de recuperação das plantas forrageiras após desfolha em *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, submetido a doses de nitrogênio e potássio, RODRIGUES et al. (2007) observaram que as doses de nitrogênio aumentaram a massa seca da base do colmo e de raiz, os teores de N total na base do colmo e raiz da planta, sendo os maiores valores encontrados nas raízes e base do colmo. O aumento das doses de N reduziu os teores de carboidratos totais não-estruturais nos órgãos das plantas, e as raízes foram o órgão preferencial de armazenamento desses compostos, nessa cultivar. Os autores também verificaram que a interação nitrogênio x potássio atuou na relação C-N, reduzindo-a, e nos teores de N total da coroa, com incrementos nas maiores doses desses dois nutrientes.

2.5. Enzimas no solo

Os solos ocupados por pastagens em geral são marginalizados quando comparados àqueles usados pela agricultura de grãos. Estes solos apresentam

problemas de fertilidade natural, acidez, topografia, pedregosidade ou limitações de drenagem. Os solos de melhor aptidão agrícola são ocupados pelas lavouras anuais de grãos ou por aquelas de grande valor industrial como para produção de óleo, fibras, resinas e açúcar (MACEDO, 1999). A restauração da produtividade das pastagens, por meio da fertilização, é bastante restrita e, quando feita, muitas vezes, não atende às necessidades nutricionais (VITTI & LUZ, 1997). Dessa forma, o processo de degradação dos solos sob pastagens é acelerado.

O grau de preparo do solo e o manejo dos restos culturais afetam a temperatura, a umidade e a aeração do solo, exercendo grande influência sobre a biomassa microbiana e sua atividade, que responde de maneira mais rápida, a essas alterações do que alguns atributos edáficos, como o teor de matéria orgânica, que pode levar anos para apresentar mudanças significativas (BRADY & WEIL, 2002). As pastagens perenes não estão tão sujeitas às práticas de manejo como as observadas nas culturas anuais, como laranja e café. Em solos sob pastagem, a preservação da matéria orgânica tende a ser maior, pois o revolvimento do solo é mínimo, sendo o aporte de carbono, mais elevado que em outras áreas (LATHEWELL & BOULDIN, 1981). Porém, os sistemas de manejo do solo e de animais sob pastejo também podem proporcionar mudanças positivas nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, melhorando assim, o desenvolvimento radicular e a produção das culturas (GARCIA, 2007).

Diferente da produção de outras culturas as pastagens, além de incorporarem no solo os resíduos das plantas, incorporam também fezes e urinas dos animais que são o suprimento de nutriente mais importante das pastagens. Esses resíduos são ricos em nutrientes que estimulam o crescimento microbiano e a atividade enzimática do solo. Segundo GARCIA (2007), fatores como esses, no entanto, poderiam ser mais bem estudados e compreendidos em pastagens devido ao fato de que a pastagem é um sistema permanente e não tão sujeito às práticas de manejo como as observadas em sistema de produção agrícola, e por isso, a preservação da matéria orgânica tende a ser maior, pois o revolvimento do solo é mínimo com um aporte de carbono mais elevado que em áreas de outros cultivos.

O suprimento mais importante de nutrientes nas pastagens provém da decomposição dos próprios resíduos vegetais e das excreções animais. A quantidade de material depositado anualmente no solo é da ordem de 2 a 8 t ha⁻¹ em florestas, de 1,5 a 4 t ha⁻¹ em matas arbustivas e, em pastagens temperadas, varia de 1 a 3 t ha⁻¹ (PAUL & CLARK, 1989). A contribuição decorrente das raízes mortas varia de 1,2 a 4,4 t ha⁻¹ (VOGT et al., 1986). Segundo ALLEN et al. (1996), em média, uma única excreção bovina seja equivalente a 1.200 g de esterco e 200 mL de urina. Dessa forma, a excreção aumenta o aporte de carbono no solo, principalmente por meio das fezes (FRANZLUEBBERS & STUEDEMANN, 2003). A lenta degradação do material fecal aparentemente resulta da baixa taxa de liberação dos nutrientes presentes em formas orgânicas (HAYNES & WILLIAMS, 1993). Assim, paralelamente à desintegração e lixiviação dos nutrientes presentes em formas solúveis, que culmina com o desaparecimento da placa de fezes, o aproveitamento de seus nutrientes pelas plantas dependerá da mineralização das formas orgânicas dos nutrientes a formas inorgânicas, que dependerá, por sua vez, da atividade da micro fauna, ou seja, principalmente dos fungos e bactérias (BRAZ et al., 2002).

A forragem não consumida pelos animais é outra fonte de retorno de nutrientes para o sistema. Essa contribuição das forrageiras apresenta distribuição uniforme na área da pastagem, ao contrário das excreções animais, que são distribuídas de forma desuniforme. O material morto das plantas, que retorna ao solo, sofre decomposição e libera os nutrientes nele contido. Assim, o manejo dos animais em pastejo interfere nas variáveis acima citadas e, portanto, afeta diretamente os atributos químicos e biológicos do solo, demonstrando a importância de se estudar as implicações da intensidade de pastejo e do pastejo rotacionado.

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). Em áreas com maior deposição de resíduos orgânicos no solo e com grande quantidade de raízes, ocorre aumento populacional e da atividade da biomassa microbiana (CATTELAN & VIDOR, 1990). Os microrganismos são sistemas químicos

autônomos capazes de autopropagação e de converter uma forma de energia para outra, através de reações do seu 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 para o 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 & SIQUEIRA, 2006). Esses mesmos autores afirmam 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.

DICK & TABATABAI (1993) afirmaram que os microrganismos consistem na fonte mais significativa de enzimas do solo. Os solos de pastagens, geralmente, apresentam maior número e atividade de populações microbianas do que solos que não são de pastagem. Tanto a quantidade como a qualidade dos resíduos de origem vegetal ou animal nos sistemas produtivos provocam alterações na comunidade microbiana, influenciando a taxa de decomposição (GARCIA, 2007). Segundo SIQUEIRA & FRANCO (1988) em solos sob pastagens, nas regiões de clima temperado, verifica-se que práticas como aração, uso de fertilizantes, manutenção dos restos vegetais, pastejo, queima, irrigação e drenagem favorecem a atividade da microbiota, enquanto a remoção dos restos de culturas, o uso de fungicidas e fumigantes e a deposição de metais pesados, geralmente têm efeito negativo. Contudo, os microrganismos sofrem influência, além destes fatores, da temperatura, pH, umidade, aeração e disponibilidade de substrato, fertilidade e força iônica (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

A atividade enzimática pode ser utilizada como medida de atividade microbiana, produtividade e efeito de poluentes no solo (ARAÚJO & MONTEIRO, 2007). De acordo com MELO (1988), as enzimas responsáveis pela atividade enzimática estão presentes no solo e são originadas de microrganismos, vegetais e animais. Podem ser intracelulares, relacionadas às células microbianas, e extracelulares, quando não

associadas. As últimas são produzidas pelos seres vivos que o habitam, os quais as excretam para o meio ambiente com finalidades de degradar moléculas de alto peso molecular. A atividade enzimática nem sempre está relacionada com a quantidade de microrganismos presentes no solo, pois quando seres vivos morrem, ocorre a lise da parede celular, com a liberação do material que os constituía e, dentre as diferentes substâncias que os organismos liberam para seu ambiente estão as enzimas, as quais permanecem, ativas, por um período variável de tempo, dependendo das condições do ambiente (MELO, 1988).

Devido à baixa concentração de enzimas no solo, a quantificação geralmente é determinada pela atividade (medida indireta) e não pela quantidade. Essa medida é feita através da ação sobre um substrato específico em condições padronizadas (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Além disso, para que se torne efetiva essa medida, a escolha das enzimas toma como base a sensibilidade ao manejo do solo, na decomposição da matéria orgânica e na operacionalidade da análise (preparo das amostras e armazenamento, assim como as medidas de pH, temperatura, tempo de incubação e concentração de substrato). As enzimas comumente analisadas são as hidrolases ligadas aos ciclos dos principais elementos do solo como carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre (SILVEIRA, 2007; MATSUOKA, 2006).

As desidrogenases pertencentes à classe das oxidoredutases 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 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 no conteúdo de umidade do solo e ao crescimento da população microbiana (QUILCHANO & MARANÓN, 2002; RALTE et al., 2005). De acordo com TYLER (1981) quando há inibição da atividade das desidrogenases, essa pode estar relacionada ao bloqueio de grupos cataliticamente ativos, à desnaturação de proteínas ou outros efeitos na conformação e competição dos íons metálicos por sítios de ativação de enzimas e substratos envolvidos na formação do complexo enzima-

substrato. A atividade das desidrogenases reflete a taxa da respiração microbiológica (CASIDA, 1977), fornecendo informações da porção ativa da comunidade microbiana do solo, informações essas que não podem ser obtidas através do acesso da densidade populacional, usando estimativas da biomassa microbiana total do solo, por exemplo.

Outro grupo de enzimas do solo é o das proteases, que tem relação com a mineralização do nitrogênio orgânico. 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. REZENDE et al. (2004) relataram que a atividade das proteases correlacionou-se significativamente e positivamente com a atividade respiratória e biomassa microbiana, o que mostra uma dependência direta no crescimento de populações microbianas.

GARCIA & NAHAS (2007) em estudo sobre a atividade das proteases em pastos com diferentes lotações de ovinos, verificaram que a atividade variou de 922,1 a 3.075,64 $\mu\text{g g}^{-1}$ de tirosina no solo seco, o que correspondeu a aumento significativo de 2,2 a 4,8 vezes na atividade das proteases encontrada na camada de 0-10, em relação à de 10-20 cm. Houve diminuição significativa da atividade proteolítica na seguinte ordem: pastos com baixa lotação > pastos sem ovinos > pastos com alta lotação. Os autores comentam que a atividade da protease em pastos com alta lotação sugere que o potencial de mineralização do N pode ser afetado pela disponibilidade deste elemento. Os autores concluíram que a baixa lotação de ovinos propiciou aumento da biomassa microbiana e enzimática do solo; pastos com alta lotação de ovinos apresentaram a menor quantidade de vegetação e diminuição nas propriedades químicas e biológicas do solo da camada superficial tende a acumular matéria orgânica e nutrientes químicos, acarretando aumento da biomassa e atividade microbiana.

A arilsulfatase é outra enzima do solo, que catalisa a hidrólise de ésteres de sulfatos que compõem uma das formas orgânicas do enxofre. Grupo de enzimas pertencentes à classe das hidrolases que catalisam a hidrólise extracelular da ligação éster de sulfato ligado ao radical arila (MELO et al., 2008). Acredita-se que esta enzima seja a responsável pela ciclagem do enxofre no solo por meio dos processos de mineralização (AL-KHAFAJI & TABATABAI, 1979), liberando sulfato, que é a forma com que o enxofre é assimilado pelas plantas. Além disso, ela atua como indicador indireto para a presença de fungos no solo, porque somente os fungos possuem ésteres de sulfatos, os quais são substratos para a atividade desta enzima (LISBOA, 2009). A atividade da arilsulfatase no solo é influenciada pela variação na profundidade, teor de carbono e nitrogênio e pela capacidade de troca catiônica do solo.

Em estudo em Latossolo Vermelho-Amarelo, com objetivo de avaliar a biomassa e a atividade microbiana de solos sob áreas de cultivo de videira, entrelinha e linha, cultivos anuais (soja) e em uma área de vegetação nativa de Cerradão, MATSUOKA et al. (2003) verificaram que, nas duas profundidades de coleta (0-5 cm e 5-20 cm), o Cerradão apresentou atividades elevadas da arilsulfatase (em média $92 \mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1}\text{de solo h}^{-1}$), evidenciando a importância da ciclagem do enxofre orgânico pela arilsulfatase nas áreas nativas. Esses mesmos autores observaram que, na profundidade 5-20 cm não ocorreram diferenças entre as duas áreas e que, nas áreas sob uso agrícola, na profundidade de 0-5 cm, a linha e a entrelinha do parreiral apresentaram níveis de atividade da arilsulfatase superiores aos da área sob cultivo anual. Os autores comentam que as maiores atividades da arilsulfatase no parreiral podem estar associadas a uma deficiência de S acarretada pelos altos teores de P nessas áreas, estimulando a atividade da arilsulfatase.

LISBOA (2009) avaliou o preparo do solo nos sistemas de plantio direto e convencional e o sistema de rotação de culturas, sucessão e pousio, bem como o campo nativo (utilizado como condição original do solo) e observou que a atividade enzimática, inclusive da arilsulfatase, indicou que o plantio convencional gerou valores inferiores aos demais sistemas, enquanto que o campo nativo e o preparo do solo direto tenderam a apresentar valores semelhantes, indicando a capacidade do plantio direto

em manter a qualidade original do solo. Por outro lado, não foram encontradas diferenças entre os sistemas de culturas avaliados. O autor concluiu que a determinação da diversidade funcional diferenciou os sistemas, indicando que os sistemas que favorecem o acúmulo de carbono foram mais semelhantes ao sistema utilizado como condição original do solo.

Já a celulase, cicla os nutrientes, catalisando a hidrólise de constituintes da matéria orgânica (JOSHI et al., 1993; FIORETTO et al., 2001). Esta enzima, pertence à classe das hidrolases, catalisa a hidrólise da celulose, carboidrato não redutor, a celobiose e glicose, carboidratos redutores (MELO et al., 2008). MARCHIORI JÚNIOR & 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 por 25 anos apresentou atividades 47 e 74% maiores em comparação à mata natural para as 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 por 20 e 25 anos e que se correlacionou positivamente nas três profundidades.

GRÉGGIO & NAHAS (2007) avaliaram a atividade enzimática microbiana nas profundidades 0-2 cm e 10-12 cm, no município de Jaboticabal-SP, com diferentes coberturas vegetais (Floresta e Cerradão) e encontraram que a atividade da desidrogenase não variou significativamente durante o período de estudo e que a atividade da celulase diminuiu de 91%. Os autores sugerem que essa redução da atividade pode ser atribuída à remoção da serrapilheira e à consequente diminuição do suprimento de nutrientes no solo. A atividade dessas enzimas decresceu da camada do solo de 0-2 cm para a camada de 10-12 cm devido, segundo os autores à diminuição da matéria orgânica e da fertilidade do solo.

Os procedimentos para determinação da atividade das enzimas são relativamente simples. Em geral, prescrevem o emprego de uma solução tamponada,

contendo o substrato da enzima, para ser misturada ao solo coletado, sendo a mistura incubada sob condições padronizadas por um determinado período, sendo o produto formado, quantificado por método colorimétrico (MATSUOKA, 2006).

3. OBJETIVOS GERAIS

Com base no exposto, o presente trabalho teve por objetivo estudar o efeito de diferentes ofertas de forragem nos pastos de cultivares de *Brachiaria* (Marandu, Xaraés e Mulato) manejados sob lotação rotacionada, sobre as seguintes características:

- Altura das plantas;
- Massa seca de raízes e parte aérea das plantas;
- Compostos de reserva (carboidratos não estruturais, nitrogênio total e nitrogênio em aminoácidos) das raízes e base do colmo das plantas;
- Amônio e nitrato das plantas;
- Atividade das enzimas desidrogenase, protease, arilsulfatase e celulase no solo.

Outro objetivo foi analisar os dados obtidos no INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), centro de pesquisa de Poitou-Charentes, Lusignan, França, durante o Doutorado Sanduíche (SWE), em pastos consorciados de *Festuca arundinacea*, *Perennial ryegrass*, *Dactylis glomerata* e *Trifolium repens* sob manejo de pastejo e corte. As seguintes características foram avaliadas:

- Massa seca de forragem;
- Índice de área foliar;
- Índice de nutrição em nitrogênio;
- Massa seca de raízes;
- Fluxo de carbono.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, A. G.; JARVIS, S. C.; HEADON, D. M. Nitrous oxide emissions from soils due to inputs of nitrogen from excreta return by livestock on grazed grassland in the U.K. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 28, p. 597-607, 1996.

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

ALMEIDA, R. G.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; REGAZZI, A. J.; BRÂNCIO, P. A.; FONSECA, D. M.; OLIVEIRA, M. P. Produção animal em pastos consorciados sob três taxas de lotação, no cerrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 31, n. 2, p. 852-857. 2002.

ALVES, S. J. & SOARES FILHO, C. V.. In: MONTEIRO, A. L. et al. Espécies forrageiras recomendadas para o Paraná. In: MONTEIRO, A. L. et al. **Forragicultura no Paraná**. 1 ed. Londrina:CPAF, p. 179-283, 1996.

ARAÚJO, A. S. F. & MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.

ARGEL, P. J.; MILES, J. W.; GUIOT, J. D.; LASCANO, C. E. **Cultivar Mulato (*Brachiaria híbrida* CIAT 36061): gramínea de alta producción y calidad forrajera para los trópicos**. Cali: CIAT, 28 p. 2006.

BARBOSA, R. A. **Morte de pastos de *Brachiaria***. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 12p. 2006.

BARROS, C. S.; DITTRICH, J. R.; ROCHA, C.; SILVA, C. J. A.; ROCHA, F. M. P.; MONTEIRO, A. L. G.; BRATTI, L. F. S.; SILVA, A. L. P. Comportamento de caprinos

em pastos de *Brachiaria hybrida* cv. Mulato. **Revista da Universidade Católica do Rio Grande do Sul**, Uruguaiana, v. 14, n. 2, p. 187-206. 2007.

BERNER, R. A. & LASAGA, A. C. Modelling the Geochemical Carbon Cycle ", **Scientific American**, v. 260; n° 3, p. 58, 1989.

BRADY, N. C. & WEIL, R. R. **The nature and properties of soils**. 13 ed. New Jersey:Prentice Hall, 960p. 2002.

BRAZ, S. P., NASCIMENTO JÚNIOR, D., CANTARUTTI, R. B., REGAZZI, A. J.; MARTINS, C. E.; FONSECA, D. M. Disponibilização dos nutrientes das fezes de bovinos em pastejo para a forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 4, p. 1614-1623, 2002.

CASAGRANDE, D. C. **Características morfogênicas do dossel de *Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rich.) cv. Marandu Manejada com diferentes ofertas de forragem sob lotação intermitente**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista, 77p. 2007.

CASIDA, L. E. Microbial metabolic activity in soil as measured by dehydrogenase determinations. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 34, p. 630-636, 1977.

CATTELAN, A. J. & VIDOR, C. Sistemas de cultura e a população microbiana no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 14, p. 125-132, 1990.

CHABBI, A. Organic Matter Dynamics in Agro-Ecosystems. Proceeding book of the communications presented to the **International Symposium on Organic Matter Dynamics in Agro-Ecosystems**. Poitiers, France. p. 19, 2007.

CORSI, M.; BALSALOBRE, M. A.; SANTOS, P. M., SILVA, S. C. Bases para o estabelecimento do manejo de pastagens de braquiária. In: **Simpósio sobre Manejo da Pastagem**, 11, Anais... Piracicaba: FEALQ. p. 249-266. 1994.

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.

DAVIES, A. The regrowth of grass swards. In: JONES, M.B.; LAZENBY, A. **The grass crop: the physiological basis of production**. London: Chapman and Hall, p. 85-127, 1988.

DICK, W. A. & TABATABAI, M. A. Significance and potential uses of soil enzymes. In: METTING JUNIOR, F. B. (Ed.). **Soil Microbial Ecology Applications in Agricultural and Environmental Management**. New York: M. Dekker, p. 95-127, 1993.

DONAGHY, D. J. & FULKERSON, W. J. Priority for allocation of water soluble carbohydrate reserves during regrowth of Lolium perenne. **Grass and Forage Science**, Tasmania, v. 53, p. 211-218, 1998.

EMBRAPA-CNPGC. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Gado de Corte. Xaraés – Cultivar de *Brachiaria brizantha*. Disponível: <http://www.cnpqc.embrapa.br/produtoseservicos/pdf/xaraes.pdf>. Acesso em 10 de junho de 2010.

FERNANDES, M. S. & ROSSIELO, R. O. P. Mineral nitrogen in plant physiology and plant nutrition. **Critical Reviews in Plant Sciences**. n. 14, v. 2, p. 111-148, 1995.

FIORETTO, A.; PAPA, S.; SORRENTINO, G.; FUGGI, A. Decomposition of *Cistus incanus* leaf litter in a Mediterranean maquis ecosystem: mass loss, microbial

enzyme activities and nutrient changes. **Soil Biology and Biochemistry**, Exeter, v. 33, n. 3, p. 311-321, 2001.

FRAME, J. Herbage mass. In: HODGSON, J.; BAKER, R.D; DAVIES, A.; LAIDLAW, A.S.; LEAVER, J.D. (Ed.) Sward measurement handbook. Berkshire. Cap. 3, p. 39-67, 1981.

FRANZLUEBBERS, A. J. & STUEDEMANN, J. A. Bermudagrass management in the southern Piedmont USA. **Soil Science Society of America Journal**, v. 67, n. 1, p. 132-138, 2003.

GARCIA, M. R. L. **Indicadores microbiológicos e químicos do solo sob diferentes sistemas de manejo agropecuário**. Tese (Doutorado em Microbiologia Agropecuária) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal-Unesp, Jaboticabal, 156p. 2007.

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.

GASTAL, F. & DURAND, J. L. Effects of nitrogen and water supply on N and C fluxes and partitioning in defoliated sward. **Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology** (eds. G. LEMAIRE; J. HODGSON; A. MORAES; C. NABINGER; P.C. F. CARVALHO), CAB International, 2000.

GASTAL, F. & SAUGIER, B. Relationship between N uptake and C assimilation in whole plants of tall fescue. **Plant Cell Environment**, n. 12, p. 407-418, 1989.

GAUTIER, H.; VARLET-GRANCHER, C.; HAZARD, L. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. **Annals of Botany**, 83, p. 423-429, 1999.

GHISI, O. M. A. A. & PEDREIRA, I. V. S. Características agronômicas das principais *Brachiarias* sp. In: **Encontro para Discussão sobre Capins do Gênero *Brachiaria***, 1, 1986, Nova Odessa. *Anais...* Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, p. 19-58, 1987.

GOMES, K. E., MARASCHIN, G. E., RIBOLDI, J. Efeito de oferta de forragem, diferimentos e adubações sobre a dinâmica de uma pastagem natural. I. Acumulação de matéria seca. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 35, *Anais...*, Botucatu, SBZ, 1998. CD-ROM.

GOMES, K. E.; MARASCHIN, G. E.; RIBOLDI, J. Efeitos de oferta de forragem, diferimentos, adubação sobre a dinâmica de uma pastagem natural. I - acumulação e matéria seca. (compact disc.). In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 37, *Anais...* Viçosa:SBZ, 2000. CD-ROM

GOMIDE, J. A. Morfogênese e análise de crescimento de gramíneas tropicais. In: **Simpósio Internacional sobre Produção Animal em Pastejo**. *Anais...* Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, p. 411-429, 1997.

GRÉGGIO, T. C. & NAHAS, E. Atividade enzimática do solo sob dois fragmentos florestais. **Científica**. Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 179-187, 2007.

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

HAYNES, R. J. & WILLIAMS, P. H. Nutrient cycling and fertility in the grazed pasture ecosystem. **Advances in Agronomy**, v. 49, p. 119-199, 1993.

HODGSON, J. Nomenclature and definitions in grazing studies. **Grass and Forage Science**. v. 34, p. 11-18, 1979.

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

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

HOUGHTON, R. A. & WOODWELL, G. M. "Global climatic change". **Scientific American**. v. 260, n° 4, abril, 1989.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 05 de setembro 2010.

JOSHI, S. R.; SHARMA, G. D.; MISHRA, R. R. Microbial enzyme activities related to litter decomposition near a highway in a sub-tropical forest of North East India. **Soil Biology and Biochemistry**, Exeter, v. 25, n. 12, p. 1.763-1.770, 1993.

LATHEWELL, D. J. & BOULDIN, D. R. Soil organic matter and soil nitrogen behaviour in oxidizing, thiosulfate producing heterotrophs in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 20, n. 4, p. 577-578, 1981.

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

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.

LEMAIRE, G. & CULLETON, N. Effects of nitrogen applied after the last cut in autumns on a tall fescue sward. 2) Uptake and recycling of nitrogen in the sward during winter. **Agronomy**, 9, p. 241-249, 1989.

LEMAIRE, G. & GASTAL, F. On the critical N concentration in Agricultural crops. 1) N uptake and distribution in plant canopies. **Diagnosis of the Nitrogen Status in Crops**, 5ed. (LEMAIRE, G.), Springer-Verlag, p. 3-44, 1997.

LISBOA, B. **Parâmetros microbiológicos como indicadores de qualidade do solo em sistemas de manejo**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 74p. 2009.

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.

MACEDO, M. C. M. Pastagens nos ecossistemas cerrados: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: **Simpósio sobre Pastagens nos Ecossistemas Brasileiros**, Anais... Brasília, p. 28-62. 1995.

MACEDO, M. C. M. Degradação de pastagens: conceitos e métodos de recuperação. **Simpósio sobre a sustentabilidade do leite no Brasil**, Goiânia-GO Brasil. *Anais...* Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora – MG, Brasil, p. 137-150. 1999.

MACEDO, M. C. M. Sistemas de produção animal em pasto nas savanas tropicais da América: Limitações e sustentabilidade (compact disk). In: **Reunião Latinoamericana de Producción Animal**, 16, Congreso Uruguayo de Producción Animal, 3, Montevideo, *Anais...* Montevideu: Alpa, 2000.

MANNETJE, L. Measuring of biomass of grassland vegetation. In: MANNETJE, L. & JONES, R. M. (Ed.). Field and laboratory methods for grassland and animals production research. Wallingford: CAB international. Cap. 7, p. 151-177. 2000.

MARASCHIN, G. E. Produção de carne a pasto. In: Peixoto, A. M.; Moura, J. C. de; Faria, V. P. de (Eds.). **Simpósio Sobre Manejo da Pastagem**, 13, *Anais...* Piracicaba: FEALQ, p. 243-274, 1996.

MARCELINO, K. R. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SILVA, S. C.; EUCLIDES, V. P. B.; FONSECA, D. M. Características morfogênicas e estruturais e produção de forragem do capim-Marandu submetido a intensidades e frequências de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 35, n. 6, p. 2243-2252, 2006.

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.

MATSUOKA, M. **Atributos biológicos de solos cultivados com videira na região da Serra Gaúcha**. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 152p. 2006.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 425-433, 2003.

MAY, L. H. The utilization of carbohydrate reserve in pasture after defoliation. **Herbage Abstracts**. v. 30, n. 4, p. 239-245, 1960.

MCGILLOWAY, D. A.; CUSHNAHAN, A.; LAIDLAW, A. S. et al. The relationship between level of sward height reduction in a rotationally grazed sward and short-term intake rates of dairy cows. **Grass and Forage Science**. v. 54, n. 2, p. 116-126. 1999.

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

MELO, W. J. Enzimas no solo. In: MONIZ, A. C.; FURLANI, A. M. C; FURLANI, P. R.; FREITAS, S. S. (coord.). **A responsabilidade social da Ciência do Solo**. Campinas: SBCS, p. 365-378, 1988.

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

MENGEL, K. & KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Worblaufen-Bern: International Potash Institute, 593p. 1982.

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**. 2 ed. Atualizada e ampliada. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 729p. 2006.

NAMBIAR, P. T. C.; REGO, T. J.; RAO B. S. Nitrate concentration and nitrate reductase activity in the leaves of three legumes and three cereals. **Annals of applied Biology**, v. 112, n. 3, p. 547-553, 1988.

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

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Discos CBS, 434 p. 1985.

OURRY, A; KIM, T. H.; BOUCAUD, J. Nitrogen reserve mobilization during regrowth of *Medicago sativa*. Relationships between availability and regrowth yield. **Plant Physiology**. 105, p. 831-837, 1994.

PACHECO, M. R. P. S. & HELENE, M. E. M. Atmosfera, fluxos de carbono e fertilização por CO₂. **Transcrições e notas: Estudos Avançados** ,v. 4, n. 9, São Paulo, 1990.

PAUL, E. A. & CLARK, F. E. **Soil microbiology and biochemistry**. San Diego: Academic Press, 273p. 1989.

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.

PEDREIRA, C. G. S.; DA SILVA, S. C.; BRAGA, G. J.; NETO, J. M. S.; SBRISSIA, A. F. Sistemas de pastejo na exploração pecuária brasileira. In: **Simpósio Sobre manejo Estratégico de Pastagem**. *Anais...*, Jaboticabal, p. 197-234, 2002.

PENATI, M. A.; CORSI, M.; MARTHA JR.; G. B. et al. Manejo de plantas forrageiras no pastejo rotacionado. In: **Simpósio Goiano sobre Produção de Bovinos de Corte. Anais...** 1999, Goiânia: SBNA, p. 123-144, 1999.

PRADO, R. M. **Manual de nutrição de plantas forrageiras.** Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista, ed. Funep, Jaboticabal, 500p. 2008.

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

REIS, R. A. & JOBIM, C. C. Perfil da fração de carboidratos da planta e adequação de aditivos no processo de ensilagem. In: Departamento de produção animal; FEALQ. (Org.) **Workshop sobre milho para silagem.** Piracicaba: FEALQ, v., p. 27-5, 2000.

RESENDE, R. M. S.; VALLE, C. B.; JANK, L. Melhoramento genético de *Brachiaria*. In: **Melhoramento de forrageiras tropicais.** Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, p. 13-54, 2008.

REZENDE, L. A.; ASSIS, L. C.; NAHAS, E. Carbon, nitrogen and phosphorus mineralization in two soils amended with distillery yeast. **Bioresource Technology.** v. 94, n. 2, p. 159-167, 2004.

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.

RODRIGUES, R. C. **Comportamento das reservas orgânicas na rebrotação do capim-braquiarião submetido a intensidades de desfolha por bovinos de corte.** Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP, 94 p. 2006.

RODRIGUES, L. R. A. & REIS, R. A. Bases para o estabelecimento do manejo de capins do gênero *Panicum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 12., Piracicaba, 1995. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 197-217. 1995.

RODRIGUES, R. C.; MOURÃO, G. B.; VALINOTE, A. C.; HERLING, V. R. Reservas orgânicas, relação parte aérea-raiz e C–N e eliminação do meristema apical no capim-Xaraés sob doses de nitrogênio e potássio. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 3, p. 505-514, 2007.

SANO, E. E.; BARCELLOS, A. O.; BEZERRA, H. S. **Área e distribuição espacial de pastagens cultivadas no Cerrado brasileiro.** Planaltino: EMBRAPA Cerrado, (Boletim de Pesquisa, 3), 21 p. 1999.

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.

SILVEIRA, A. **Atividades enzimáticas como indicadores biológicos da qualidade de solos agrícolas do Rio Grande do Sul.** Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 81p. 2007.

SIQUEIRA, J. & FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo** - fundamentos e perspectivas. Ciências agrárias nos trópicos brasileiros. Brasília, DF: MEC-ESAL-FAEPE-ABEAS. 235 p. 1988.

SKERMAN, P. J. & RIVEIROS, F. **Gramíneas tropicais**. Roma: FAO, Colección FAO: Producción y Protección Vegetal, 23, 832 p. 1992.

SMILJANIC JUNIOR, E.; SMILJANIC, K. B. A.; CABRAL, J. R.; GASTALD, K. A. Anatomia da folha e do caule de *Brachiaria híbrida* cv. Mulato (CIAT 36061) Poaceae. In: **Reunião anual da Associação Brasileira de Zootecnia**. Anais...2007. acesso em www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anais-zootec/artigos-cientificos/forragicultura-pastagens/3317-Anatomia-folha-caule-Brachiaria-hbrida-Mulato-CIAT-36061-Poaceae.html

SOARES FILHO, C. V. **Variação sazonal de parâmetros bioquímicos-fisiológicos em *Brachiaria decumbens* estabelecida em pastagens**. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 110p. 1991.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; LIMA, C. V. S.; ANGHINONI, I.; MEURER, J. E.; CARVALHO, P. C. F. Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistemas de integração agricultura-pecuária submetidos a intensidades de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 32, p. 1273- 1282, 2008.

THIAGO, L. R. L. et al. Uso intensivo de pastagens de *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu, *Pennisetum purpureum* cultivar Cameroon e *Panicum maximum* cultivar Mombaça visando a produção de carne. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 37, Anais... Viçosa: SBZ, p. 321-323, 2000.

THOMAS, H. & STODDART, J. L. Leaf senescence. **Annual Review of Plant Physiology**, 31, p. 83-111, 1980.

TYLER, G. Heavy metals in soil biology and biochemistry. In: Paul, E.A; Ladd J.N. **Soil Biochemistry**. New York: Dekker, v. 5, p. 371-414, 1981.

VALLE. C. B.; EUCLIDES, V. P. B.; PEREIRA, J. M.; VALÉRIO, J. R.; PAGLIARINI, M. S.; MACEDO, M. C. M.; LEITE, G. G.; LOURENÇO, A. J.; FERNANDES, C. D.; DIAS FILHO, M. B.; LEMPP, B.; POTT, A.; SOUZA, M. A. **O capim-Xaraés (*Brachiaria brizantha* cv. Xaraés) na Diversificação das Pastagens de Braquiária**. Campo Grande : Embrapa Gado de Corte, Documentos, 149. 36p. 2004.

VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. **New York: Cornell University Press**, 476 p. 1994.

VITTI, G. C. & LUZ, P. H. C. Calagem e uso do gesso agrícola em pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGEM. Jaboticabal. **Anais...**Jaboticabal: FCAV – UNESP, p. 63-111, 1997.

VOGT, K. A.; GRIER, C. C.; VOGT, D. J. Production, turnover, and nutrient dynamics of above-and belowground detritus of world forests. **Advances in Ecological Research**, v. 15, p. 303-377, 1986.

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.

YOUNGNER, V. B. Physiology of defoliation and regrowth. In: YOUNGNER, .B.; McKELL, C. M. (Ed.). **The biology and utilization of grasses**. New York: Academic Press, p. 292-303, 1972.

CAPÍTULO 2 – ALTURA, MASSA SECA E COMPOSTOS DE RESERVA DE PASTOS DE *BRACHIARIA* MANEJADOS SOB OFERTAS DE FORRAGEM E LOTAÇÃO ROTACIONADA

1. RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito de diferentes ofertas de forragem nos pastos de cultivares de *Brachiaria* (Marandu, Xaraés e Mulato) manejados sob lotação rotacionada, sobre a altura, massa seca de raízes e parte aérea, carboidratos não estruturais (CNE), nitrogênio total (N total), nitrogênio em aminoácidos (N aa), amônio (N-NH_4^+) e nitrato (N-NO_3^-) das plantas. O experimento foi realizado no setor de Forragicultura da FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP, no período de novembro de 2008 a fevereiro de 2009. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos (ofertas de forragem de 4, 7, 10 e 13% do peso corporal dos animais) e três repetições. O aumento das ofertas de forragem (OF) proporcionou maiores alturas do dossel comprimido ao longo do período experimental. Em todas as cultivares (cv) verificou-se que o último ciclo de pastejo (CP) apresentou maior altura. A massa seca de raízes da cv. Marandu ($3,49 \text{ Kg.m}^{-2}$) foi menor ($P>0,05$) em relação às outras gramíneas ($4,68$ para Xaraés e $4,65 \text{ Kg.m}^{-2}$ para Mulato). A massa seca da parte aérea da OF de 4% foi menor ($P>0,05$) que as demais OF e as cv. Xaraés e Mulato mostraram maiores massas secas de parte aérea. No CP 1, para todas as OF, o teor de CNE foi maior ($P<0,05$) nas raízes e na parte aérea. Em relação às cultivares, o comportamento do teor de CNE nas raízes e parte aérea foi o mesmo. Os teores de N total nas raízes nas OF de 4, 7 e 13% não diferiram ($P>0,05$) no decorrer do período experimental. O teor de N total na parte aérea foi maior ($P<0,05$) no CP 3 para todas OF e cultivares, em decorrência da adubação nitrogenada que foi feita após o CP 2. O teor de N aa nas raízes nas quatro OF e três cv. foi maior ($P<0,05$) no CP 1. Tanto nas raízes, quanto na parte aérea, os teores de N aa não mostraram especificidade com relação às OF. De modo geral, a cv. Mulato mostrou maiores teores de N aa na parte aérea que as outras gramíneas. Como observado para o N total, o teor de N aa também foi maior na parte aérea. As maiores concentrações de N-NH_4^+ foram verificadas após a fertilização nitrogenada. Na cv. Mulato, a adubação nitrogenada somada à menor desfolhação nesses pastos promoveu o aumento de N-NH_4^+ nas raízes nessa época. Apesar de não ocorrer especificidade das OF em relação aos teores, nota-se maiores valores de N-NO_3^- nos CP 1 e 4. As cultivares de *Brachiaria* estudadas podem ser manejadas de acordo com as diferentes ofertas de forragem estudadas, uma vez que essas intensidades de pastejo não comprometem o sistema radicular e a parte aérea das plantas. As ofertas de forragem utilizadas não limitam o acúmulo de reservas orgânicas pelo dossel forrageiro.

Palavras-chave: amônio, carboidratos, nitrato, nitrogênio, parte aérea, raízes.

2. INTRODUÇÃO

Para se manejar corretamente as pastagens, o animal, o clima, o solo e a planta devem ser considerados. Com relação à planta forrageira, é importante o conhecimento da estrutura do dossel forrageiro e a resposta ao manejo e ao ambiente. Na maioria das vezes, os cuidados com o manejo se limitam à parte aérea das plantas, deixando de lado o sistema radicular, que é responsável pela sustentação da parte aérea, pelas reservas orgânicas utilizadas na rebrota do dossel e pela absorção de água e nutrientes.

De acordo com ALEXANDRINO et al. (2008), um dos maiores desafios para a utilização das espécies forrageiras é alcançar o equilíbrio entre a eficiência de colheita da biomassa de forragem, o não comprometimento da produtividade e a persistência do dossel forrageiro. Essas características derivam da capacidade da planta em reconstituir nova área fotossintética após a desfolhação, que está relacionada à decapitação do perfilho, ao conteúdo de compostos orgânicos e à área foliar residual. À medida que a parte aérea de plantas forrageiras é utilizada, há decréscimo na fotossíntese que, por sua vez, reduz a absorção de nutrientes pelas raízes e prejudica o desenvolvimento de novos perfilhos e em seguida de raízes, no sentido de beneficiar a recuperação da área foliar remanescente após a desfolha (DONAGHY & FULKERSON, 1998).

As reservas orgânicas são compostos constituídos por carbono e nitrogênio, elaborados e armazenados pela planta em órgãos permanentes, principalmente aqueles remanescentes à desfolha, usados como substrato nos processos de manutenção durante períodos de estresse e formação de novos tecidos durante a recuperação após desfolha (SHEARD, 1973). Os carboidratos 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). MAY (1960) destacou que o decréscimo dos carboidratos totais não estruturais, após desfolhação, não implica necessariamente na translocação dessas

substâncias para a recuperação da parte aérea e reconstituição da área foliar, reconhecendo-se, porém, a participação como substrato respiratório.

Para NOVOA & LOOMIS (1981), a eficiência na utilização do nitrogênio (N) é diretamente relacionada com o metabolismo e a partição do carbono, considerando-se a planta como um todo. THORNTON & MILLARD (1997) verificaram que o crescimento de folhas após a desfolhação foi maior quando as plantas se mostraram capazes de mobilizar N. Portanto, além dos carboidratos, os compostos nitrogenados também são importantes para o crescimento da forrageira após a desfolhação (OURRY et al., 1994 e VOLENEC et al., 1996). SILVEIRA (1985) apontou que as três principais frações nitrogenadas na planta seriam: N inorgânico (amônio e nitrato), N em aminoácidos (aminoácidos, amidas e aminas) e N protéico. Em florestas permanentes e ecossistemas de pastagens, o amônio é geralmente a principal fonte de nitrogênio inorgânico disponível para as raízes das plantas.

A partir do exposto, o objetivo deste trabalho foi estudar o efeito de diferentes ofertas de forragem nos pastos de cultivares de *Brachiaria* (Marandu, Xaraés e Mulato) manejados sob lotação rotacionada, sobre a altura, massa seca de raízes e parte aérea, carboidratos não estruturais, nitrogênio total, nitrogênio em aminoácidos, amônio e nitrato das plantas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local e Período experimental

O experimento foi conduzido no Setor experimental de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, câmpus de Jaboticabal, SP, localizada a 21°15'22" de latitude sul, longitude de 48°18'58"W, a uma altitude de 595 m. A coleta de dados a campo foi de novembro de 2008 a fevereiro de 2009, sendo as amostragens realizadas a cada 21 dias, antes da entrada dos animais nas parcelas experimentais.

3.2. Cultivares utilizadas e área experimental

As cultivares de *Brachiaria* (Syn. *Urochloa*) estudadas foram Marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf.), Xaraés (*Brachiaria brizantha*) e Mulato (*Brachiaria* sp., híbrido de *Brachiaria ruziziensis* clone 44-6 e *Brachiaria brizantha* CIAT 6297). A área da cv. Marandu (4.896 m²) foi formada em novembro de 2003, a área da cv. Xaraés (2.796m²) foi implantada em dezembro de 2004 e a área da cv. Mulato (3.241m²) foi formada em junho de 2006.

Para a condução do experimento, cada um dos três pastos foi dividido em parcelas experimentais com tamanhos distintos, definidos de acordo com as ofertas de forragem estudadas (4, 7, 10 e 13 % do peso corporal animal) e com a área total de cada cultivar (Figura 1 e Tabela 1).



Figura 1. Imagem de satélite da área experimental de acordo com cada cultivar de *Brachiaria* e níveis ofertas de forragem estudadas. (Fonte: Software Google® Earth – acesso online em 10/06/2010).

Tabela 1. Área das parcelas experimentais de acordo com cada cultivar e níveis ofertas de forragem estudadas.

Oferta de forragem (% PC)	Cultivar		
	Marandu	Mulato	Xaraés
13	586,5 m ²	307,0 m ²	368,0 m ²
10	408,0 m ²	236,0 m ²	283,0 m ²
7	408,0 m ²	165,0 m ²	198,0 m ²
4	229,5 m ²	95,00 m ²	113,0 m ²

3.3. Solo da área experimental

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, horizonte A moderado, caulínítico hipoférico com relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2006). Antes do período experimental foram coletadas amostras de solo à profundidade de 0 - 20 cm para caracterização química da fertilidade e para verificar a necessidade de correção de acidez e aplicação dos adubos.

As análises das características químicas do solo foram realizadas no Departamento de Solos e Adubos da Universidade Estadual Paulista UNESP/FCAV, câmpus de Jaboticabal, em outubro de 2007 e estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Resultado da análise de fertilidade do solo da área experimental, das três cultivares de *Brachiaria* antes do início do período experimental.

Cultivar	Ano de formação	pH	MO	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	V
		CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³		mmol _c /dm ³		%
Marandu	2003	5,7	30	16	2,8	36	15	71
Xaraés	2004	5,3	27	15	6,5	28	11	62
Mulato	2006	5,4	24	14	5,3	31	12	61

pH = acidez, MO = matéria orgânica, P = fósforo, K = potássio, Ca²⁺ = cálcio, Mg = magnésio, V = saturação por bases.

Após resultado da análise de solo, observou-se que a saturação por bases e o teor dos macronutrientes das áreas das três cultivares de *Brachiaria* atendiam às exigências mínimas das cultivares, de acordo com a EMBRAPA (2006). Assim, a adubação realizada foi de manutenção, onde foram utilizados 50 kg.ha⁻¹ de nitrogênio

na forma de uréia aplicados em dose única, manualmente e a lanço, no mês de janeiro de 2009, após o segundo pastejo.

3.4. Animais e método de pastejo

Para o pastejo foram utilizadas vacas não lactantes e/ou novilhas da raça Holandesa, com peso corporal médio aproximado de 450 kg, que foram sorteadas entre os tratamentos de acordo com a oferta de forragem pretendida.

O ajuste da carga animal foi em função da massa de forragem, do peso corporal dos animais e do tamanho das parcelas que variou de acordo com as ofertas de forragem de cada cultivar e o número de animais por parcela foi próximo. Esse ajuste da carga animal foi feito de acordo com a equação:

$$CA = \frac{MF \cdot S_{\text{piquete}}}{OF}, \text{ onde:}$$

CA = Carga animal (kg de peso corporal);

MF = Massa de Forragem (kg/ha de Massa Verde Seca);

OF = Oferta de Forragem (% do peso corporal);

S_{piquete} = Área do piquete (ha).

O método de pastejo adotado foi de lotação rotacionada, com período de descanso de 21 dias. O período de ocupação das parcelas experimentais foi de 8 horas por dia, dividido em dois períodos de quatro horas (manhã e tarde). Este manejo foi adotado pois a ausência de sombras e bebedouros na área experimental poderia prejudicar o pastejo dos animais, podendo até mesmo provocar perdas de forragem (animais poderiam parar de pastar e deitar, acamando a forragem disponível).

Como não existia número suficiente de animais para o pastejo de todos os piquetes (36 no total) no mesmo dia, foram pastejadas três parcelas por dia de cada cultivar (piquetes com mesma oferta de forragem).

Em julho de 2008, devido ao intenso alongamento de colmos e a presença de material de baixa qualidade, as áreas das três cultivares foram roçadas mecanicamente, a 10 cm do nível do solo. No final de novembro de 2008, foi feito um pastejo para imposição dos tratamentos, não utilizado na coleta de dados. Durante o período de pleno desenvolvimento da gramínea, de dezembro de 2008 a fevereiro de 2009, foram realizados quatro ciclos de pastejos: o primeiro de 17 a 20 de dezembro de 2008, o segundo de 07 a 10 de janeiro de 2009, o terceiro de 28 a 31 de janeiro de 2009 e o quarto de 18 a 21 de fevereiro de 2009.

3.5. Condições climáticas

O clima de Jaboticabal é classificado como subtropical do tipo AWa, tropical mesotérmico com verão úmido e inverno seco, de acordo com classificação de Köppen (VOLPE & CUNHA, 2008). Os dados de precipitação pluvial, temperatura média e insolação do período em que ocorreu a coleta de dados estão apresentados na Figura 2A e os dados de armazenamento de água no solo, excesso e deficiência hídrica do período estão apresentados na Figura 2B. Essas informações foram extraídas do acervo do Setor de Agrometeorologia do Departamento de Ciências Exatas da UNESP – Jaboticabal.

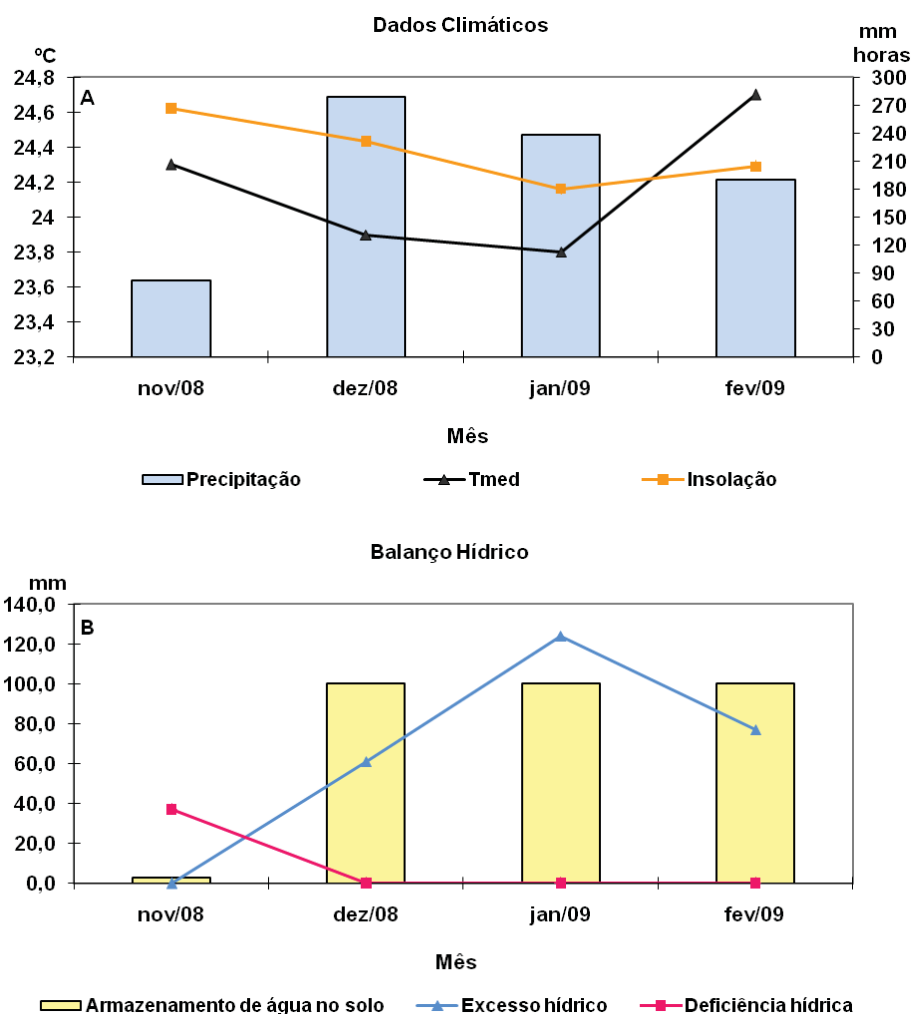


Figura 2. A - precipitação pluvial, temperatura média e insolação durante o período experimental. B – armazenamento de água no solo, excesso e deficiência hídrica durante o período experimental.

3.6. Variáveis avaliadas

3.6.1. Altura do dossel comprimido

Na determinação da altura utilizou-se o método de altura do dossel comprimido pelo uso do prato ascendente. O prato ascendente utilizado foi de formato circular com

28 cm de raio, que correspondeu a uma área de aproximadamente $0,25 \text{ m}^2$. O peso do prato foi 782 gramas, equivalente a uma pressão de $3,175 \text{ kg/m}^2$.

Em cada piquete foram realizadas e registradas, ao acaso, 50 leituras de altura do dossel comprimido. Após as leituras era obtida a média de altura que foi utilizada para a determinação dos pontos de amostragem de raízes e parte aérea. Essas medidas foram realizadas para cada parcela experimental, antes da ocupação pelos animais, em cada ciclo de pastejo.

3.6.2. Teores de compostos de reserva

3.6.2.1. 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 3A), que foi introduzido a uma profundidade aproximada de 15 cm da superfície do solo. Primeiro, a parte aérea da amostra foi retirada e, depois, o cilindro era introduzido no solo para a retirada das raízes e solo (Figura 3B).

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 4A), e acondicionado em sacos plásticos em geladeira para posterior análise enzimática. As amostras de raízes foram lavadas em água corrente (Figura 4B) sobre peneira de malha três mm 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 a terra remanescente. Essas amostras foram divididas em duas subamostras, onde uma foi seca à sombra dentro do laboratório (Figura 5A e B) para a determinação de compostos nitrogenados e a outra subamostra foi colocada em estufa a 55°C até massa constante para a determinação de carboidratos totais não estruturais. Antes e após a secagem as duas subamostras foram pesadas.

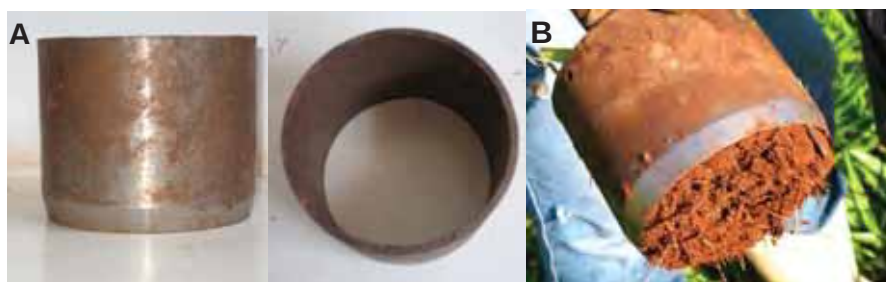


Figura 3. A - Cilindro para a coleta de solo e raiz. B – Amostra retirada do solo.



Figura 4. A- Retirada do solo remanescente nas amostras. B – amostras de raiz após a primeira lavagem.

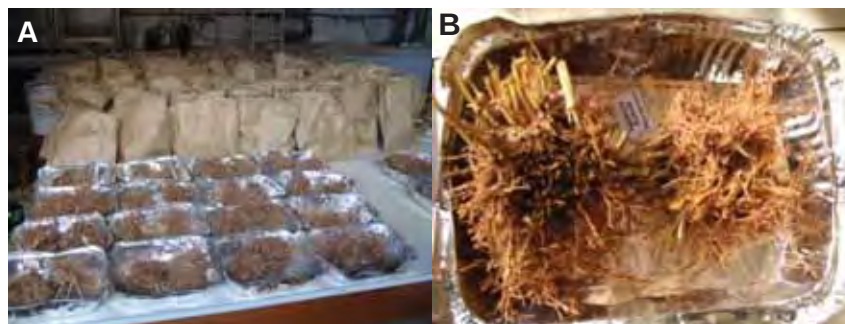


Figura 5. A e B. Subamostras de raízes secando a sombra.

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 total (altura média do dossel comprimido), diferente das raízes onde a altura de amostragem foi a altura do cilindro. Cada amostra, após cortada, foi imediatamente pesada e congelada e em seguida descongelada e também dividida em duas subamostras, que passaram pelos mesmos procedimentos das subamostras das raízes.

As massas secas de raízes e de parte aérea foram calculadas em relação à área de solo amostrada. Foi amostrado um ponto por parcela, antes da entrada dos animais, sendo o cilindro colocado em pontos onde a altura média fosse correspondente a altura média dos 50 pontos medidos anteriormente.

3.6.2.2. Determinação dos teores de compostos de reserva e translocação

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 potes de plástico para análise química no laboratório do Setor de Forragicultura. Foram realizadas, além da determinação da matéria seca a 105°C, as seguintes análises:

- **Compostos de reserva**

a) Carboidratos totais não estruturais 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.

b) Nitrogênio total, 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, sua normalidade, o peso da amostra e sua matéria seca, pode-se calcular a porcentagem de nitrogênio total.

c) Nitrogênio em aminoácidos, 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.

- **Compostos de translocação**

d) Nitrogênio proveniente de amônio e nitrato segundo TEDESCO et al. (1995), cujo método consiste na adição de cloreto de potássio e óxido de magnésio calcinado e destilação, com posterior titulação com ácido sulfúrico, para determinação do teor de amônio. Na determinação de nitrato, adiciona-se liga devarda na mesma amostra, procede-se a destilação e a titulação com ácido sulfúrico. Tendo a quantidade de ácido utilizada na titulação da amostra e do branco e o peso da amostra, obtém-se a quantidade de amônio e de nitrato.

3.7. Análise estatística

O experimento foi composto por três áreas com as diferentes cultivares de *Brachiaria* (Marandu, Xaraés e Mulato). Os tratamentos consistiram de quatro ofertas de forragem, 4, 7, 10 e 13 % do peso corporal (PC) animal. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três repetições por tratamento e parcelas subdivididas no tempo (ciclos de pastejo), totalizando 36 parcelas (piquetes).

Foi realizada a análise de variância e teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, para comparação de médias, utilizando-se o procedimento LS means do programa estatístico SAS (2002). Anteriormente à análise de variância foi realizado o teste de Murchly para avaliar a condição de esfericidade da matriz.

4. RESULTADOS

4.1. Altura do dossel comprimido

A altura das plantas variou em função das ofertas de forragem (OF) ($P < 0,0001$), das cultivares (cv) ($P < 0,0001$), dos ciclos de pastejo (CP) ($P < 0,0001$), da interação OF x CP ($P < 0,0001$) e da interação cv x CP ($P < 0,0001$).

A OF de 4% proporcionou maior ($P < 0,05$) altura no quarto CP, apesar de ser semelhante ($P > 0,05$) aos CP 2 e 3. Nas OF de 7 e 10%, a maior altura foi encontrada no último CP. Na OF de 13%, o CP4 também apresentou maior ($P < 0,05$) altura, mas não diferiu ($P > 0,05$) do terceiro CP (Tabela 3). Com relação ao período experimental, no CP 1, somente na OF de 4 foi observada diferença ($P < 0,05$) na altura do dossel comprimido, sendo o menor valor observado. No CP 2, a maior OF resultou na maior altura. Nos últimos CP, nas maiores OF (10 e 13%) foram observadas as maiores ($P < 0,05$) alturas.

Tabela 3. Altura do dossel comprimido (cm) dos pastos de *Brachiaria* de acordo com as ofertas de forragem e ciclos de pastejo.

Oferta de forragem (% PC)	Ciclo de pastejo			
	1	2	3	4
4	10,88 B b	14,96 C ab	15,20 C ab	19,06 C a
7	16,29 A c	21,06 B b	22,97 B b	27,62 B a
10	16,27 A d	22,79 B c	28,79 A b	33,57 A a
13	18,17 A c	28,58 A b	33,01 A ab	37,18 A a

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

Em todas as cultivares de *Brachiaria* estudadas, verificou-se que o último CP apresentou maior ($P < 0,05$) altura e, somente na cv. Xaraés, essa variável foi semelhante ($P > 0,05$) nos CP 2 e 3 (Tabela 4). Também foi observada maior altura ($P < 0,05$) do dossel comprimido na cv. Xaraés em todos os CP.

Tabela 4. Altura do dossel comprimido (cm) dos pastos de *Brachiaria* de acordo com as cultivares e ciclos de pastejo.

Cultivar	Ciclo de pastejo			
	1	2	3	4
Marandu	11,04 B c	15,32 B b	17,42 C b	25,54 B a
Xaraés	22,62 A b	33,37 A a	35,57 A a	36,07 A a
Mulato	12,53 B d	16,83 B c	21,98 B b	26,46 B a

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

4.2. Massa seca de raízes e parte aérea

A massa seca de raízes não variou em função da interação OF x CP ($P=0,1167$) e da interação cv x CP ($P=0,9999$), mas variou em função das OF ($P=0,0256$), das cv ($P=0,0048$) e dos CP ($P=0,0048$). A massa seca de raízes (Figura 6) na cv. Marandu foi menor ($P>0,05$) em relação às outras gramíneas estudadas. Com relação aos CP, no terceiro ciclo foi observada maior ($P<0,05$) massa seca de raízes, apesar de não diferir dos dois primeiros CP ($P>0,05$).

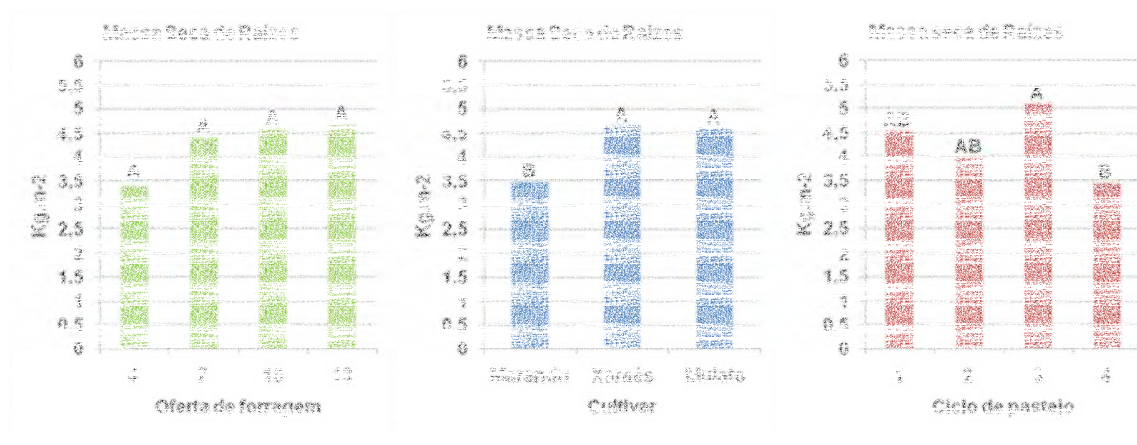


Figura 6. Massa seca de raízes (kg.m⁻²) dos pastos de *Brachiaria* de acordo com as ofertas de forragem, cultivares e ciclos de pastejo.

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A massa seca de parte aérea não variou em função da interação OF x CP ($P=0,6949$) mas variou em função das OF ($P<0,0001$), das cv. ($P<0,0001$), dos CP ($P=0,0335$) e da interação cv. x CP ($P=0,0065$). A OF de 4% apresentou a menor ($P>0,05$) massa seca de parte aérea (Figura 7). No primeiro CP, a cv. Xaraés promoveu maior ($P<0,05$) massa seca de parte aérea (Tabela 5). Nos ciclos intermediários (2 e 3), as cultivares Xaraés e Mulato apresentaram massa seca de parte aérea semelhantes ($P>0,05$). Na cv. Mulato foi observada maior ($P<0,05$) massa seca de parte aérea no CP3, apesar de não ter diferido ($P>0,05$) dos CP 2 e 4. Já as cultivares Marandu e Xaraés não apresentaram diferenças com relação à massa seca de parte aérea durante os CP.

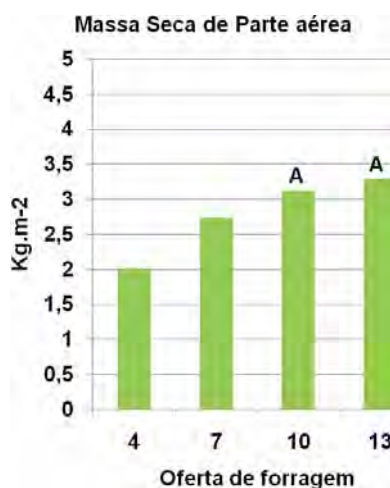


Figura 7. Massa seca de parte aérea (kg.m^{-2}) dos pastos de *Brachiaria* de acordo com as ofertas de forragem.

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Massa seca de parte aérea (kg.m^{-2}) dos pastos de *Brachiaria* de acordo com as cultivares e ciclos de pastejo.

Cultivar	Ciclo de pastejo			
	1	2	3	4
Marandu	2,03 B a	1,90 B a	1,90 B a	2,03 A a
Xaraés	3,58 A a	3,49 A a	4,07 A a	2,70 A a
Mulato	2,08 B b	2,70 AB ab	3,72 A a	3,30 A ab

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

4.3. Compostos de reserva

O teor de carboidratos totais não estruturais (CNE) nas raízes variou em função das OF ($P<0,0001$), das cv ($P<0,0001$), dos CP ($P<0,0001$), da interação OF x CP ($P=0,0368$) e da interação cv x CP ($P<0,0001$). O teor de CNE na parte aérea não variou em função das cv ($P<0,3696$), mas variou em função das OF ($P<0,0001$), dos CP ($P<0,0001$), da interação OF x CP ($P=0,0028$) e da interação CV x CP ($P<0,0001$).

O teor de CNE nas raízes (Tabela 6) nas OF de 4, 7 e 10% foi maior ($P<0,05$) no CP 1. Na OF de 13% o CP 1 também apresentou maior ($P<0,05$) teor de CNE nas raízes, apesar de não diferir ($P>0,05$) do último CP. Nos três primeiros CP, as OF foram semelhantes ($P>0,05$) quanto ao teor de CNE nas raízes, sendo que somente no CP 4, na OF de 13% se observou maior valor para essa característica, não diferindo ($P>0,05$) da OF de 10%.

Já o teor de CNE na parte aérea (Tabela 6) foi maior ($P<0,05$) no CP 1 na OF de 4%. Nas OF intermediárias, no CP 1 também foi observado maior ($P<0,05$) teor de CNE na parte aérea, que não diferiu ($P>0,05$) dos CP 2 e 3. Já na OF de 13%, os CP 1 e 3 resultaram em maiores ($P<0,05$) valores para essa característica, sendo semelhante ao último CP.

A cv. Marandu (Tabela 7), não mostrou diferença ($P>0,05$) nas variáveis com o decorrer do período experimental, a cv. Xaraés apresentou maiores ($P<0,05$) teores de CNE no CP 1 e a cv. Mulato no CP 1, que não diferiu ($P>0,05$) do CP 2.

O teor de CNE nas raízes no CP 1, foi maior ($P<0,05$) nas cv. Xaraés e Marandu. Nos outros CP, a cv. Mulato mostrou maiores ($P<0,05$) teores de CNE nas raízes. Para a parte aérea (Tabela 7), de modo geral, na cv. Mulato foram observados maiores ($P<0,05$) teores de CNE nos CP 1 e 2 e, a cv. Marandu, nos CP 3 e 4.

Tabela 6. Teor de carboidratos totais não estruturais (CNE em g.kg⁻¹MS) nas raízes e na parte aérea dos pastos de *Brachiaria* de acordo com as ofertas de forragem e ciclos de pastejo.

CNE nas raízes				
Oferta de forragem (% PC)	Ciclo de pastejo			
	1	2	3	4
4	137,41 A a	89,04 A b	98,41 A b	87,94 B b
7	146,99 A a	101,28 A b	101,38 A b	95,32 B b
10	135,99 A a	100,01 A b	90,40 A b	105,26 AB b
13	146,76 A a	106,74 A b	104,20 A b	129,16 A ab

CNE na parte aérea				
Oferta de forragem (% PC)	Ciclo de pastejo			
	1	2	3	4
4	177,30 A a	135,70 A b	141,40 AB b	135,32 AB b
7	156,91 A a	137,91 A ab	133,39 AB ab	123,56 AB b
10	154,92 A a	140,06 A ab	123,72 B ab	116,19 B b
13	167,60 A a	128,99 A b	164,87 A a	154,26 A ab

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

Tabela 7. Teor de carboidratos totais não estruturais (CNE em g.kg⁻¹MS) nas raízes e na parte aérea dos pastos de *Brachiaria* de acordo com as cultivares e ciclos de pastejo.

CNE nas raízes				
Cultivar	Ciclo de pastejo			
	1	2	3	4
Marandu	83,49 B a	89,65 B a	89,19 B a	89,97 B a
Xaraés	178,24 A a	67,79 B c	71,42 B bc	92,14 B b
Mulato	163,64 A a	140,36 A ab	135,19 A b	131,15 A b

CNE na parte aérea				
Cultivar	Ciclo de pastejo			
	1	2	3	4
Marandu	139,69 B a	113,00 B a	163,29 A a	154,14 A a
Xaraés	174,91 A a	126,83 B c	117,09 B bc	144,91 A c
Mulato	177,93 A a	167,16 A ab	142,15 AB b	97,94 B b

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

O teor de nitrogênio total (N total) nas raízes não variou das cv ($P=0,0716$), mas variou em função das OF ($P<0,0001$), dos CP ($P<0,0001$), da interação OF x CP ($P=0,0229$) e da interação cv x CP ($P=0,0101$). O teor de N total na parte aérea variou em função das OF ($P=0,1047$), das cv ($P=0,0003$), dos CP ($P<0,0001$), da interação OF x CP ($P=0,0016$) e da interação cv x CP ($P<0,0001$).

Os teores de N total nas raízes (Tabela 8) nas OF de 4, 7 e 13% não diferiram ($P>0,05$) no decorrer do período experimental. Na OF de 10% o CP 3 apresentou maior ($P<0,05$) teor de N total nas raízes, apesar de não diferir ($P>0,05$) do CP 1. Nos três primeiros CP, as OF foram semelhantes ($P>0,05$) quanto ao teor de N total nas raízes, sendo que somente no CP 4, na OF de 4% se observou maior valor, não diferindo ($P>0,05$) da OF de 7%.

Tabela 8. Teor de nitrogênio total (N total em $\text{g.kg}^{-1}\text{MS}$) nas raízes e na parte aérea dos pastos de *Brachiaria* de acordo com as ofertas de forragem e ciclos de pastejo.

N total nas raízes				
Oferta de forragem (% PC)	Ciclo de pastejo			
	1	2	3	4
4	4,62 A a	4,25 A a	4,64 A a	4,86 A a
7	4,06 A a	3,54 A a	4,34 A a	4,38 AB a
10	4,03 A ab	3,68 A b	4,84 A a	3,92 B b
13	3,90 A a	3,85 A a	4,44 A a	3,61 B a
N total na parte aérea				
Oferta de forragem (% PC)	Ciclo de pastejo			
	1	2	3	4
4	6,65 A b	7,81 A b	11,25 AB a	7,52 A b
7	6,79 A b	6,48 A b	10,77 B a	7,44 A b
10	6,08 A c	6,85 A bc	12,96 A a	7,93 A b
13	6,36 A c	6,93 A bc	11,56 AB a	8,39 A b

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

Já o teor de N total na parte aérea foi maior ($P<0,05$) no CP 3 em todas OF e cv estudadas (Tabela 8 e 9). Somente no CP 3, as OF foram diferentes ($P<0,05$), sendo

que na OF de 10% se observou maior N total na parte aérea, apesar de não diferir ($P>0,05$) das OF de 13 e 4% (Tabela 8).

O teor de N total nas raízes foi semelhante ($P>0,05$) entre os CP nas cv. Marandu e Mulato (Tabela 9). A Xaraés apresentou maiores ($P<0,05$) teores no CP 3, que não diferiu ($P>0,05$) do CP 4. O teor de N total nas raízes não diferiu ($P>0,05$) entre as cultivares no decorrer dos CP. O mesmo ocorreu para o teor de N total na parte aérea, com exceção do CP 3, onde nas cv. Mulato e Marandu foram verificados os maiores ($P<0,05$) valores nessa variável.

Tabela 9. Teor de nitrogênio total (N total em $\text{g.kg}^{-1}\text{MS}$) nas raízes e na parte aérea dos pastos de *Brachiaria* de acordo com as cultivares e ciclos de pastejo.

N total nas raízes				
Cultivar	Ciclo de pastejo			
	1	2	3	4
Marandu	4,41 A a	3,77 A a	4,30 A a	3,93 A a
Xaraés	3,90 A b	3,58 A b	4,83 A a	4,15 A ab
Mulato	4,14 A a	4,13 A a	4,56 A a	4,50 A a
N total na parte aérea				
Cultivar	Ciclo de pastejo			
	1	2	3	4
Marandu	6,94 A b	7,42 A b	12,29 A a	7,28 A b
Xaraés	6,43 A c	6,63 A bc	9,75 B a	8,05 A b
Mulato	6,04 A c	6,99 A bc	12,86 A a	8,14 A b

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

O teor de nitrogênio em aminoácidos (N aa) nas raízes variou em função das OF ($P<0,0001$), das cv ($P<0,0001$), dos CP ($P<0,0001$), da interação OF x CP ($P=0,0031$) e da interação cv x CP ($P<0,0001$). O teor de Naa na parte aérea variou em função das OF ($P<0,0001$), das cv ($P<0,0001$), dos CP ($P<0,0001$), da interação OF x CP ($P<0,0001$) e da interação cv x CP ($P<0,0001$).

O teor de N aa nas raízes nas quatro OF (Tabela 10) e três CV (Tabela 11) estudadas foi maior ($P<0,05$) no primeiro CP. No CP 1, a OF de 10% apresentou maior

($P < 0,05$) valor para essa característica (Tabela 10), apesar de não diferir ($P > 0,05$) da OF de 13%. Nos CP 1 e 2, a cv. Mulato mostrou maior ($P < 0,05$) teor de N aa nas raízes (Tabela 11).

Na parte aérea, o CP 1 proporcionou os maiores ($P < 0,05$) teores de N aa nas OF de 4, 7 e 10% (Tabela 10). Já na maior OF, os CP 1 e 2 resultaram em maiores ($P < 0,05$) valores para N aa nas raízes. Nas cv. Marandu e Xaraés foram observados os maiores ($P < 0,05$) teores de N aa na parte aérea no CP 1 e na cv. Mulato nos CP 1 e 2 (Tabela 11).

Tabela 10. Teor de nitrogênio em aminoácidos (N aa em $\text{mg.kg}^{-1}\text{MS}$) nas raízes e na parte aérea dos pastos de *Brachiaria* de acordo com as ofertas de forragem e ciclos de pastejo.

N aa nas raízes				
Oferta de forragem (% PC)	Ciclo de pastejo			
	1	2	3	4
4	117,94 B a	88,15 A b	82,62 A b	78,50 A b
7	123,85 B a	90,91 A b	82,19 A bc	79,18 A c
10	135,98 A a	92,67 A b	91,24 A b	80,53 A c
13	126,88 AB a	95,21 A b	89,07 A b	75,27 A c
N aa na parte aérea				
Oferta de forragem (% PC)	Ciclo de pastejo			
	1	2	3	4
4	144,99 A a	133,36 A b	105,10 A c	94,61 AB d
7	138,54 A a	107,62 BC b	99,85 A b	88,52 B c
10	139,89 A a	106,24 C b	100,75 A b	103,92 A b
13	117,92 B a	117,67 B a	103,41 A b	91,10 B c

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

O comportamento do teor de N aa na parte aérea não seguiu um padrão entre as OF e CP (Tabela 10). No CP 2, a menor OF resultou em maior ($P < 0,05$) teor e no CP 3, as OF não diferiram ($P > 0,05$) entre si. No CP 4 a OF de 10% mostrou maior ($P < 0,05$) teor de N aa na parte aérea, apesar de não diferir ($P > 0,05$) da OF de 4%. De maneira geral, as OF de 4 e 10% apresentaram maiores valores para essa variável.

Na cv. Mulato os teores de N aa na parte aérea foram maiores ($P<0,05$) nos CP 1 e 2 (Tabela 11). No CP 3, nas cv. Marandu e Mulato foram observados os maiores teores de N aa na parte aérea e no CP 4, as cv. não diferiram ($P>0,05$) entre si.

Tabela 11. Teor de nitrogênio em aminoácidos (N aa em $\text{mg.kg}^{-1}\text{MS}$) nas raízes e na parte aérea dos pastos de *Brachiaria* de acordo com as cultivares e ciclos de pastejo.

N aa nas raízes				
Cultivar	Ciclo de pastejo			
	1	2	3	4
Marandu	112,43 B a	77,25 B b	83,85 A b	79,25 A b
Xaraés	102,07 C a	75,29 B c	86,78 A b	81,32 A bc
Mulato	164,00 A a	122,66 A b	88,20 A c	74,54 A d
N aa na parte aérea				
Cultivar	Ciclo de pastejo			
	1	2	3	4
Marandu	135,59 B a	97,96 B c	110,32 A b	92,15 A c
Xaraés	124,51 C a	97,56 B bc	102,54 A b	93,28 A c
Mulato	145,90 A a	153,14 A a	93,97 B b	98,18 A b

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

4.4. Compostos de translocação

O teor de nitrogênio proveniente de amônio (N-NH_4^+) nas raízes não variou em função das cv ($P=0,0791$), mas variou em função das OF ($P<0,0001$), dos CP ($P<0,0001$), da interação OF x CP ($P<0,0001$) e da interação cv x CP ($P<0,0001$). O teor de N-NH_4^+ na parte aérea variou em função das OF ($P<0,0001$), das cv ($P<0,0001$), dos CP ($P<0,0001$), da interação OF x CP ($P<0,0001$) e da interação cv x CP ($P<0,0001$).

Os teores de N-NH_4^+ nas raízes (Tabela 12) na OF de 4% foi maior ($P<0,05$) no CP 4 apesar de não diferir ($P>0,05$) do CP 3. Na maior OF o CP 3 mostrou maior ($P<0,05$) teor de N-NH_4^+ nas raízes. Nos CP 1 e 3 as OF não diferiram ($P>0,05$) quanto aos teores de N-NH_4^+ nas raízes. No CP 2 o maior ($P<0,05$) teor foi observado na maior

OF e no CP 4 na menor OF. Com relação ao teor de N-NH_4^+ na parte aérea (Tabela 12), nas menores OF os CP 3 e 4 apresentaram maiores valores nessa característica. Na OF 10% o teor foi maior ($P<0,05$) no CP 3 e na maior OF, os CP 2 e 3 apresentaram os maiores ($P<0,05$) teores de N-NH_4^+ na parte aérea, não diferindo ($P>0,05$) do CP 4.

O comportamento do teor de N-NH_4^+ na parte aérea não seguiu um padrão entre as OF e CP (Tabela 12). No CP 1 as OF de 7, 10 e 13% apresentaram valores semelhantes ($P>0,05$) e no CP 2 isso ocorreu para as OF de 4, 7 e 13%. No CP 3, as OF não diferiram ($P>0,05$) entre si para essa variável. No CP 4 a OF de 4% mostrou maior ($P<0,05$) teor de N-NH_4^+ na parte aérea, apesar de não diferir ($P>0,05$) da OF de 7%.

Tabela 12. Teor de nitrogênio proveniente do amônio (N-NH_4^+ em $\text{mg.kg}^{-1}\text{MS}$) nas raízes e na parte aérea dos pastos de *Brachiaria* de acordo com as ofertas de forragem e ciclos de pastejo.

N-NH ₄ ⁺ nas raízes				
Oferta de forragem (% PC)	Ciclo de pastejo			
	1	2	3	4
4	56,95 A c	71,93 A bc	84,45 B ab	95,97 A a
7	53,98 A b	79,94 A a	68,66 B ab	72,03 B ab
10	44,82 A b	73,12 A a	83,62 B a	71,43 B a
13	59,54 A b	72,69 A b	155,73 A a	68,23 B b
N-NH ₄ ⁺ na parte aérea				
Oferta de forragem (% PC)	Ciclo de pastejo			
	1	2	3	4
4	24,67 B c	54,87 A b	68,10 A a	67,46 A a
7	33,23 AB c	48,49 AB b	67,53 A a	57,53 AB ab
10	32,40 AB c	42,01 B bc	64,70 A a	50,26 B b
13	37,84 A b	53,50 A a	59,53 A a	48,82 B ab

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

Na cv. Marandu (Tabela 13), os maiores ($P<0,05$) teores de N-NH_4^+ nas raízes foi verificado nos CP 2 e 3, que não diferiu ($P>0,05$) do CP 4. Na cv. Xaraés o maior ($P<0,05$) teor de N-NH_4^+ nas raízes ocorreu no CP 3 que não diferiu ($P>0,05$) do CP 4.

O maior ($P < 0,05$) teor na cv. Mulato ocorreu no CP 3. No CP 1 as cv. Marandu e Mulato foram semelhantes ($P > 0,05$) quanto ao teor de N-NH_4^+ nas raízes. No CP 3 a cv. Mulato apresentou maior ($P < 0,05$) teor e nos CP 2 e 4 as cv. não diferiram entre si ($P > 0,05$).

Nos teores de N-NH_4^+ na parte aérea, na cv. Marandu (Tabela 13) o maior ($P < 0,05$) valor foi observado no CP 3. Na cv. Xaraés o maior ($P < 0,05$) teor de N-NH_4^+ na parte aérea ocorreu no CP 4, apesar de não diferir ($P > 0,05$) do CP 3. O maior ($P < 0,05$) teor na cv. Mulato foi verificado no CP 3 que não diferiu do 2. No CP 1 a cv. Mulato apresentou maior ($P < 0,05$) teor de N-NH_4^+ na parte aérea no CP 3 isso ocorreu na Marandu. No CP 2 os teores não diferiram entre si ($P > 0,05$) nas cv. Mulato e Marandu e no CP 4, nas cv. Marandu e Xaraés.

Tabela 13. Teor de nitrogênio proveniente do amônio (N-NH_4^+ em $\text{mg.kg}^{-1}\text{MS}$) nas raízes e na parte aérea dos pastos de *Brachiaria* de acordo com as cultivares e ciclos de pastejo.

N-NH ₄ ⁺ nas raízes				
Cultivar	Ciclo de pastejo			
	1	2	3	4
Marandu	61,13 A b	81,46 A a	77,80 C a	72,07 A ab
Xaraés	44,48 B c	74,73 A b	99,82 B a	84,60 A ab
Mulato	55,85 AB c	67,06 A bc	116,72 A a	74,07 A b
N-NH ₄ ⁺ na parte aérea				
Cultivar	Ciclo de pastejo			
	1	2	3	4
Marandu	22,29 B d	49,96 AB c	82,05 A a	63,06 A b
Xaraés	27,20 B c	44,90 B b	52,08 B ab	57,25 A a
Mulato	46,61 A b	54,29 A ab	60,78 B a	47,74 B b

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

O teor de nitrogênio proveniente do nitrato (N-NO_3^-) nas raízes variou em função das OF ($P < 0,0010$), das cv ($P < 0,0001$), dos CP ($P < 0,0001$), da interação OF x CP ($P < 0,0001$) e da interação cv x CP ($P < 0,0001$). O teor de N-NO_3^- na parte aérea não

variou em função das OF ($P=0,1401$) e da interação OF x CP ($P=0,3129$) mas variou em função das cv ($P<0,0001$), dos CP ($P<0,0001$) e da interação cv x CP ($P<0,0001$).

Os teores de N-NO_3^- nas raízes (Tabela 14) na OF de 4% foi maior ($P<0,05$) nos CP 1 e 4. Na OF de 7% o CP 4 mostrou maior ($P<0,05$) teor, que não diferiu dos CP 1 e 3. Nas maiores OF os CP não diferiram ($P>0,05$) quanto aos teores de N-NO_3^- nas raízes. No CP 1 na menor OF foi observado o maior teor de N-NO_3^- nas raízes. Para os outros CP, as OF resultaram em teores semelhantes ($P>0,05$).

Com relação ao teor de N-NO_3^- na parte aérea (Tabela 14), na menor OF o CP 4 apresentou o maior ($P<0,05$) valor, não diferindo ($P>0,05$) dos CP 1 e 3. As outras OF não mostraram diferença ($P>0,05$) entre os CP. O mesmo foi observado no decorrer do período experimental entre as OF.

Tabela 14. Teor de nitrogênio proveniente do nitrato (N-NO_3^- em $\text{mg.kg}^{-1}\text{MS}$) nas raízes e na parte aérea dos pastos de *Brachiaria* de acordo com as ofertas de forragem e ciclos de pastejo.

N-NO ₃ ⁻ nas raízes				
Oferta de forragem (% PC)	Ciclo de pastejo			
	1	2	3	4
4	44,84 A a	18,60 A b	22,29 A b	37,05 A a
7	25,40 B ab	17,83 A b	23,53 A ab	29,66 A a
10	29,51 B a	25,86 A a	28,36 A a	30,98 A a
13	26,07 B a	24,67 A a	26,82 A a	32,51 A a
N-NO ₃ ⁻ na parte aérea				
Oferta de forragem (% PC)	Ciclo de pastejo			
	1	2	3	4
4	27,59 A ab	24,67 A b	30,06 A ab	38,72 A a
7	22,59 A a	27,12 A a	29,45 A a	28,94 A a
10	20,91 A a	23,79 A a	31,05 A a	30,91 A a
13	23,72 A a	22,43 A a	31,74 A a	32,19 A a

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

Na cv. Marandu (Tabela 15) o maior ($P<0,05$) teor de N-NO_3^- nas raízes ocorreu no CP 4, na cv. Xaraés ocorreu no CP 1 e na cv. Mulato, nos últimos CP. No CP 1 a cv. Xaraés apresentou maior ($P<0,05$) teor de N-NO_3^- nas raízes e no CP 2 as cv. foram

semelhantes ($P>0,05$) para essa variável. No CP 3 os teores não diferiram entre si ($P>0,05$) nas cv. Mulato e Xaraés e, no CP 4, nas cv. Mulato e Marandu.

Com relação aos teores de N-NO_3^- na parte aérea, na cv. Marandu (Tabela 15) o maior ($P<0,05$) valor foi observado no CP 4. Na cv. Xaraés os maiores ($P<0,05$) teores foram observados nos CP 3 e 4 e, na cv. Mulato os maiores valores ocorreram nos CP 2 e 3, apesar de não diferirem ($P>0,05$) do CP 4.

O comportamento do teor de N-NO_3^- na parte aérea não seguiu um padrão entre as cv. e CP (Tabela 15). No CP 1, as três cv. apresentaram valores semelhantes ($P>0,05$). No CP 2, a cv. Mulato mostrou maior ($P<0,05$) teor e no CP 3, as cv. Xaraés e Mulato não diferiram ($P>0,05$) entre si. No CP 4 a cv. Marandu apresentou maior ($P<0,05$) teor de N-NO_3^- na parte aérea, apesar de não diferir ($P>0,05$) da cv. Mulato. De modo geral, a cv. Mulato apresentou maiores valores para essa variável.

Tabela 15. Teor de nitrogênio proveniente do nitrato (N-NO_3^- em $\text{mg.kg}^{-1}\text{MS}$) nas raízes e na parte aérea dos pastos de *Brachiaria* de acordo com as cultivares e ciclos de pastejo.

N- NO_3^- nas raízes				
Cultivar	Ciclo de pastejo			
	1	2	3	4
Marandu	19,16 B b	18,25 A b	10,92 B b	35,84 A a
Xaraés	48,09 A a	21,28 A b	28,32 A b	22,68 B b
Mulato	27,11 B b	25,69 A b	36,52 A a	39,14 A a
N- NO_3^- na parte aérea				
Cultivar	Ciclo de pastejo			
	1	2	3	4
Marandu	25,09 A b	15,20 B c	18,94 B bc	37,04 A a
Xaraés	19,79 A b	20,57 B b	34,33 A a	26,06 B ab
Mulato	26,23 A b	37,74 A a	38,46 A a	34,96 AB ab

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

5. DISCUSSÃO

5.1. Altura do dossel comprimido

De modo geral, o aumento das OF proporcionou maiores alturas do dossel comprimido ao longo do período experimental (Tabela 3). Na maior OF, as alturas geralmente foram maiores, pois havia maior massa de forragem, como característica da menor intensidade de pastejo imposta. Além disso, a menor intensidade de pastejo proporcionou aos animais maior seletividade na escolha do que ingerir, preferencialmente folhas. Dessa forma, o material remanescente após os pastejos, principalmente colmos, continuou a crescer de um ciclo a outro, acumulando forragem não pastejada a qual pode aumentar com a idade dos perfilhos.

MARCELINO et al. (2006) avaliaram a influência de intensidades de desfolhação nas características estruturais e na produção de forragem da cv. Marandu e encontraram que a maior intensidade de desfolhação proporcionou maior renovação de tecidos foliares, que, aliada a maiores frequências de desfolhação, condicionou ao dossel perfilhos mais jovens, que se desenvolveram em ambiente com menos competição por luz.

Em todas as cultivares de *Brachiaria* estudadas, verificou-se que o último CP apresentou maior altura (Tabela 4), provavelmente pelo acúmulo de forragem não pastejada anteriormente que, somado ao crescimento da gramínea devido a maior precipitação pluviométrica e adubação nitrogenada após o segundo pastejo, provocou o aumento das alturas no final do período experimental.

A maior altura ($P < 0,05$) do dossel comprimido na cv. Xaraés em todos os CP (Tabela 4) se justifica pelo fato de que o hábito de crescimento da Xaraés por ser cespitoso, tende a ser mais alto do que as outras duas cv. que possuem hábito de crescimento decumbente, principalmente com o aumento da idade das plantas. Além disso, a rebrota da Xaraés é rápida, como foi comprovado por VALLE et al. (2001) que observaram taxas de crescimento das folhas da cv. Xaraés nos períodos de água e seca respectivamente, de 28,2 e de 9,8 kg.ha⁻¹.dia⁻¹ enquanto as da cv. Marandu foram 17,9 e 6,7 kg/ha/dia.

5.2. Massa seca de raízes e parte aérea

As massas secas de raízes encontradas foram de 3,4 Kg.m⁻² na OF de 4%, 4,4 Kg.m⁻² na OF de 7%, 4,6 Kg.m⁻² na OF de 10% e 4,7 Kg.m⁻² na OF de 13%. Esses valores indicam que em condição onde a desfolhação é mais drástica, a planta precisa mobilizar as reservas orgânicas presentes nas raízes para promover o crescimento da parte aérea. Quando ocorre mobilização de compostos de reserva das raízes com frequência, a massa diminui. Isso foi observado neste trabalho onde a massa seca de raízes aumentou com as OF maiores.

O mesmo comportamento foi verificado por MORAES (1991) que, em estudo com capim-pangola (*Digitaria decumbens*), verificou redução de 50% na massa radicular na condição de pressão de pastejo alta em relação à baixa. Isto, segundo BRISKE (1991), explica o fato de que, dependendo do nível de desfolhação, o crescimento radicular é reduzido, cessa ou até mesmo pode ocorrer morte de raízes como consequência da falta de energia proveniente da fotossíntese.

Os valores de massa seca de raízes entre as OF impostas não foram diferentes e, LUPINACCI (2002) também verificou a ausência de diferenças na massa de raízes quando os pastos de cv. Marandu foram mantidos em quatro alturas de manejo. O autor comenta que isso é justificado pela profundidade utilizada para a coleta das amostras que foi de 10 cm. Trabalhando com cinco gramíneas forrageiras de clima tropical, entre as quais a braquiária brizantha cv. Marandu, mantidas em pastagens e 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.

A massa de raízes da cv. Marandu, 3,49 Kg.m⁻², foi menor ($P>0,05$) em relação às outras gramíneas estudadas (4,68 em Xaraés e 4,65 Kg.m⁻² em Mulato). Dessa forma, pode-se inferir que na cv. Marandu o pastejo foi mais intenso, ocorrendo maior utilização de compostos de reserva para ocorrer o restabelecimento da parte aérea. Isso mostra que, provavelmente, os animais em pastejo, consumiram essa cultivar em detrimento da Xaraés e Mulato.

A maior massa seca de raízes ($5,1 \text{ Kg.m}^{-2}$) verificada no terceiro ciclo se deve à adubação nitrogenada realizada após o segundo pastejo, que contribuiu para a nutrição do dossel forrageiro e possibilitou o maior acúmulo de reservas nas raízes (Figura 6).

Do CP 3 para o 4, observou-se expressiva diminuição na massa seca das raízes, demonstrando a maior necessidade de uso e a menor reposição dos compostos de reserva. Isso deve ter ocorrido em consequência de desfolhação mais intensiva no terceiro ciclo, que possivelmente fez com que a quantidade de assimilados produzidos pela fotossíntese realizada pelo dossel, não fosse suficiente para promover o crescimento da parte aérea e ainda, armazenar reservas.

A massa seca da parte aérea da OF de 4% foi menor ($P < 0,05$) que as demais ofertas (Figura 7). Assim, a maior intensidade de pastejo (OF de 4%), provocou maior desfolhação do dossel forrageiro e, conseqüentemente, menor altura (média de 15,40 cm nos CP) e maior remobilização de reservas para a rebrota, que implicou em menores massas das diferentes partes da planta ($3,4 \text{ Kg.m}^{-2}$ para raízes e $2,01 \text{ Kg.m}^{-2}$ para parte aérea), o que é comprovado quando se analisa o comportamento da massa de raízes e parte aérea para as diferentes OF.

De modo geral, as cv. Xaraés e Mulato mostraram maior massa seca de parte aérea (Tabela 5) quando comparada à cv. Marandu. O hábito de crescimento da cv. Xaraés é cespitoso, o que proporciona maior entrada de luz no dossel forrageiro, favorecendo o desenvolvimento dessa gramínea. Através de observações visuais, verificou-se que a cv. Mulato era a menos consumida pelos animais, talvez pela maior presença de pêlos nos colmos e folhas dessa forrageira quando comparada as outras estudadas. Além disso, SMILJANIC JUNIOR et al. (2007), em estudo anatômico da folha e do colmo da cv. Mulato demonstrou que a estrutura dos seus tecidos está de acordo com o que a literatura relata sobre as plantas forrageiras tropicais C4, que apresentam dificuldades para o acesso e digestão das células e tecidos pelos microrganismos ruminais pela presença de paredes celulares espessadas, especialmente, tecidos lignificados.

Dessa forma, a cv. Mulato sempre teve alta massa de componentes da parte aérea devido ao acúmulo de material não pastejado, principalmente nos últimos ciclos

de pastejo. Esses dados não refletem a qualidade dessa parte aérea, mas sim a quantidade, uma vez que estão incluídos colmos e folhas nessa massa, além de material mais velho, lignificado, remanescente de ciclos anteriores. Assim, pode-se dizer que a cv. Marandu foi a mais aceita pelos animais do que as outras duas gramíneas, tanto pela maior formação de folhas jovens depois de cada CP, quanto pela menor rigidez de seus colmos que os tornam de fácil apreensão pelos bovinos.

5.3. Compostos de reserva

- **Carboidratos não estruturais**

No primeiro CP, em todas as OF estudadas, o teor de carboidratos não estruturais (CNE) foi maior ($P < 0,05$) nas raízes e na parte aérea (Tabela 6) em relação aos outros CP. Esse fato demonstra que em dezembro as condições climáticas foram mais favoráveis ao desenvolvimento da plantas e que o pastejo de imposição de tratamentos, não foi drástico ao ponto de retirar todas as folhas e assim a planta necessitar remobilizar compostos orgânicos armazenados para emitir novas folhas e retomar a fotossíntese.

A cv. Marandu, não apresentou diferença ($P > 0,05$) nas variáveis com o decorrer do período experimental, as cv. Xaraés e Mulato apresentaram maiores ($P < 0,05$) teores de CNE no CP 1 em relação aos outros CP. Como o período experimental compreendeu apenas ao desenvolvimento vegetativo das cultivares estudadas, os teores de CNE foram semelhantes ao longo dos CP porque não houve necessidade de translocação de nutrientes para outras partes da planta de grande exigência, como as inflorescências e sementes. Esse redirecionamento das reservas foi verificado por LUPINACCI (2002) que estudou a cv. Marandu em diferentes estádios de desenvolvimento das plantas. O autor observou que à medida que a *Brachiaria brizantha* passou para o estágio reprodutivo, houve uma inversão na ordem de grandeza dos teores em relação aos órgãos de armazenamento, de modo que em

dezembro e janeiro não houve diferença entre raízes e parte aérea e, em fevereiro, os maiores teores de CNE foram observados na parte aérea.

O teor de CNE nas raízes no CP 1, foi maior ($P < 0,05$) nas cv. Xaraés e Marandu. Nos outros CP, a cv. Mulato mostrou maiores ($P < 0,05$) teores de CNE nas raízes. Como explicado anteriormente, a cv. Mulato foi menos pastejada pelos animais, o que teve como consequência o maior armazenamento de material de reserva.

A amplitude de valores encontrada para os teores de CNE em gramíneas de clima temperado é de 60 a 180 g.Kg⁻¹, ao passo que em gramíneas tropicais varia entre 10 a 140 g.Kg⁻¹ (GROSS, 1988; MOORE & HATFIELD, 1994; CARVALHO et al. 2001). Nesse experimento, foram encontrados teores de CNE que variavam de 87,94 a 149,99 g.Kg⁻¹ para as raízes e de 116,19 a 177,30 g.Kg⁻¹ para a parte aérea, nas diferentes OF estudadas. Dessa forma, o manejo imposto pelas diferentes OF, não limitou a concentração dos CNE nas diferentes partes da planta, não comprometendo a fisiologia da planta e o crescimento do dossel forrageiro. Isso se comprova ao observar as afirmações realizadas por GROSS (1988) onde teores abaixo de 20 a 30 g.Kg⁻¹ seriam limitantes ao desenvolvimento de plantas de *Brachiaria decumbens*.

CECATO et al. (2001), avaliaram os teores de CNE nas raízes e base do colmo de *Coastcross* e também verificaram que os teores nas raízes não foram influenciados pelos tratamentos (níveis de resíduo da matéria seca). Porém, LUPINACCI (2002) em estudo de diferentes alturas de pastos de cv. Marandu verificou que a menor altura de manejo do pasto (10 cm) estaria imprimindo um regime de desfolha drástico o suficiente para colocar a comunidade de plantas da pastagem em uma situação de estresse fisiológico inerente ao seu limite de resistência ao pastejo. No presente experimento isso não foi observado, mesmo na menor OF, onde se verificaram alturas entre 10,88 a 19,06 cm.

Especificamente para o gênero *Brachiaria*, a literatura nacional dispõe de informações para *Brachiaria decumbens*, para a qual os teores presentes nas raízes ou parte aérea variaram entre 10 e 80 g.Kg⁻¹ (REIS et al., 1985, GROSS, 1988; SOARES FILHO, 1991). Para as diferentes cv. utilizadas nesse estudo foram encontrados os seguintes teores: de 83,49 a 89,97 g.Kg⁻¹ para as raízes e 113,0 a 163,29 g.Kg⁻¹ para a

parte aérea da cv. Marandu; de 67,79 a 178,24 g.Kg⁻¹ para as raízes e 117,09 a 174,91 g.Kg⁻¹ para a parte aérea da cv. Xaraés e de 131,15 a 163,64 g.Kg⁻¹ para as raízes e 97,94 a 177,93 g.Kg⁻¹ para a parte aérea da cv. Mulato.

- **Nitrogênio total**

Os teores de nitrogênio total (N total) nas raízes (Tabela 8) nas OF de 4, 7 e 13% não diferiram ($P>0,05$) no decorrer do período experimental. Assim, as diferentes intensidades de pastejo resultantes dos diferentes níveis de OF impostas, não comprometeram as reservas nitrogenadas. Já LUPINACCI (2002) verificou que os teores médios de N total correspondente as alturas de pasto da cv. Marandu estudadas foi decrescente. O autor explica que ocorreu maior taxa de renovação de tecidos, resultado de altas taxas de aparecimento e morte de perfilhos associadas a uma maior frequência de desfolha de perfilhos individuais na altura de pasto de 10 cm, os quais sendo mais jovens e desenvolvendo-se num ambiente com menor competição por luz, apresentaram atividade metabólica mais intensa em comparação com os pastos mantidos mais altos.

Nos três primeiros CP, as OF foram semelhantes ($P>0,05$) quanto ao teor de Ntotal nas raízes, sendo que somente no CP 4, na OF de 4% se observou maior valor, não diferindo ($P>0,05$) da OF de 7%. Dessa forma, o manejo imposto à comunidade de plantas, não comprometeu a área foliar remanescente após o pastejo, permitindo que a atividade fotossintética fosse retomada sem a necessidade de utilizar nutrientes acumulados. E, como dito anteriormente, durante o período experimental, as plantas não mudaram do estágio vegetativo para o reprodutivo, o que faria com que ocorressem mudanças na concentração de carboidratos e compostos nitrogenados nas raízes e parte aérea. MENGEL & KIRKBY (2001) afirmaram que em tecidos vegetais, os teores de N total tendem a diminuir progressivamente na medida em que a planta atinge estádios de desenvolvimento mais avançados.

Nesse trabalho, os CP que ocorreram em dezembro e janeiro, não resultaram em diferença no teor de N total nas raízes. Esses dados corroboram os resultados de

LUPINACCI (2002) em estudo sobre a cv. Marandu onde observou que durante o período de crescimento mais pronunciado da planta forrageira (novembro a janeiro), houve utilização do N sem que houvesse qualquer investimento em acúmulo de reservas nitrogenadas por parte da planta.

O teor de N total na parte aérea foi maior ($P < 0,05$) no CP 3 em todas OF e CV estudadas (Tabela 8 e 9), em decorrência da adubação nitrogenada que foi feita após o segundo pastejo, que disponibilizou mais N para ser absorvido e distribuído nas diferentes partes das plantas. O teor de N total nas raízes foi semelhante ($P > 0,05$) entre os CP nas cv. Marandu e Mulato (Tabela 9). A cv. Xaraés apresentou maiores ($P < 0,05$) teores nos últimos CP (4,83 e 4,14 g.Kg⁻¹ para CP 3 e 4 respectivamente), demonstrando que a adição de N ao sistema solo-planta, estimulou o maior acúmulo nessa cv. O mesmo foi observado para o teor de N total na parte aérea.

Comparando-se os teores de N total nas raízes com os níveis na parte aérea, verifica-se que os teores foram maiores na parte aérea, variando de 3,54 a 4,80 g.Kg⁻¹ nas raízes e de 6,08 a 12,96 g.Kg⁻¹ na parte aérea. MILLS & JONES (1979) também encontraram teores de N total mais elevados na parte aérea do que nas raízes. VOLENEC et al. (1996) relataram, em trabalho de revisão, resultados para gramíneas em que o N armazenado contribuiu para a rebrota da parte aérea, e a desfolha causou grande variação nas relações fonte-dreno de N, sendo que os tecidos das raízes atuam como fonte e a rebrota da parte aérea como dreno.

- **N em aminoácidos**

O teor de N aminoácidos (N aa) nas raízes nas quatro OF (Tabela 10) e três cv. (Tabela 11) estudadas foi maior ($P < 0,05$) no primeiro CP. Na parte aérea, o CP 1 obteve os maiores ($P < 0,05$) teores de N aa nas OF de 4, 7 e 10% (Tabela 10). Já na maior OF, os CP 1 e 2 obtiveram maiores ($P < 0,05$) valores para essa característica. O comportamento do teor de N aa na parte aérea não seguiu um padrão entre as OF e CP (Tabela 10).

Tanto nas raízes, quanto na parte aérea, os teores de N aa não mostraram especificidade com relação às OF, mostrando que mesmo na maior intensidade de pastejo, não ocorreu comprometimento da rebrota do dossel forrageiro. O mesmo comportamento foi verificado por LUPINACCI (2002) em experimento realizado com a cv. Marandu em diferentes alturas e pastejada por bovinos em lotação contínua. Esse autor verificou que mesmo em altura de 10 cm, que corresponderia a um regime intensivo de desfolha, os pastos não apresentaram teores baixos de N em aminoácidos. Esse mesmo autor comenta que, segundo GROSS (1988), as plantas mantidas em pastos com degradação apresentariam teores mais baixos de N aminoácidos em comparação às plantas manejadas adequadamente.

Na cv. Mulato os teores de N aa na parte aérea foi maior ($P < 0,05$) para os CP 1 e 2 (Tabela 11). No CP 3, nas cv. Marandu e Mulato foram verificados os maiores teores na parte aérea e no CP 4, as cv. não diferiram ($P > 0,05$) entre si. De modo geral, a cv. Mulato mostrou maiores teores de N aa na parte aérea que as outras gramíneas estudadas, mostrando que essa cultivar sofreu menos estresse ao longo dos pastejos, o que comprova que, possivelmente, sofreu menor desfolhação, sendo preterido pelos animais em detrimento das cv. Marandu e Xaraés.

Como observado para o N total, o teor de N aa também foi maior na parte aérea, mostrando a translocação desse composto para ser utilizado na rebrota da forrageira após desfolhação. Segundo MENGEL & KIRKBY (2001) a redistribuição do nitrogênio nas plantas, via floema, se dá especialmente na forma de aminoácidos, sendo movimentados das folhas velhas para as novas.

5.4. Compostos de translocação

- **Nitrogênio de Amônio e Nitrato**

Os teores de N-NH_4^+ nas raízes (Tabela 12) na OF de 4% foi maior ($P < 0,05$) no CP 3 e 4. Na maior OF o CP 3 mostrou maior ($P < 0,05$) teor de N-NH_4^+ nas raízes. Com relação ao teor de N-NH_4^+ na parte aérea (Tabela 12), nas menores OF os CP 3 e 4

mostraram maiores valores para essa característica. Na OF de 10% o teor foi maior ($P<0,05$) no CP 3 e, na maior OF, os CP 2, 3 e 4.

Na cv. Marandu (Tabela 13) os maiores ($P<0,05$) teores de N-NH_4^+ nas raízes foram observados nos CP 2, 3 e 4. Para a cv. Xaraés o maior ($P<0,05$) teor ocorreu nos CP 3 e 4 e, na cv. Mulato no CP 3. Nos teores de N-NH_4^+ na parte aérea, na cv. Marandu (Tabela 13) o maior ($P<0,05$) valor foi observado no CP 3; na cv. Xaraés o maior ($P<0,05$) teor de N-NH_4^+ nos CP 3 e 4 e na cv. Mulato foi verificado nos CP 2 e 3. De maneira geral, as maiores concentrações de N-NH_4^+ foram verificadas após a fertilização nitrogenada que ocorreu após o segundo pastejo. A utilização de adubações, principalmente a nitrogenada, pode melhorar o microclima das plantas forrageiras e, desta maneira, proporcionar a utilização mais eficiente de luz, água e temperatura, que são reconhecidamente, em maior ou menor grau, limitantes ao desenvolvimento das pastagens (CORSI, 1973).

No CP 1 as cv. Marandu e Mulato foram semelhantes ($P>0,05$) quanto ao teor de N-NH_4^+ nas raízes e no CP 3 a cv. Mulato apresentou maior ($P<0,05$) teor. No CP 1 a cv. Mulato apresentou maior ($P<0,05$) teor de N-NH_4^+ na parte aérea no CP 3 isso ocorreu na Marandu. Assim, em algumas épocas, quando o teor de N-NH_4^+ diminuiu nas raízes, aumentou na parte aérea e vice-versa, isso indica que houve translocação do NH_4^+ na planta, motivada pela demanda da parte aérea, tal como relatado por SCHJOERRING et al. (2002).

Na cv. Mulato, a adubação nitrogenada somada à menor desfolhação nesses pastos promoveu o aumento de N-NH_4^+ nas raízes nessa época. De acordo com SCHJOERRING et al. (2002) o NH_4^+ é um intermediário central gerado em processos como a redução do nitrato, a fotorrespiração, a degradação de amidas e o catabolismo de proteínas resultante de processos de senescência, bem como tem função chave no metabolismo do N em folhas.

Com relação ao acúmulo de NH_4^+ nas plantas, FERNANDES & ROSSIELLO (1985) constataram que em condições ideais ele não é acumulado, mesmo sendo a forma amoniacal tóxica em baixas concentrações. O aumento da concentração de NH_4^+ nas plantas pode ocorrer em condições de absorção excessiva ou pela falta de

esqueletos carbônicos para a sua incorporação.

Os teores de N-NO_3^- nas raízes (Tabela 14) na OF de 4% foram maiores ($P<0,05$) nos CP 1 e 4, na OF de 7% foi maior ($P<0,05$) nos CP 1, 3 e 4. No CP 1, na menor OF foi observado o maior teor de N-NO_3^- nas raízes. Com relação ao teor de NO_3^- na parte aérea (Tabela 14), na menor OF os CP 1, 3 e 4 apresentaram o maior ($P<0,05$) valor. As outras OF não mostraram diferença ($P>0,05$) entre os CP. Apesar de não ocorrer especificidade das OF em relação aos teores, nota-se maiores valores nos CP 1 e 4.

De acordo com ENGELS & MARSCHNER (1995), se o estoque de carboidratos não é suficiente para fixar todo o N absorvido, a planta lança mão do armazenamento desse elemento, que em condições de balanço positivo de energia é feito sob as formas de aminoácidos, amidas e proteínas e, no caso de limitação de energia, o N pode ser armazenado temporariamente na forma de NO_3^- .

Na cv. Marandu (Tabela 15) o maior ($P<0,05$) teor de N-NO_3^- nas raízes ocorreu no CP 4, na cv. Xaraés ocorreu no CP 1 e na cv. Mulato, nos últimos CP. Para os teores de N-NO_3^- na parte aérea, na cv. Marandu (Tabela 15) o maior ($P<0,05$) valor foi observado no CP 4. Na cv. Xaraés os maiores ($P<0,05$) teor foram verificados nos CP 3 e 4 e, para a cv. Mulato os maiores valores ocorreram nos CP 2, 3 e 4. Na análise dos CP, de modo geral, a cv. Mulato apresentou maiores valores para essa variável. Da mesma forma que o teor de N-NH_4^+ , o comportamento do teor de N-NO_3^- nas raízes e na parte aérea não seguiu um padrão entre as OF, cv e CP (Tabela 15). LUPINACCI (2002) em experimento com a cv. Marandu pastejada por bovinos em lotação contínua também observou que os teores de nitrato não assumiram nenhum padrão específico de comportamento durante o período experimental.

O NO_3^- uma vez absorvido pelas plantas, é reduzido à forma amoniacal e o nitrogênio é combinado nas cadeias orgânicas do vegetal, formando ácido glutâmico e a partir daí outros aminoácidos. Estudos têm demonstrado que essa assimilação é limitada no processo de redução do NO_3^- a amônia, processo em que a redutase do nitrato é a enzima-chave (RUFTY et al., 1986).

6. CONCLUSÕES

As cultivares de *Brachiaria* estudadas podem ser manejadas de acordo com as diferentes ofertas de forragem estudadas, uma vez que essas intensidades de pastejo não comprometem o sistema radicular e a parte aérea das plantas.

As ofertas de forragem utilizadas não limitam o acúmulo de reservas orgânicas pelo dossel forrageiro.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRINO, E.; MOSQUIM, P. R.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; VAZ, R. G. M. V.; DETMANN, E. Evolução da biomassa e do perfil da reserva orgânica durante a rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 2, p. 190-200, 2008.

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

AVICE, J. C.; OURRY, A.; VOLENEC, J. J.; LEMAIRE, G.; BOUCAUD, J. Defoliation-induced changes in abundance and immuno-localization of vegetative storage proteins in taproots of *Medicago sativa*. **Plant Physiology Biochemistry**, Madison, v. 34, n. 4, p. 561-570, 1996.

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.; CANO, C. C. P.; BORTOLO, M.; HERLING, V. R.; CANTO, M. W., CASTRO, C. R. C. Teores de carboidratos não estruturais, nitrogênio total e peso de raízes em *Coastcross-1* (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) pastejado por ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 3, v. 30, p. 644-650, 2001.

DONAGHY, D. J. & FULKERSON, W. J. Priority for allocation of water soluble carbohydrate reserves during regrowth of *Lolium perenne*. **Grass and Forage Science**, v. 53, p. 211-218, 1998.

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

ENGELS, C. & MARSCHNER, H. Plant uptake and utilization of nitrogen. In: BACON, P. E. (Ed.) **Nitrogen fertilization in the environment**. New York: Marcel Dekker, cap. 2, p. 41-81, 1995.

FERNANDES, M. S. & ROSSIELLO, R. O. P. **Aspectos do metabolismo e utilização do nitrogênio em gramíneas tropicais**. In: Simpósio sobre Calagem e Adubação de Pastagens, 1., Nova Odessa, 1985. *Anais...* Piracicaba: Potafós, p. 93-123, 1986.

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

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

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.

MARCELINO, K. R. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SILVA, S. C.; EUCLIDES, V. P. B.; FONSECA, D. M. Características morfogênicas e estruturais e produção de forragem do capim-Marandu submetido a intensidades e frequências de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 35, n. 6, p. 2243-2252, 2006.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 5. ed. Dordrecht: Kluwer Academic, 849p. 2001.

MILLS, H. A. & JONES JR, J. B. Nutrient deficiencies and toxities in plants: nitrogen. **Journal Plant Nutrition**. 1(2), p. 101-122, 1979.

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

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.

NOVOA, R. & LOOMIS, R. S. Modelo dinâmico del metabolismo del nitrogeno en plantas superiores. Descripción del modelo. **Agricultura Técnica**, Santiago, v. 41, n. 1, p. 41-48, 1981.

OURRY, A.; KIM, T. H.; BOUCAUD, J. Nitrogen reserve mobilization during regrowth of *Medicago sativa* L. Relationships between availability and regrowth yield. **Plant Physiology**, v. 105, p. 831-837, 1994.

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.

RUFTY Jr., T. W. .; THOMAS, J. F.; REMMLEER, J. L.; CAMPBELL, W. H.; VOLK, R. J. Intracellular localization of nitrate reductase in roots. **Plant Physiology**, v. 82, n. 3, p. 675-680, 1986.

SAS, **Statistical Analyses System Institute** "SAS User's Guide: Statistic". SAS Institute INC., Cary, NC, 2002.

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

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. 353-377, 1973.

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

SILVEIRA, J. A. G. **Interações entre assimilação do nitrogênio e o crescimento de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) cultivada em condições de campo**. Piracicaba (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" /USP), 152p. 1985.

SMILJANIC JUNIOR, E.; SMILJANIC, K. B. A.; CABRAL, J. R.; GASTALD, K. A. Anatomia da folha e do caule de *Brachiaria híbrida* cv. Mulato (CIAT 36061) Poaceae. In: **Reunião anual da Associação Brasileira de Zootecnia**. Anais...2007. acesso em <http://www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anais-zootec/artigos->

SOARES FILHO, C. V. **Variação sazonal de parâmetros bioquímico-fisiológicos em *Brachiaria decumbens* estabelecida em pastagens**. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 110p. 1991.

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.

THORNTON, B. & MILLARD, P. Increased defoliation frequency depletes remobilization of nitrogen for leaf growth in grasses. **Annals of Botany**, v. 80, p. 89-95, 1997.

VALLE, C. B. ; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; VALÉRIO, J. R.; CALIXTO, S. **Selecting new *Brachiaria* for Brazilian pastures.** In: International Grassland Congress, 19. São Pedro. *Proceedings...* Piracicaba: Fealq, 2001.

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

VOLPE, C. A. & CUNHA, A. R. Dados meteorológicos de Jaboticabal no período de 1971-2000. In: Fórum de estudos dos problemas referentes às Mudanças Mesoclimáticas no Município de Jaboticabal, 1, Jaboticabal. Relatório final. Jaboticabal, Comissão de Assuntos Relevantes da Câmara Municipal de Jaboticabal, 2008. CD-ROM.

CAPÍTULO 3 – ATIVIDADE ENZIMÁTICA DO SOLO DE PASTOS DE *BRACHIARIA* MANEJADOS SOB OFERTAS DE FORRAGEM E LOTAÇÃO ROTACIONADA

1. RESUMO

O objetivo deste estudo foi estudar o efeito de diferentes ofertas de forragem nos pastos de cultivares de *Brachiaria* (Marandu, Xaraés e Mulato) manejados sob lotação rotacionada, sobre a atividade das enzimas desidrogenase, protease, arilsulfatase e celulase no solo. O experimento foi realizado no setor de Forragicultura da FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos (ofertas de forragem de 4, 7, 10 e 13% do peso corporal dos animais) e três repetições. No estudo da atividade enzimática no solo da área experimental, foram feitas amostragens antes da entrada dos animais nos piquetes do período de dezembro de 2008 a fevereiro 2009. Como a mineralização da matéria orgânica no solo, ocorre a longo prazo, também foi realizada uma amostragem em junho, para visualizar melhor a atividade enzimática ao longo do tempo. Dessa forma, a discussão dos dados foi dividida pelos dias de avaliação (1, 21, 42, 63 e 183 dias). A oferta de forragem (OF) de 4% resultou em maior ($P<0,05$) atividade da desidrogenase nos dias de avaliação 1 e 63. Nas outras OF estudadas, a maior ($P<0,05$) atividade dessa enzima foi observada aos 63 dias, que também foi à época em que a atividade foi maior ($P<0,05$) em todas as cultivares (cv) de *Brachiaria*. A maior ($P<0,05$) atividade da desidrogenase ocorreu no solo dos pastos da cv. Marandu. Com relação à protease foi observada maior atividade aos 183 dias em todas as OF e cv de *Brachiaria*. Assim, de maneira geral, as OF que proporcionaram altas atividades da protease foram a de 7% (42, 63 e 183 dias) e a de 10% (1, 21, 42 e 63 dias). Na cv. Marandu foi verificada maior ($P<0,05$) atividade da protease no decorrer das avaliações, com exceção dos 42 dias onde a maior atividade dessa enzima foi observada na cv. Mulato. De modo geral, nos primeiros 21 dias as cv. Xaraés e Marandu mostraram altas atividades da celulase e aos 183 dias isso ocorreu na cv. Mulato. A atividade da celulase sofreu oscilações com o decorrer do experimento, demonstrando que, possivelmente, as OF e cv estudadas, não produziram quantidade suficiente de material orgânico para promover diferença entre os tratamentos. As OF não mantiveram um padrão para a atividade das enzimas desidrogenase, protease, arilsulfatase e celulase ao longo do período de avaliação. Isso demonstra que é necessário maior tempo de estudo para os tratamentos refletirem uma maior especificidade em relação ao comportamento das enzimas. Dentro disso, as OF estudadas afetaram a atividade enzimática no solo dos pastos de cultivares de *Brachiaria*, porém não ocorreu um padrão dessa atividade; a cv. Marandu é mais indicada em fornecer melhores condições para os microrganismos responsáveis pela atividade das enzimas desidrogenase, arilsulfatase e protease.

Palavras-chave: arilsulfatase, celulase, desidrogenase, protease, umidade do solo.

2. 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 Segundo DORAN et al. (1996). A atividade biológica é altamente concentrada nas primeiras camadas do solo, na profundidade entre 1 a 30 cm. Nestas camadas, o componente biológico ocupa uma fração de menos que 0,5 % do volume total do solo e representa menos que 10% da matéria orgânica, consistindo principalmente de microrganismos que realizam diversas funções essenciais para o funcionamento do solo. Os microrganismos decompõem a matéria orgânica, liberam nutrientes em formas disponíveis às plantas e degradam substâncias tóxicas (KENNEDY & DORAN, 2002).

As enzimas são mediadoras biológicas dos componentes orgânico e mineral do solo. A atividade enzimática do solo possui as características de ser relacionada com a matéria orgânica, com as propriedades físicas e com a atividade e biomassa microbiana; ser um claro indicador de mudanças na qualidade do solo; envolver metodologias simplificadas (DICK, 1997). De acordo com MOREIRA & SIQUEIRA (2006), as enzimas têm participação essencial nos processos relacionados à qualidade do solo e como são sintetizadas, principalmente, pelos organismos que nele crescem, as condições que favorecem a atividade da biota também favorecem a atividade enzimática que se relaciona positivamente com a produtividade ou com a qualidade do solo.

A atividade enzimática, também pode auxiliar como indicador da fertilidade do solo, da eficiência de fertilizantes, de interações rizosféricas, de poluição do solo e na remediação de solos contaminados, de estudos de ecologia e de impactos de manejo (SCHMITZ, 2003). No entanto, poucas são as pesquisas que associam a atividade biológica e enzimática com os diferentes manejos dos animais em pastagens. Portanto, um estudo mais profundo da atuação das enzimas nesse sistema poderá fornecer subsídios para obter respostas de qual manejo adotara a fim de racionalizar o uso das pastagens, reduzindo impactos causados ao solo.

De acordo com MOREIRA & SIQUEIRA (2006), algumas enzimas são encontradas somente em células vivas, entre elas, as desidrogenases, que estão envolvidas no processo de transporte de elétrons acoplado à síntese de ATP e que, por isso, podem ser utilizadas como medida da atividade biológica. Esses autores também comentam que as enzimas mais estudadas são as oxirredutases, transferases e hidrolases devido ao seu envolvimento na degradação da matéria orgânica e liberação de nutrientes.

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi estudar o efeito das diferentes ofertas de forragem nos pastos de cultivares de *Brachiaria* (Marandu, Xaraés e Mulato) manejados sob lotação rotacionada, sobre a atividade das enzimas desidrogenase, protease, arilsulfatase e celulase no solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local e Período experimental

O experimento foi conduzido no Setor experimental de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, câmpus de Jaboticabal, SP, localizada a 21°15'22" de latitude sul, longitude de 48°18'58"W, a uma altitude de 595 m. A coleta de dados a campo foi de novembro de 2008 a fevereiro de 2009, sendo as amostragens realizadas a cada 21 dias, antes da entrada dos animais nas parcelas experimentais e uma amostragem em junho. Em junho, não ocorreu pastejo na área experimental, somente foi realizada a coleta de solo. Dessa forma, durante esse capítulo os dados não serão divididos em pastejos, mas sim em dias de avaliação.

3.2. Cultivares utilizadas e área experimental

As cultivares de *Brachiaria* (Syn. *Urochloa*) estudadas foram Marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf.), Xaraés (*Brachiaria brizantha*) e Mulato (*Brachiaria* sp. híbrido de *Brachiaria ruziziensis* clone 44-6 e *Brachiaria brizantha* CIAT 6297).

A área da cv. Marandu (4.896 m²) foi formada em novembro de 2003, a área da cv. Xaraés (2.796m²) foi implantada em dezembro de 2004 e a área da cv. Mulato (3.241m²) foi formada em junho de 2006. Para a condução do experimento, cada um dos três pastos foi dividido em parcelas experimentais com tamanhos distintos, definidos de acordo com as ofertas de forragem estudadas (4, 7, 10 e 13 % do peso corporal animal) e com a área total de cada cultivar (Figura 1 e Tabela 1, Capítulo 2).

3.3. Solo da área experimental

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, horizonte A moderado, caulínítico hipoférrico com relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2006). Antes do período experimental foram coletadas amostras de solo à profundidade de 0 - 20 cm para caracterização química da fertilidade e para verificar a necessidade de correção de acidez e aplicação dos adubos.

As análises das características químicas do solo foram realizadas no Departamento de Solos e Adubos da Universidade Estadual Paulista UNESP/FCAV, câmpus de Jaboticabal, em outubro de 2007 e estão apresentadas na Tabela 2 (Capítulo 2). Após resultado da análise de solo, observou-se que a saturação por bases e o teor dos macronutrientes das áreas das três cultivares de *Brachiaria* atendiam às exigências mínimas das cultivares, de acordo com a EMBRAPA (2006). Assim, a adubação realizada foi de manutenção, onde foram utilizados 50 kg.ha⁻¹ de nitrogênio na forma de uréia aplicados em dose única, manualmente e a lanço, no mês de janeiro de 2009, após o segundo pastejo.

3.4. Animais e método de pastejo

Para o pastejo foram utilizadas vacas não lactantes e/ou novilhas da raça Holandesa, com peso médio aproximado de 450 kg, que foram sorteadas entre os tratamentos de acordo com a oferta de forragem pretendida. O ajuste da carga animal foi em função da massa de forragem, do peso dos animais e do tamanho das parcelas que variou de acordo com as ofertas de forragem de cada cultivar e o número de animais por parcela foi próximo. Esse ajuste da carga animal foi feito de acordo com a equação:

$$CA = \frac{MF \cdot S_{\text{piquete}}}{OF}, \text{ onde:}$$

CA = Carga animal (kg de PC);

MF = Massa de Forragem (kg/ha de MVS);

OF = Oferta de Forragem (% do PC);

S_{piquete} = Área do piquete (ha).

O método de pastejo adotado foi de lotação rotacionada, com período de descanso de 21 dias. O período de ocupação das parcelas experimentais foi de 8 horas por dia, dividido em dois períodos de quatro horas (manhã e tarde). Este manejo foi adotado, pois, a ausência de sombras e bebedouros na área experimental, que poderia prejudicar o pastejo dos animais, podendo até mesmo provocar perdas de forragem (animais poderiam parar de pastejar e deitar, acamando a forragem disponível).

Como não existia número suficiente de animais para o pastejo de todos os piquetes (36 no total) no mesmo dia, foram pastejadas três parcelas por dia de cada cultivar (piquetes com mesma oferta de forragem).

Em julho de 2008, devido ao intenso alongamento de colmos e a presença de material de baixa qualidade, as áreas das três cultivares foram roçadas mecanicamente a 10 cm do nível do solo. No final de novembro de 2008, foi feito um pastejo para imposição dos tratamentos, não utilizado na coleta de dados. Durante o período de pleno desenvolvimento da gramínea, de dezembro de 2008 a fevereiro de 2009, foram

realizados quatro ciclos de pastejos, o primeiro de 17 a 20 de dezembro de 2008, o segundo de 07 a 10 de janeiro de 2009, o terceiro de 28 a 31 de janeiro de 2009 e o quarto de 18 a 21 de fevereiro de 2009.

Para o estudo da atividade enzimática no solo da área experimental, foram feitas amostragens antes da entrada dos animais nos piquetes do período de dezembro de 2008 a fevereiro 2009. Como a mineralização da matéria orgânica no solo ocorre em longo prazo, também foi realizada uma amostragem em junho para visualizar melhor a atividade enzimática ao longo do tempo. Assim, as datas de coleta de solo para análise serão descritas como avaliações (Tabela 16) e não como pastejos, como no capítulo anterior, uma vez que em junho, não ocorreu pastejo, somente coleta do solo.

Tabela 16. Dias das amostragens de solo para avaliação da atividade enzimática no solo das três cultivares de *Brachiaria*.

Dias de Avaliação	Datas das amostragens
1	de 17 a 20 de dezembro de 2008
21	de 07 a 10 de janeiro de 2009
42	de 28 a 31 de janeiro de 2009
63	de 18 a 21 de fevereiro de 2009
183	de 18 a 20 de junho de 2009

3.5. Condições climáticas

O clima de Jaboticabal é classificado como subtropical do tipo AWa, tropical mesotérmico com verão úmido e inverno seco, de acordo com classificação de Köppen (VOLPE & CUNHA, 2008). Os dados de precipitação pluvial, temperatura média e insolação do período em que ocorreu a coleta de dados estão apresentados na Figura 8A e os dados de armazenamento de água no solo, excesso e deficiência hídrica do período estão apresentados na Figura 8B. Essas informações foram extraídas do acervo do Setor de Agrometeorologia do Departamento de Ciências Exatas da UNESP – Jaboticabal.

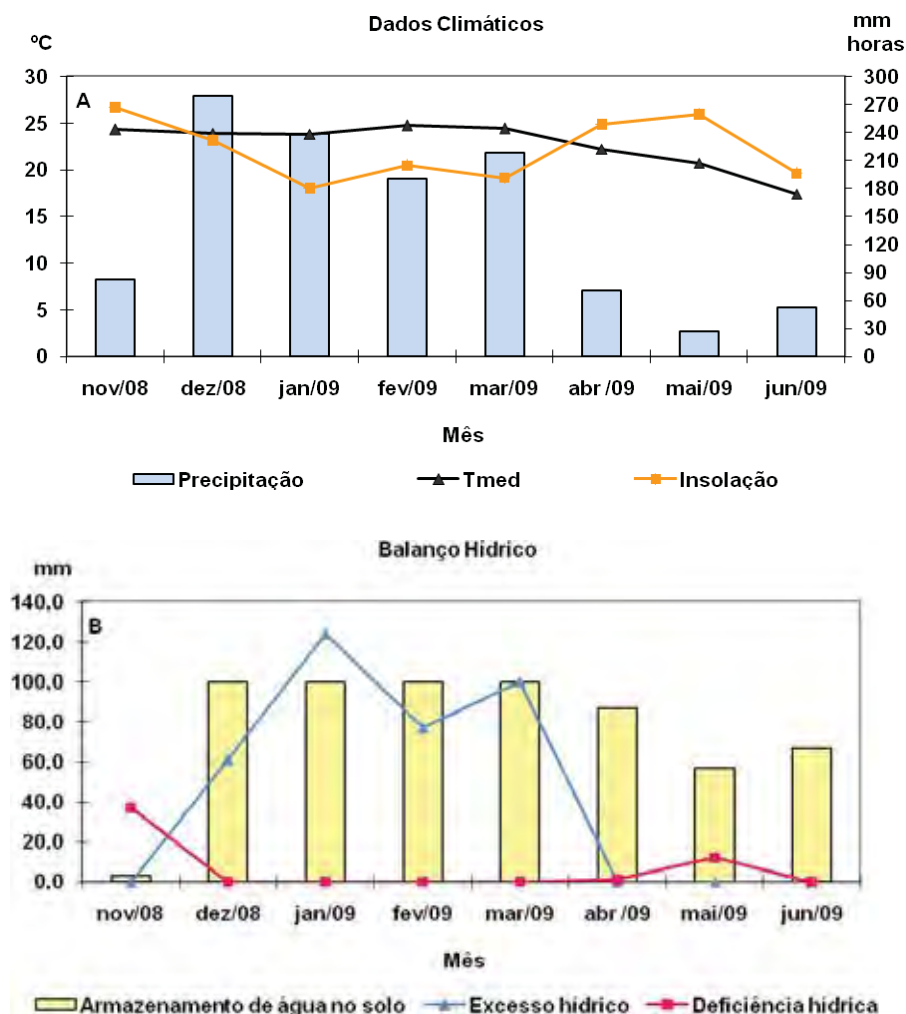


Figura 8. A - precipitação pluvial, temperatura média e insolação durante o período experimental. B – armazenamento de água no solo, excesso e deficiência hídrica durante o período experimental.

3.6. Variáveis avaliadas

Foram coletadas 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 3A, Capítulo 2), que foi introduzido a uma profundidade aproximada de 15 cm da superfície do solo. Primeiro, a parte aérea da amostra foi retirada e, depois, o cilindro era introduzido no solo para a retirada das raízes e solo (Figura 3B, Capítulo 2).

As amostras, assim que retiradas, foram identificadas, acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório, onde o solo e as raízes foram separados (Figura 4A, Capítulo 2) e o solo foi acondicionado em sacos plásticos, em geladeira para posterior análise enzimática. Foi retirada uma amostra de solo por parcela experimental, em nos dias de avaliações determinados.

O solo armazenado em geladeira foi levado ao laboratório de Biogeoquímica do Solo do Departamento de Tecnologia para se determinar a atividade enzimática como descrito a seguir:

- **Atividade das desidrogenases**

O método de análise utilizado foi o descrito por MELO et al. (2010) 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.

- **Atividade das proteases**

A atividade foi medida, segundo MELO et al. (2010), 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-Ciocalteu.

- **Atividade da arilsulfatase**

A atividade foi medida pelo método de MELO et al. (2010), 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.

- **Atividade da celulase**

A atividade foi medida segundo MELO et al. (2010), cujo 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.

3.7. Análise estatística

O experimento foi composto por três áreas com as diferentes cultivares de *Brachiaria* (Marandu, Xaraés e Mulato). Os tratamentos consistiram de quatro ofertas de forragem, 4, 7, 10 e 13 % do peso corporal (PC) animal. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três repetições por tratamento e parcelas subdivididas no tempo (datas de avaliação), totalizando 36 parcelas (piquetes).

Foi realizada a análise de variância e teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, para comparação de médias, utilizando-se o procedimento LS means do programa estatístico SAS (2002). Anteriormente à análise de variância foi realizado o teste de Murchly para avaliar a condição de esfericidade da matriz.

4. RESULTADOS

A atividade enzimática das desidrogenases variou em função das ofertas de forragem (OF) ($P < 0,0001$), das cultivares (cv) ($P < 0,0001$), dos dias de avaliação (DA) ($P < 0,0001$), da interação OF x DA ($P < 0,0001$) e da interação cv x DA ($P < 0,0001$).

A OF de 4% propiciou maior ($P < 0,05$) atividade das desidrogenases nos dias de avaliação 1 e 63 (Tabela 17). Nas outras OF estudadas, a maior ($P < 0,05$) atividade dessa enzima foi observada aos 63 dias, que também foi a época em que a atividade foi maior ($P < 0,05$) em todas as cv. de *Brachiaria* (Tabela 18).

Com relação ao período experimental (Tabela 17), as OF não mantiveram um padrão da atividade das desidrogenases. No primeiro dias as OF de 4 e 10%

mostraram maiores ($P<0,05$) atividades; nos dias 21 e 183, isso foi verificado na OF de 4%; no dia 42 na OF de 7% e no dia 63 na OF de 10%. Considerando-se todas as cultivares estudadas (Tabela 18), verificou-se que a maior ($P<0,05$) atividade das desidrogenases ocorreu no solo dos pastos da cv. Marandu.

Tabela 17. Atividade das desidrogenases ($\mu\text{g TFF.g}^{-1}$ solo) em pastos de *Brachiaria* de acordo com as ofertas de forragem (OF) e dias de avaliação.

OF (% PC)	Dias de avaliação				
	1	21	42	63	183
4	202,49 A a	188,55 A b	140,72 B c	208,06 C a	102,60 A d
7	166,88 B b	165,57 B b	159,47 A b	227,29 B a	87,39 B c
10	191,16 A b	166,64 B c	122,14 C d	240,40 A a	88,58 B e
13	110,21 C c	166,78 B b	118,11 C c	201,83 C a	84,14 B d

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

Tabela 18. Atividade das desidrogenases ($\mu\text{g TFF.g}^{-1}$ solo) em pastos de *Brachiaria* de acordo com as cultivares e dias de avaliação.

Cultivar	Dias de avaliação				
	1	21	42	63	183
Marandu	169,90 A b	189,19 A bc	185,65 A c	247,74 A a	126,00 A d
Xaraés	141,43 C c	162,68 B b	94,41 C d	208,20 B a	82,75 B e
Mulato	164,73 B b	163,79 B b	125,28 B c	202,25 B a	63,28 C d

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

A atividade enzimática das proteases variou em função das OF ($P<0,0001$), das cv ($P<0,0001$), dos DA ($P<0,0001$), da interação OF x DA ($P<0,0001$) e da interação cv x DA ($P<0,0001$).

Em todas as OF (Tabela 19) e cv de *Brachiaria* (Tabela 20) a maior ($P<0,05$) atividade das proteases foi observada aos 183 dias. Como observado para o comportamento da atividade das desidrogenases, as OF não mantiveram um padrão para as proteases ao longo do período de avaliação (Tabela 19). Assim, de maneira geral, as OF que mostraram altas atividades foram a de 7% (42, 63 e 183 dias) e a de 10% (1, 21, 42 e 63 dias). Na cv. Marandu foi verificada maior ($P<0,05$) atividade das

proteases no decorrer das avaliações em relação às outras cultivares com exceção do dia 42 onde a maior atividade dessa enzima foi observada pela cv. Mulato (Tabela 20).

Tabela 19. Atividade das proteases (μg tirosina. g^{-1} solo) em pastos de *Brachiaria* de acordo com as ofertas de forragem (OF) e dias de avaliação.

OF (% PC)	Dias de avaliação				
	1	21	42	63	183
4	63,81 C d	88,42 AB b	62,73 A d	74,45 A c	106,76 C a
7	74,94 B b	83,93 B b	63,86 A c	78,08 A b	133,03 A a
10	92,72 A b	98,50 A b	64,48 A d	78,39 A c	119,43 B a
13	50,70 D d	88,89 AB b	69,13 A c	52,47 B c	99,70 C a

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

Tabela 20. Atividade das proteases (μg tirosina. g^{-1} solo) em pastos de *Brachiaria* de acordo com as cultivares e dias de avaliação.

Cultivar	Dias de avaliação				
	1	21	42	63	183
Marandu	80,49 A c	108,23 A b	58,24 B d	86,01 A c	134,71 A a
Xaraés	62,96 B cd	81,49 B b	54,53 B d	65,31 B c	105,19 B a
Mulato	68,18 B c	80,08 B b	82,38 A b	68,72 B c	104,28 B a

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

A atividade enzimática da arilsulfatase variou em função das OF ($P < 0,0001$), das cv ($P < 0,0001$), dos DA ($P < 0,0001$), da interação OF x DA ($P < 0,0001$) e da interação CV x DA ($P < 0,0001$).

A atividade da arilsulfatase não diferiu ($P > 0,05$) entre os dias de avaliação na OF de 4% (Tabela 21). A OF de 7% proporcionou maior ($P < 0,05$) atividade nos 63 e 183 dias. Na OF de 10%, as maiores atividades foram encontrada nos 1 e 63 dias. Na OF de 13%, o primeiro dia diferiu ($P < 0,05$) dos outros apresentando menor atividade.

Como observado para o comportamento das enzimas desidrogenases e protease, as OF não mantiveram um padrão na arilsulfatase ao longo do período de avaliação. No 1 e 63 dias, a OF 10% apresentou maior ($P < 0,05$) atividade; nos 21 dias,

isso foi observado nas OF de 4 e 10% e nos 42 e 183 dias as maiores atividades ocorreram nas menores OF (Tabela 21).

Na cv. Marandu verificou-se maior ($P<0,05$) atividade da arilsulfatase nos 42 e 183 dias (Tabela 22). Na cv. Xaraés isso ocorreu nos 63 dias e, na cv. Mulato nos 1 e 63 dias. Também foi observada maior atividade ($P<0,05$) na cv. Marandu no decorrer das avaliações.

Tabela 21. Atividade da arilsulfatase (μg paranitrofenol. g^{-1} solo) em pastos de *Brachiaria* de acordo com as ofertas de forragem (OF) e dias de avaliação.

OF (% PC)	Dias de avaliação				
	1	21	42	63	183
4	27,73 B a	27,53 A a	27,65 A a	28,66 B a	29,69 A a
7	22,40 C c	23,18 B c	27,81 A b	31,01 B a	29,39 A ab
10	32,50 A a	29,92 A b	20,94 C d	33,68 A a	24,69 B c
13	19,78 D b	24,37 B a	24,45 B a	23,82 C a	25,29 B a

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

Tabela 22. Atividade da arilsulfatase (μg paranitrofenol. g^{-1} solo) em pastos de *Brachiaria* de acordo com as cultivares e dias de avaliação.

Cultivar	Dias de avaliação				
	1	21	42	63	183
Marandu	29,69 A c	31,19 A c	38,14 A a	34,22 A b	38,33 A a
Xaraés	19,87 C c	23,11 B b	16,48 C d	25,71 C a	18,72 C c
Mulato	27,25 B a	24,46 B b	21,03 B c	27,94 B a	24,75 B b

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

A Atividade enzimática da celulase variou em função das OF ($P<0,0001$), das cv ($P<0,0001$), dos DA ($P<0,0001$), da interação OF x DA ($P<0,0001$) e da interação CV x DA ($P<0,0001$).

As OF extremas (4 e 13%) causaram maiores ($P<0,05$) atividades da celulase nos 21 dias (Tabela 23). Na OF de 7% a maior ($P<0,05$) atividade foi observada aos 183 dias e na OF de 10% a atividade da enzima foi maior ($P<0,05$) aos 63 dias.

Como observado no comportamento das enzimas desidrogenases, proteases e arilsulfatase, as OF não mantiveram um padrão da atividade da celulase ao longo do período de avaliação. Nos dias 1 e 63 a OF de 10% apresentou maior ($P<0,05$) atividade da celulase; aos 21 dias isso foi verificado na maior OF de 4% e aos 183 dias na OF de 7% (Tabela 23).

Nas cv. Marandu e Xaraés a maior ($P<0,05$) atividade da celulase foi observada aos 21 dias e na cv. Mulato aos 183 dias (Tabela 24). Ao se analisar o decorrer do período experimental verifica-se que as cultivares não seguiram um determinado comportamento, assim como foi visto nas OF.

Tabela 23. Atividade da celulase (μg glicose. g^{-1} solo) em pastos de *Brachiaria* de acordo com as ofertas de forragem (OF) e dias de avaliação.

OF (% PC)	Dias de avaliação				
	1	21	42	63	183
4	7,80 B cd	15,50 B a	9,12 A c	6,67 C d	12,53 C b
7	6,78 B d	15,26 B b	5,98 B d	12,12 B c	18,44 A a
10	10,69 A c	14,08 B b	7,73 AB d	17,85 A a	13,82 BC b
13	7,60 B c	18,77 A a	8,54 A c	13,77 B b	15,43 B b

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

Tabela 24. Atividade da celulase (μg glicose. g^{-1} solo) em pastos de *Brachiaria* de acordo com as cultivares e dias de avaliação.

Cultivar	Dias de avaliação				
	1	21	42	63	183
Marandu	4,13 B d	17,10 A a	10,94 A c	12,82 AB b	11,27 C c
Xaraés	10,08 A c	18,48 A a	6,41 B d	11,44 B c	15,10 B b
Mulato	10,44 A c	12,14 B b	6,18 B d	13,56 A b	18,79 A a

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

5. DISCUSSÃO

A OF de 4% resultou em maior ($P<0,05$) atividade das desidrogenases nos dias 1 e 63 (Tabela 17). Nas demais OF estudadas, a maior ($P<0,05$) atividade dessas enzimas foi observada aos 63 dias, que também foi a época em que a atividade foi maior ($P<0,05$) em todas as cultivares de *Brachiaria* (Tabela 18). No dia 63, ocorrido em fevereiro, a atividade da desidrogenase maior mostra que, a quantidade de microrganismos presentes no solo era maior. As condições climáticas da época foram favoráveis à proliferação dos organismos pela alta precipitação pluvial nos meses anteriores. Esse fato fica comprovado pelo balanço hídrico (Tabela 8) dos meses de dezembro de 2008, janeiro e fevereiro de 2009, em que o armazenamento de água no solo foi de 100 mm e houve até excesso de água no solo. Assim, a atividade das desidrogenases aumentou, uma vez que varia inversamente ao potencial redox, causando aumento na atividade dessas enzimas quando ocorre inundação do solo (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Com relação ao período experimental (Tabela 17), as OF não mantiveram um padrão da atividade das desidrogenases. No primeiro dia, as OF de 4 e 10% apresentaram maiores ($P<0,05$) atividades; nos dias 21 e 183, isso foi verificado na OF de 4%; nos dias 42, na OF de 7% e nos dias 63, na OF de 10%. Dessa forma, durante o decorrer do período experimental, foram observadas oscilações cíclicas da atividade das desidrogenases. Isso, provavelmente, se deve ao número de microrganismos que são responsáveis pela ciclagem de nutrientes que ocorre no solo. Quando há substrato de qualidade em quantidade, ocorre acréscimo no número de microrganismos e com isso há maior eficiência na ciclagem de nutrientes. Tais microrganismos vão influenciar na atividade das enzimas desidrogenases, uma vez que estas são produzidas somente em células vivas, o que a faz um bom indicativo da atividade biológica do solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

De todas as cultivares estudadas (Tabela 18), verificou-se que a maior ($P<0,05$) atividade das desidrogenases ocorreu no solo dos pastos da cv. Marandu. Isso pode ter ocorrido porque essa gramínea possui hábito de crescimento decumbente, promovendo

boa cobertura do solo com o decorrer do tempo, o que possibilita a manutenção do teor de umidade no solo que, por sua vez, aumenta a atividade da enzima. Esses resultados são comprovados por QUILCHANO & MARANÓN (2002) e RALTE et al. (2005) que afirmaram que o aumento da atividade das desidrogenases está relacionada com o aumento de conteúdo de umidade no solo.

Em todas as OF (Tabela 19) e cv. de *Brachiaria* (Tabela 20), a maior ($P < 0,05$) atividade das proteases foi observada aos 183 dias. Essa data de avaliação ocorreu em junho, tendo uma variação na amostragem de 90 dias em relação às outras avaliações. Dessa forma, os pastos dessa época possuíam maior massa de forragem, tanto vivo quanto morta e, conseqüentemente, maior cobertura do solo. Alguns estudos comprovam que a cobertura morta, formada pelo acúmulo de resíduos vegetais nas camadas superficiais, diminui as oscilações da temperatura e da umidade na superfície do solo e contribui na manutenção de temperaturas mais amenas e maior retenção de água no solo em períodos quentes e de estiagem prolongadas (LEVIEN, 1999; COLOZZI-FILHO, 2000). Isso se confirma pelos dados de balanço hídrico do período experimental, onde se observa que, mesmo com a baixa precipitação pluvial dos meses de abril e maio, o armazenamento de água no solo não foi comprometido (Figura 8).

Como observado no comportamento da atividade das desidrogenases, as OF não mantiveram um padrão da atividade das proteases ao longo do período de avaliação (Tabela 19). Assim, de maneira geral, as OF que obtiveram altas atividades foram as de 7% (42, 63 e 183 dias) e 10% (1, 21, 42 e 63 dias). As OF de 4 e 13% são caracterizadas, respectivamente, por alta e baixa intensidade de pastejo. Assim, em pastos sob a menor OF, ocorre maior desfolhação, promovendo maior entrada de luz no dossel e cobertura da superfície do solo, o que contribui para a perda de umidade do solo e menor atividade enzimática. Além disso, em maior intensidade de pastejo os animais aproveitam mais a forragem disponível, não ocorrendo perdas de massa, que é o substrato na atividade dos microrganismos. A soma desses fatores implica em menor atividade enzimática.

A influência da intensidade de pastejo na atividade das proteases também foi verificada por outros autores. GARCIA & NAHAS (2007) estudaram os efeitos da

lotação de ovinos na biomassa e na atividade microbiana em solo de *Cynodon spp.* cv. Tifton-85 e verificaram que houve diminuição significativa da atividade proteolítica em pastos com baixa lotação (menor intensidade de pastejo), seguidos pelos pastos sem animais e, por último, 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.

Na cv. Marandu foi verificada maior ($P<0,05$) atividade das proteases no decorrer das avaliações, com exceção do dia 42, onde a maior atividade foi observada na cv. Mulato (Tabela 20). Assim, as gramíneas que possuem crescimento decumbente e, por consequência, maior cobertura do solo, propiciaram ambiente favorável à atividade enzimática. Isso ocorreu principalmente aos 21 dias (segundo pastejo), no qual o período de descanso anterior foi de grande pluviosidade, com média de 231 mm no mês (dezembro). A temperatura e a umidade podem influir no crescimento dos microrganismos do solo, acelerando a decomposição da matéria orgânica. INSAM (1990) verificou que existe relação estreita entre as condições climáticas e a biomassa microbiana do solo, favorecendo a decomposição.

A OF de 7% (Tabela 21) resultou em maior ($P<0,05$) atividade da arilsulfatase nos dias 63 e 183; na OF de 10%, as maiores atividades dessa enzima foram encontradas nos dias 1 e 63. Nas OF extremas (4 e 13%) houve maiores ($P<0,05$) atividades da arilsulfatase aos 21 dias (Tabela 23). Na OF de 7% a maior ($P<0,05$) atividade foi observada aos 183 DA e na OF de 10% a atividade da enzima foi maior ($P<0,05$) aos 63 DA.

Dessa forma, como explicado anteriormente, os períodos de maior armazenamento de água no solo propiciaram maior atividade enzimática. De acordo com MOREIRA & SIQUEIRA (2006), a mineralização do enxofre é influenciada por todos os fatores que afetam o crescimento e a atividade microbiana no solo, entre eles, pelos fatores ambientais como umidade, pH, temperatura e potencial redox do solo. Esses autores também comentam que a mineralização é máxima entre temperatura de 20 e 40°C, decrescendo muito acima de 40 e abaixo de 10°C.

Na cv. Marandu verificou-se maior ($P<0,05$) atividade da arilsulfatase nos dias 42 e 183 (Tabela 22). Na cv. Xaraés, isso ocorreu aos 63 dias e na cv. Mulato nos dias 1 e 63. Também foi observada maior atividade ($P<0,05$) na cv. Marandu no decorrer das avaliações. Como explicado anteriormente, a cv. Marandu, por suas características de crescimento, propicia um ambiente mais favorável ao desenvolvimento dos microrganismos.

De modo geral, nos primeiros 21 dias as cv. Marandu e Xaraés mostraram atividades de 17,10 e 18,48 $\mu\text{g glicose.g}^{-1}$ solo para a atividade da celulase e 18,79 $\mu\text{g glicose.g}^{-1}$ solo aos 183 dias na cv. Mulato. Assim, o cv. Xaraés, por possuir um crescimento mais cespitoso, não proporciona boa cobertura do solo, quando comparado às cultivares Marandu e Mulato. Possivelmente, a cv. Xaraés não foi capaz de manter a umidade do solo e a boa atividade enzimática, como as outras gramíneas no decorrer do experimento, principalmente a Marandu.

A atividade da celulase sofreu oscilações no decorrer do experimento. Pode-se inferir que as OF e cultivares estudadas não produziram quantidade suficiente de material orgânico para promover diferença entre os tratamentos. Isso pode ter ocorrido devido ao pouco tempo de avaliação. MARCHIORI JÚNIOR & MELO (1999) verificaram em área sob pastagem por 25 anos, atividades de celulase 47 e 74% maiores do que as encontradas no solo sob mata natural, nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, respectivamente. Os autores afirmam que as diferenças de atividade da enzima parecem estar relacionadas com o tipo de gramínea cultivada, em pastagem por 20 anos, o *Panicum maximum* e, em pastagem por 25 anos, a *Brachiaria decumbens*.

Como observado no comportamento das enzimas desidrogenases, proteases e arilsulfatase, as OF não mantiveram um padrão de atividade da celulase ao longo do período de avaliação. Isso demonstra que é necessário maior tempo de estudo para que os tratamentos reflitam com maior especificidade em relação ao comportamento das enzimas.

6. CONCLUSÕES

As ofertas de forragem estudadas afetaram a atividade enzimática no solo dos pastos de cultivares de *Brachiaria*, porém não ocorreu um padrão dessa atividade.

Dentre as cultivares utilizadas, a Marandu é mais indicada em fornecer melhores condições para os microrganismos responsáveis pela atividade das enzimas desidrogenase, arilsulfatase e protease.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COLOZZI-FILHO, A. Plantio direto: microrganismos e processos. In: Associação de Plantio Direto no Cerrado. **Atualização em fertilidade e biodinâmica no sistema plantio direto**. Brasília: APDC, p. 29-42, 2000.

DICK, R. P. Soil enzymes activities as integrative indicator of soil health. In: PANKHURST C.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R. (Org) **Biological indicators of soil health**. New York: CAB, p. 121-155, 1997.

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.

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

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.

INSAM, H. Are the soil microbial biomass and basal respiration governed by the climatic regime? **Soil Biology and Biochemistry**, v. 22, p. 525-532, 1990.

KENNEDY, A. & DORAN, J. Sustainable agriculture: role of microorganisms. In: BITTON, G. (Org.) **Encyclopedia of Environmental Microbiology**. New York: John Wiley & Sons, p. 3.116-3.126, 2002.

LEVIEN, R. **Condições de cobertura e métodos de preparo do solo para a implantação da cultura do milho (*Zea mays* L.)**. Tese (Doutorado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 305p. 1999.

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.

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) **Biotechnologia aplicada à agricultura**. Brasília, EMBRAPA. Informação tecnológica, Recife, Instituto Agrônomo 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.

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

SAS, **Statistical Analyses System Institute** “*SAS User’s Guide: Statistic*”. SAS Institute INC., Cary, NC, 2002.

SCHMITZ, J. A. K. **Indicadores biológicos de qualidade do solo**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 234p. 2003.

VOLPE, C. A. & CUNHA, A. R. Dados meteorológicos de Jaboticabal no período de 1971-2000. In: Fórum de estudos dos problemas referentes às Mudanças Mesoclimáticas no Município de Jaboticabal, 1, Jaboticabal. Relatório final. Jaboticabal, Comissão de Assuntos Relevantes da Câmara Municipal de Jaboticabal, 2008. CD-ROM.

CAPÍTULO 4 – CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E FLUXO DE CARBONO EM PASTAGENS DE CLIMA TEMPERADO MANEJADAS SOB PASTEJO E CORTE

1. RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar a massa seca de forragem, o índice de área foliar (IAF), o índice de nutrição em nitrogênio (INN), a massa seca de raízes e o fluxo de carbono em pastos consorciados de *Festuca arundinacea*, *Perennial ryegrass*, *Dactylis glomerata* e *Trifolium repens* sob manejo de pastejo e corte, entre os anos de 2006 e 2008. Os dados são parte de um experimento que vem sendo desenvolvido no INRA da região de Poitou-Charentes, França. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado. De modo geral, os cortes e pastejos ocorridos na primavera apresentaram maiores massas secas de forragem. Os IAFs refletiram a diferença entre o corte feito com máquina e o processo de bocado exercido pelo animal em pastejo. A máquina, corta a vegetação numa única altura, proporcionando um IAF remanescente homogêneo facilitando a rebrota da planta. Já no processo de pastejo, o ruminante apreende a forragem em diferentes alturas e quantidades. Dessa forma, ele modifica a estrutura do dossel forrageiro de tal forma que no final do período de ocupação restará na pastagem, alguns perfilhos mais pastejados e outros menos. Os INNs variaram de acordo com a fertilização nitrogenada, já que o nitrogênio é um mineral essencial nos processos fotossintéticos. Então, conforme o dossel vegetativo o utiliza no desenvolvimento, o INN diminui e quando o nitrogênio é disponibilizado a planta em forma de adubo e ela o absorve, o INN aumenta. Com relação à massa seca de raízes, observa-se que, independente do tratamento e da época de amostragem, as massas das raízes diminuíram com o aumento da profundidade, indicando maior presença de raízes nos primeiros 30 cm em relação à superfície do solo. Os dados de fluxo de carbono mostraram que durante fases de estresse, o dossel forrageiro tende a respirar mais, perdendo mais carbono para a atmosfera, não acumulando na forma de reservas. O manejo de corte é o mais indicado quando se preconiza obter um IAF mais adequado para facilitar o crescimento do dossel forrageiro após o corte. O manejo de pastejo é o mais indicado quando se considera manter o INN do pasto mais alto. O pastejo implica em menor acúmulo de reservas orgânicas, porém, em contrapartida, acumula maior quantidade de carbono em forma de resíduos vegetais. O fluxo de carbono da área manejada sob pastejo foi mais satisfatório. As estações do ano com condições climáticas bem definidas influenciam de forma direta o fluxo de carbono (fotossíntese e respiração) das plantas forrageiras das regiões temperadas.

Palavras-chave: estações do ano, índice de área foliar, índice de nutrição em nitrogênio, massa, raízes

2. INTRODUÇÃO

O aquecimento global, apresentado como tendência mundial (IPCC, 2007a), é o resultado do efeito estufa aumentado, decorrente da interferência antrópica sobre a emissão de gases de efeito estufa em nível acima da capacidade de absorção pelos ecossistemas naturais. Isso tem resultado na elevação da concentração dos gases dióxido de carbono, metano e óxido nitroso, em que o gás carbônico figura como o principal gás responsável pelo efeito estufa, representando 77% da emissão antropogênica (IPCC, 2007b).

Considera-se que as pastagens possuem potencial para sequestrar grandes quantidades de carbono no solo, portanto, o tipo de manejo dispensado pode representar a diferença entre contribuir ou não para a elevação do efeito. Dentro disso, o crescimento do dossel forrageiro, após desfolhação, vai depender da recuperação da área foliar e do sistema radicular. De acordo com LEMAIRE & CHAPMAN (1996), O papel das raízes, como um dreno de assimilados e sua interação com o suprimento de carbono de toda a plant, 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.

O sistema radicular desenvolve-se sob a influência de diversos fatores, como a forma de utilização da pastagem, presença de pragas e moléstias, competição com outras plantas, presença de microrganismos e de aspectos que irão determinar a intensidade de crescimento e o potencial de extração de nutrientes pelas raízes (CECATO et al., 2001). Esses mesmos autores comentaram que, 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. A relação entre a área foliar e a área de solo ocupada por ela, é chamado de Índice de área foliar (PEREIRA E MACHADO, 1987). Segundo RODRIGUES et al. (2006), à medida que a área foliar cresce, o IAF também cresce, até atingir um ótimo, a partir do qual o auto-sombreamento passa a ser prejudicial, diminuindo muito as taxas fotossintéticas de certo número de folhas. De acordo com esses autores, geralmente, o IAF ótimo ocorre nas primeiras fases do crescimento, quando o autosombreamento é

mínimo, mas é muito difícil de ser definido à priori, pois esse será sempre uma função das condições ambientais predominantes durante o crescimento da cultura.

O nitrogênio é um dos nutrientes mais limitantes do crescimento de plantas. LEMAIRE et al. (2008) afirmaram que as restrições ambientais para a agricultura indicam que o manejo de fertilizantes nitrogenados deve ser ajustado para as necessidades de nitrogênio (N) das culturas, que são determinadas pela produção a ser alcançada. Uma ferramenta utilizada para diagnosticar o manejo das culturas, entre elas, as pastagens, com base na concentração de N nas plantas, é o Índice de Nutrição em Nitrogênio. O status de nitrogênio das pastagens não é apenas uma medida da produtividade, mas também do potencial em poluir o ambiente através de perdas de N (FARRUGIA et al., 2004). Segundo esses autores, a fim de minimizar as perdas, o fornecimento de N deve permanecer abaixo do potencial de absorção do relvado.

Dentro do exposto, o objetivo deste estudo foi analisar a massa seca de forragem, o índice de área foliar, o índice de nutrição em nitrogênio, a massa seca de raízes e o fluxo de carbono em pastos consorciados de *Festuca arundinacea*, *Perennial ryegrass*, *Dactylis glomerata* e *Trifolium repens* sob manejo de pastejo e corte entre os anos de 2006 e 2008.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local e Período experimental

Os dados apresentados e analisados são parte de um experimento que vem sendo desenvolvido no Instituto Nacional de Pesquisa Agronômica (INRA) da região de Poitou-Charentes, sítio de Rouillé-Lusignan, na França. A área está localizada a 46°25'3.14" N de latitude, 0°07'9.46" E de longitude e 152 m de elevação.

Essa pesquisa teve início em 2005, sendo um projeto de longo prazo. Como parte dessa tese foram estudados os dados referentes aos anos de 2006, 2007 e 2008.

3.2. Plantas forrageiras utilizadas e área experimental

Foi utilizado o consórcio de três gramíneas forrageiras perenes: *Festuca arundinacea*, *Perennial ryegrass* e *Dactylis glomerata*, e de uma leguminosa forrageira também perene: *Trifolium repens*.

A *Festuca arundinacea* (Schreb.) é uma gramínea perene utilizada em regiões de clima mais frio, para pasto permanente e feno, formando um relvado com folhas lisas e largas. É uma espécie adaptada a vários tipos de clima e solo, além de resistir a variações de temperatura e a seca devido a seu sistema radicular, que é capaz de captar água em grandes profundidades.

O *Perennial ryegrass* ou *Lolium perenne* é uma gramínea forrageira utilizada em cultivo solteiro ou consórcio, principalmente com trevo branco. Possui bom desenvolvimento em condições climáticas úmidas e suas raízes são fortes, permitindo pisoteio animal e boa estruturação do solo. É uma planta mais utilizada em pastejo, no entanto, pode ser utilizado como feno ou no processo de ensilagem.

O *Dactylis glomerata* é uma gramínea caracterizada por boa produção de matéria seca e apesar de se adaptar bem em solos secos, podendo ser implantada em diferentes tipos de clima e solo. Suas raízes se concentram nos primeiros 30 centímetros de profundidade, o que lhe permite aproveitar melhor as chuvas de verão em relação às outras espécies forrageiras.

O *Trifolium repens* ou trevo branco possui grande potencial de produção de matéria seca de qualidade. É uma leguminosa perene, rasteira, estolonífera, típica de regiões temperadas e pode ser utilizada diretamente como pastagem. Apesar de existir trevo branco nas áreas experimentais, pela análise visual, foi observado que sua contribuição não foi significativa como das gramíneas.

3.3. Tratamentos e manejo utilizado

Os tratamentos utilizados foram pastejo e corte mecânico. No manejo de pastejo, foram utilizadas vacas da raça Holandesa, numa área de 3,3 hectares. Já no tratamento

de corte, a altura adotada foi de 6 cm, numa área de 3,1 hectares. Na área submetida ao pastejo foram realizados cinco ciclos de pastejo em 2006, oito em 2007 e nove em 2008. Já na área de corte mecânico, ocorreram três cortes em 2006, cinco em 2007 e três em 2008. As datas referentes aos pastejos e cortes estão especificadas na Tabela 25.

Tabela 25. Datas dos pastejos e dos cortes das pastagens de clima temperado entre os anos de 2006 e 2008.

Pastejo		
2006	2007	2008
11 de abril	19 de março	25 de março
19 de maio	16 de abril,	28 de abril
03 de julho	16 de maio	19 de maio
02 de outubro	14 de junho	16 de junho
16 de novembro	15 de julho	15 de julho
	20 de agosto	11 agosto
	17 de setembro	12 de setembro
	22 de outubro	27 de outubro
		01 de dezembro
Corte		
2006	2007	2008
17 de março	23 de abril	19 de maio
07 de julho	05 de junho	30 de junho
24 de outubro	17 de julho	15 de setembro
	10 de setembro	
	12 de novembro	

Na área submetida ao pastejo foi realizada uma adubação nitrogenada em 2006 (24 de maio), quatro em 2007 (22 de fevereiro, 27 de março, 19 de junho e 20 de setembro) e quatro em 2008 (29 de janeiro, 25 de maio, 28 de julho e 17 de setembro). Já na área de corte mecânico foi realizada uma adubação nitrogenada em 2006 (2º de setembro) e quatro em 2007 (27 de abril, 12 de junho, 26 de julho e 20 de setembro). A adubação nitrogenada era feita na forma de nitrato de amônio, nos dois tipos de manejo estudados.

3.4. Variáveis avaliadas

- **Massa seca de forragem**

A massa seca de forragem foi avaliada através de 6 amostras de 7,5 m². As amostras foram secas em estufa a 70°C por 48 horas. As avaliações foram realizadas antes da entrada dos animais na área (tratamento pastejo) e no momento do corte (tratamento corte) nos anos de 2006, 2007 e 2008.

- **Índice de área foliar (IAF)**

As avaliações do IAF foram feitas em dezesseis pontos por parcelas, divididos ao longo de um transecto em cruz, em cada época de avaliação. Sendo oito medidas realizadas sobre a diagonal 1 e oito sobre a diagonal 2, como exemplificado na Figura 9.

O aparelho utilizado nas avaliações do IAF (Figura 10) foi um analisador de dossel LI-COR, modelo LAI 2000 (LI-COR, Lincoln Nebraska, EUA), cujo funcionamento foi descrito por WELLES & NORMAN (1991) e que permite amostragens rápidas e não-destrutivas. As avaliações foram realizadas no decorrer dos meses dos anos de 2006, 2007 e 2008, e as datas de cada avaliação serão especificadas no item Resultados e Discussão.

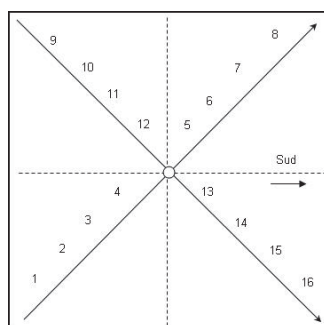


Figura 9. Locais das medições de índice de área foliar.



Figura 10. Analisador de dossel LI-COR, modelo LAI 2000.

• Índice de nutrição em nitrogênio (INN)

O INN é utilizado para avaliar o status de N do relvado em relação à taxa de crescimento (LEMAIRE & GASTAL, 1997). O método baseia-se no cálculo do INN a partir do conteúdo de nitrogênio da camada superior da parte aérea do dossel forrageiro através da equação: $INN = 0,264 * \%N - 0,106$.

As amostragens de folhas para cálculo da porcentagem de nitrogênio foram feitas em quatro pontos por parcela. Eram coletadas as folhas dos 10 cm superiores da cobertura vegetal (FARRUGIA et al., 2004). Essas folhas foram secas em estufa a 70°C por 48 horas e moídas. Em seguida, o teor de N foi analisado por cromatografia gasosa, onde se utilizava aproximadamente 3 mg de amostra. As avaliações foram realizadas no decorrer dos meses dos anos de 2006, 2007 e 2008, e as datas de cada avaliação serão especificadas no item Resultados e Discussão.

• Massa seca de raízes

A massa seca de raízes foi avaliada a partir de doze pontos de amostragens divididos em duas diagonais, da mesma forma como se procedeu nas leituras do IAF. Em cada ponto, a amostragem era feita por um escavador mecânico com um amostrador de solo de 6,5 cm de diâmetro. Sobre cada ponto de coleta, três amostras foram coletadas sucessivamente a 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm de profundidade. Em

seguida, as raízes foram lavadas sobre uma sucessão de peneiras de 500 μm e 200 μm para não ocorrer perdas. Depois de lavadas, as frações das raízes foram secas em estufa a 70°C. As avaliações foram realizadas em dezembro de 2005, março e novembro de 2006, fevereiro de 2007 e fevereiro de 2008.

• Fluxo de carbono

Os fluxos de CO_2 foram medidos pelo método de fluxos turbulentos (do inglês, eddy covariance) (BRUNET et al. 1995 e AUBINET et al. 2000). O dispositivo de medida era composto essencialmente por um anemômetro sônico 3D (modelo R3-50, McGill, UK) e um analisador de $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ (Licor 7500, USA), como mostrado na Figura 11. Esses dois instrumentos eram colocados a uma altura de 1,8 m sobre um mastro localizado ao centro das parcelas experimentais. As medidas de três componentes direcionais de velocidade de deslocamento do ar e do teor em $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$, foram registradas a uma frequência de 50 Hz. Os dados foram tratados pelo grupo de bioclimatologistas do INRA Grignon.

Um fluxo médio de $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ acima da parcela foi calculado por um período de tempo de 30 minutos. Depois, esse fluxo médio era integrado ao longo do dia, mês e ano. O tratamento dos dados incluiu, também, a estimativa de um fluxo de respiração, a partir dos fluxos de respiração medidos em período noturno, extrapolados para o dia por uma relação não linear da temperatura (REICHSTEIN et al., 2005) ou pela relação com a radiação solar (SUYKER & VERMA, 2001). O cálculo permitiu determinar o fluxo bruto de assimilação de CO_2 (GPP para gross primary productivity), o fluxo de respiração (RESP) e o fluxo líquido de assimilação de CO_2 (NEE para net exchange rate).

As medidas climáticas utilizadas nos cálculos do fluxo de carbono (radiação solar visível e global, temperatura, umidade do ar, pluviosidade e vento) foram medidos por outro dispositivo implantado nas parcelas (Figura 12).



Figura 11. Dispositivo de medida de fluxo de CO_2 pelo método dos fluxos turbulentos: anemômetro sônico 3D e analisador $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$.



Figura 12. Dispositivo de medida de dados climáticos.

Os dados de fluxo de carbono foram separados por tratamento, uma vez que, na discussão, os dados foram divididos em períodos de acordo com as datas dos pastejos e dos cortes. Assim, no tratamento pastejo, nesses períodos, chamados de P, não foram considerados os dias de ocupação da área pelos animais e, no tratamento corte, cada período, chamado de C, foram do dia do corte da biomassa aérea até o dia anterior ao próximo corte. Os dados serão discutidos nos anos de 2006, 2007 e 2008.

3.5. Análise estatística

O experimento foi composto por dois tratamentos: pastejo e corte. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado. Nas variáveis massa seca de forragem, índice de área foliar, índice de nutrição em nitrogênio e massa seca de raízes foi realizada a análise de variância e teste t na comparação de médias, utilizando-se o Proc GLM do programa estatístico SAS (2002).

Nas medidas de massa seca de forragem, utilizaram-se 6 repetições por tratamento; nas medidas de IAF, utilizaram-se dezesseis repetições por tratamento; nas medidas de INN, utilizaram-se quatro repetições por tratamento; na massa seca de raízes, utilizaram-se doze repetições por tratamento. Em cada variável, realizou-se análise estatística em cada ano de coleta de dados.

Na variável fluxo de carbono, não se aplicou análise estatística porque não havia repetição das medidas devido ao fato de serem baseadas num único dispositivo de medida, como explicado anteriormente.

4. RESULTADOS

4.1. Massa seca de forragem

A massa seca de forragem variou ($P < 0,0001$) em função das datas de avaliações nos três anos de estudo, tanto em corte quanto em pastejo.

No manejo de corte, o maior ($P < 0,05$) valor de massa seca foi encontrado em março no ano de 2006, em abril no ano de 2007 e em maio no ano de 2008 (Figura 13).

No manejo de pastejo, a maior ($P < 0,05$) massa seca de forragem foi obtida em maio, nos anos de 2006 e 2007. No ano 2008, nas avaliações de abril a outubro, as massas secas foram maiores ($P < 0,05$), quando comparadas com os meses de março e dezembro (Figura 14).

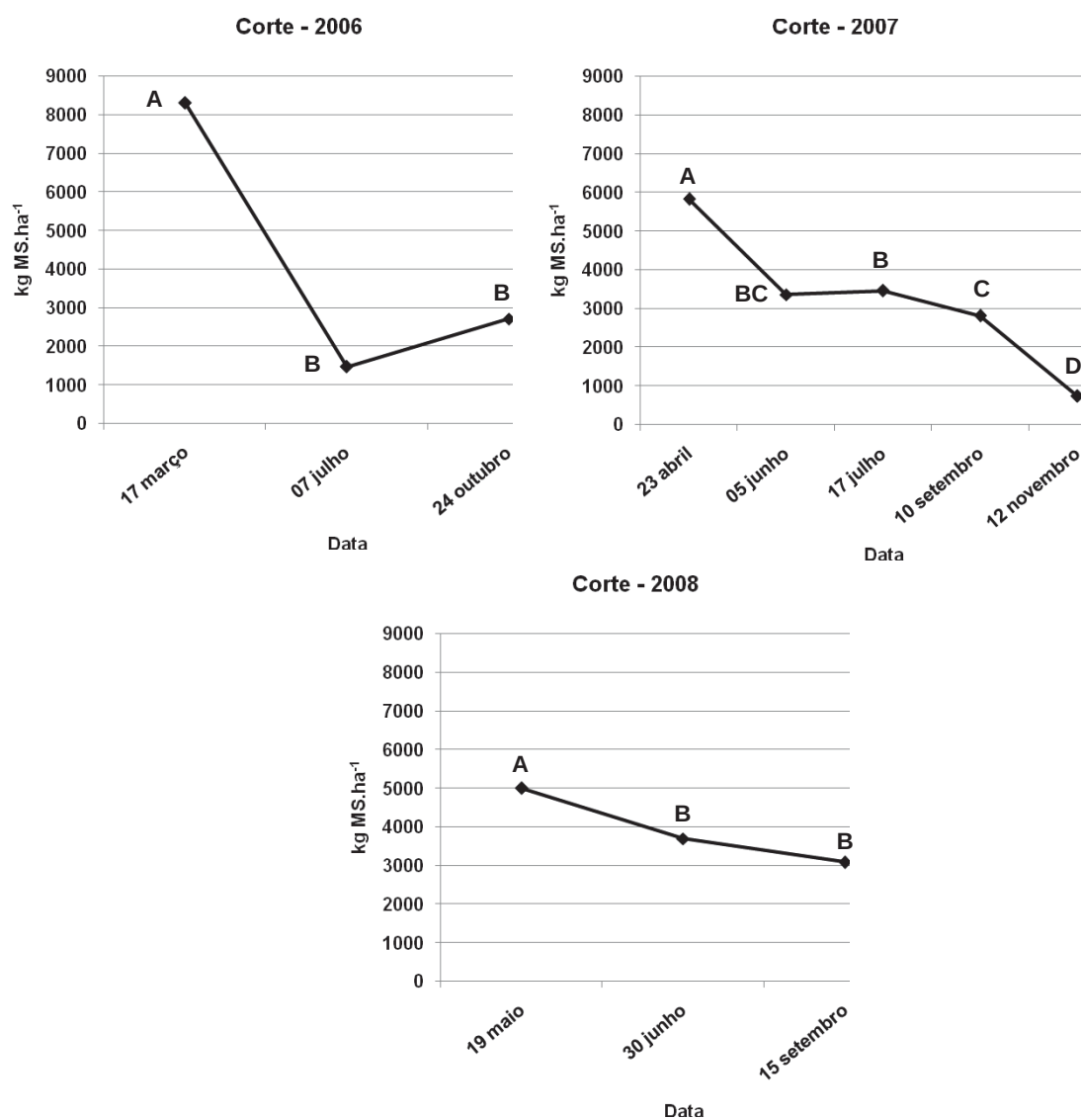


Figura 13. Distribuição da massa seca de forragem (kg MS.ha⁻¹) na área manejada sob corte em pastos consorciados na França entre os anos de 2006 e 2008.

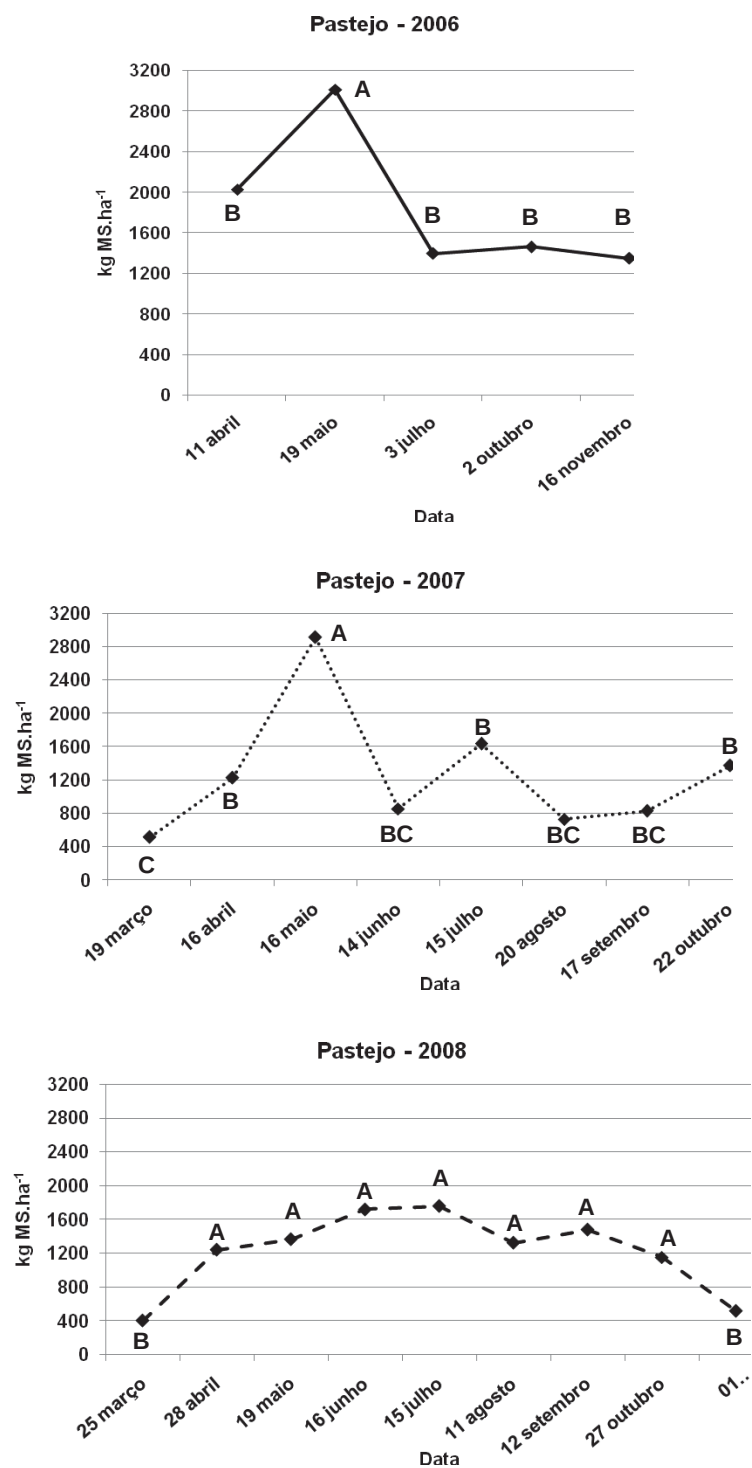


Figura 14. Distribuição da massa seca de forragem (kg MS.ha⁻¹) na área manejada sob pastejo em pastos consorciados na França entre os anos de 2006 e 2008.

4.2. Índice de área foliar (IAF)

O IAF no ano de 2006 foi maior ($P<0,05$) na área manejada sob corte do que na área submetida ao pastejo, nas amostragens de 6 de junho, 3 de julho, 23 de setembro e 14 de outubro (Tabela 26). Somente em 13 de novembro o tratamento pastejo apresentou maior ($P<0,05$) IAF. Nas demais épocas não se detectaram diferenças entre os tratamentos.

Tabela 26. Índice de área foliar (IAF) nas áreas manejadas sob corte e pastejo em pastos consorciados na França no ano de 2006.

Data	Corte	Pastejo	P
15 março	1,51	---	---
29 março	3,10	---	---
7 abril	3,02	---	---
18 abril	4,43	---	---
21 abril	---	1,32	---
2 maio	---	2,72	---
12 maio	---	3,06	---
30 maio	0,66 A	0,71 A	0,6831
6 junho	1,18 A	0,79 B	0,0142
16 junho	1,48 A	1,27 A	0,2186
26 junho	2,89 A	2,38 A	0,0800
3 julho	2,71 A	1,96 B	0,0321
28 julho	0,64 A	0,55 A	0,3276
8 agosto	0,91 A	0,75 A	0,2015
21 agosto	0,99 A	0,79 A	0,0746
1 setembro	1,91 A	1,63 A	0,1827
23 setembro	2,67 A	1,76 B	0,0125
14 outubro	4,22 A	1,76 B	<0,0001
26 outubro	---	2,41	---
13 novembro	1,26 B	3,90 A	<0,0001
1 dezembro	1,84	---	---

As médias seguidas de mesma letra na mesma linha não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade.

Em 2007, a área manejada sob corte obteve valores de IAF maiores ($P < 0,05$) em 4 de abril, 1 de junho, 19 de junho, 29 de agosto e 08 de setembro (Tabela 27). Em 20 de fevereiro, 4 e 14 de maio, 26 de setembro e 19 de outubro, o tratamento pastejo apresentou maior ($P < 0,05$) IAF. Nas demais épocas não se detectaram diferenças entre os tratamentos.

Tabela 27. Índice de área foliar (IAF) nas áreas manejadas sob corte e pastejo em pastos consorciados na França no ano de 2007.

Data	Corte	Pastejo	P
19 janeiro	2,89 A	2,44 A	0,0899
31 janeiro	2,27 A	2,35 A	0,8291
20 fevereiro	0,73 B	2,20 A	<0,0001
21 março	4,21	---	---
4 abril	3,55 A	1,27 B	<0,0001
20 abril	4,67	---	---
4 maio	1,08 B	3,05 A	<0,0001
14 maio	3,24 B	4,01 A	0,0122
1 junho	4,93 A	1,21 B	<0,0001
19 junho	1,87 A	1,14 B	0,0014
9 julho	4,70	---	---
30 julho	1,50 A	1,61 A	0,6617
14 agosto	2,53 A	2,14 A	0,2055
29 agosto	3,92 A	1,88 B	<0,0001
8 setembro	3,84 A	2,73 B	0,0037
26 setembro	1,02 B	1,93 A	0,0004
19 outubro	2,10 B	2,77 A	0,0263
11 novembro	2,00 A	1,99 A	0,9828
26 dezembro	0,20 A	0,19 A	0,7727

As médias seguidas de mesma letra na mesma linha não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade.

Nas datas de 1 e 17 de abril, 6 de maio, 28 de junho, 30 de julho, 26 de agosto, 31 de outubro, 26 de novembro e 9 de dezembro de 2008, os IAF foram maiores ($P < 0,05$) na área de corte do que na de pastejo (Tabela 28). Somente em 11 de julho o tratamento pastejo apresentou maior ($P < 0,05$) IAF. Nas demais épocas não se detectaram diferenças entre os tratamentos.

Tabela 28. Índice de área foliar (IAF) nas áreas manejadas sob corte e pastejo em pastos consorciados na França no ano de 2008.

Data	Corte	Pastejo	P
21 janeiro	0,75 A	0,72 A	0,8240
11 fevereiro	0,68 A	0,66 A	0,7783
6 março	1,06 A	1,11 A	0,8030
1 abril	2,54 A	0,75 B	<0,0001
17 abril	3,29 A	2,04 B	<0,0001
6 maio	2,94 A	1,05 B	<0,0001
29 maio	1,15 A	1,11 A	0,8239
12 junho	3,20 A	3,36 A	0,5905
28 junho	5,40 A	2,53 B	<0,0001
11 julho	1,91 B	4,33 A	<0,0001
30 julho	2,89 A	1,96 B	0,0022
26 agosto	4,00 A	1,92 B	<0,0001
14 outubro	2,48 A	2,49 A	0,9482
31 outubro	3,10 A	2,13 B	<0,0001
26 novembro	3,23 A	2,53 B	0,0445
9 dezembro	2,38 A	1,38 B	0,0009

As médias seguidas de mesma letra na mesma linha não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade.

4.3. Índice de nutrição em nitrogênio (INN)

Nos primeiros meses de 2006, somente o tratamento corte teve o índice INN avaliado e apresentou valores entre 0,78 e 0,98. A partir de 25 de abril, os dois tratamentos passaram a ser caracterizados quanto ao INN (Tabela 29) e, nessa data, a área sob pastejo obteve maior ($P<0,05$) INN. Nas datas de 12 e 26 de julho e 5 de outubro, na área manejada sob corte foi observado maior ($P<0,05$) INN em relação à área de pastejo. Nas demais épocas não se detectaram diferenças entre os tratamentos.

Tabela 29. Índice de nutrição em nitrogênio (INN) nas áreas manejadas sob corte e pastejo em pastos consorciados na França no ano de 2006.

Data	Corte	Pastejo	P
13 janeiro	0,81	---	---
13 fevereiro	0,64	---	---
6 março	0,93	---	---
20 março	0,91	---	---
3 abril	0,98	---	---
14 abril	0,78	---	0,0239
25 abril	0,71 B	0,97 A	0,1074
5 maio	0,62 A	0,70 A	0,6360
17 maio	0,57 A	0,56 A	0,4842
1 junho	0,72 A	0,79 A	0,4444
15 junho	0,79 A	0,83 A	0,0757
30 junho	0,84 A	0,79 A	0,0002
12 julho	0,83 A	0,58 B	0,0111
26 julho	0,76 A	0,62 B	0,6668
10 agosto	0,81 A	0,79 A	0,0680
28 agosto	0,83 A	0,74 A	0,6905
18 setembro	0,62 A	0,63 A	0,0002
5 outubro	1,01 A	0,76 B	0,1041
15 novembro	1,03 A	0,93 A	0,4041
21 dezembro	0,84 A	0,81 A	0,0239

As médias seguidas de mesma letra na mesma linha não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade.

Nos meses fevereiro, abril, maio e dezembro de 2007 (Tabela 30), a área manejada sob pastejo obteve maior ($P < 0,05$) INN. Nas datas de 14 de agosto e 04 de outubro, a área de corte obteve maior valor ($P < 0,05$). Nas demais épocas não se detectaram diferenças entre os tratamentos.

Tabela 30. Índice de nutrição em nitrogênio (INN) nas áreas manejadas sob corte e pastejo em pastos consorciados na França no ano de 2007.

Data	Corte	Pastejo	P
18 janeiro	0,97 A	1,12 A	0,0776
22 fevereiro	0,77 B	1,09 A	<0,0001
22 março	0,72	---	---
12 abril	0,63 B	0,90 A	0,0008
4 maio	0,79 B	1,04 A	<0,0001
16 maio	0,68 B	1,00 A	<0,0001
31 maio	0,68 B	0,81 A	0,0276
21 junho	0,91 A	0,85 A	0,3154
5 julho	0,56 A	0,57 A	0,5245
30 julho	0,82	---	---
7 agosto	0,84 A	0,76 A	0,4661
14 agosto	0,72 A	0,58 B	0,0052
24 agosto	0,69 A	0,67 A	0,6906
3 setembro	0,57 A	0,72 A	0,1387
20 setembro	0,58 A	0,51 A	0,1467
4 outubro	1,02 A	0,76 B	0,0003
18 outubro	0,98 A	0,88 A	0,1790
8 novembro	0,71 A	0,72 A	0,7907
13 dezembro	0,97 B	1,15 A	0,0029

As médias seguidas de mesma letra na mesma linha não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade.

Em fevereiro, março, 31 de julho e outubro de 2008 (Tabela 31), na área sob corte se observou maior ($P < 0,05$) INN do que no pastejo. Já em setembro e dezembro a área de pastejo obteve maior ($P < 0,05$) INN. Nas demais épocas não se detectaram diferenças entre os tratamentos.

Tabela 31. Índice de nutrição em nitrogênio (INN) nas áreas manejadas sob corte e pastejo em pastos consorciados na França no ano de 2008.

Data	Corte	Pastejo	P
8 janeiro	1,08 A	1,21 A	0,0954
21 fevereiro	1,41 A	1,18 B	0,0022
13 março	1,20 A	1,08 B	0,0275
10 abril	0,88 A	0,94 A	0,4850
23 abril	0,77 A	0,84 A	0,2242
13 maio	0,93 A	0,81 A	0,0721
3 junho	0,96 A	0,88 A	0,1095
17 junho	1,02	---	---
17 julho	0,88	---	---
31 julho	0,80 A	0,56 B	0,0006
14 agosto	0,66	---	---
8 setembro	0,49 B	0,75 A	0,0129
9 outubro	0,90 A	0,79 B	0,0366
17 novembro	0,88 A	0,89 A	0,9274
22 dezembro	0,75 B	0,95 A	0,0334

As médias seguidas de mesma letra na mesma linha não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade.

4.4. Massa seca de raízes

Na Tabela 32, observa-se que não houve diferença ($P>0,05$) entre os manejos adotados nas diferentes profundidades de amostragem. Somente quando se analisa a profundidade total, em fevereiro de 2007, encontra-se diferença, sendo que no manejo de corte, a massa seca de raízes foi maior ($P<0,05$).

Tabela 32. Massas secas de raízes (g) nas áreas manejadas sob corte e pastejo, em diferentes datas e profundidades (cm) de amostragem, em pastos consorciados na França entre os anos de 2006 e 2008.

Data	Profundidade	Corte	Pastejo	P
Março 2006	0 - 30	451,19 A	490,81 A	0,3108
	30 - 60	46,08 A	63,11 A	0,2472
	60 - 90	7,43 A	4,64 A	0,4106
	Total	504,69 A	558,57 A	0,2338
Novembro 2006	0 - 30	654,94	---	---
	30 - 60	94,81	---	---
	60 - 90	19,59	---	---
	Total	769,34	---	---
Fevereiro 2007	0 - 30	584,19 A	458,95 A	0,0584
	30 - 60	93,56 A	69,88 A	0,1970
	60 - 90	28,16 A	22,09 A	0,5048
	Total	705,91 A	550,91 B	0,0323
Fevereiro 2008	0 - 30	706,80 A	700,80 A	0,9631
	30 - 60	98,86 A	81,46 A	0,1310
	60 - 90	42,15 A	25,12 A	0,0974
	Total	847,80 A	807,40 A	0,7710

As médias seguidas de mesma letra na mesma linha não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade.

4.5. Fluxo de carbono

4.5.1. Fluxo de carbono sob manejo corte

Os valores dos fluxos líquidos (NEE) e brutos (GPP) de CO₂, a respiração (RESP) e a relação entre respiração e fluxo bruto (RESP/GPP) na área manejada sob corte nos anos de 2006, 2007 e 2008 podem ser observados na Tabela 33 e na Figura 15. Observou-se aumento no NEE de C1 para C2. O mesmo ocorreu na RESP e o GPP que apresentaram relação de 0,71 e 0,85 em C1 e C2, respectivamente. Em C3, foi observado o menor NEE, bem como a mais baixa RESP/GPP. Nos períodos C4, C5 e C6 houve aumento do NEE. C7 apresentou RESP/GPP de 0,92 e o maior NEE, com um valor de -1.075,34 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Em C8 a RESP atingiu sua maior taxa, 35.327,90

$\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, ocorrendo também diminuição no NEE. No último período, C9, ocorreu o oposto do anterior, a RESP foi menor, bem como o GPP e o NEE também aumentou.

Tabela 33. Valores de NEE (fluxo líquido de CO_2 em $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$), GPP (fluxo bruto de CO_2 em $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$) e RESP (fluxo de respiração em $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$) e RESP/GPP (relação entre respiração e fluxo bruto) na área manejada sob corte em pastos consorciados na França entre os anos de 2006 e 2008.

Data	Período	NEE	GPP	RESP	RESP/GPP
17/maio/2007 a 06/julho/2006	C1	-5644,94	19443,42	13798,47	0,71
7/julho/2006 a 23/outubro/2006	C2	-4522,36	30013,20	25490,84	0,85
24/outubro/2006 a 22/abril/2007	C3	-16151,30	46145,39	29994,08	0,65
23/abril/2007 a 4/junho/2007	C4	-4126,04	15406,66	11280,62	0,73
5/junho/2007 a 16/julho/2007	C5	-3779,66	22094,38	18314,72	0,83
17/julho/2007 a 9/setembro/2007	C6	-4258,46	21833,84	17575,38	0,80
10/set/2007 a 11/novembro/2007	C7	-1075,34	13070,75	11995,41	0,92
12/nov/2007 a 18/maio/2008	C8	-6368,16	41696,06	35327,90	0,85
19/maio/2008 a 29/junho/2008	C9	-4230,66	19391,86	15161,20	0,78

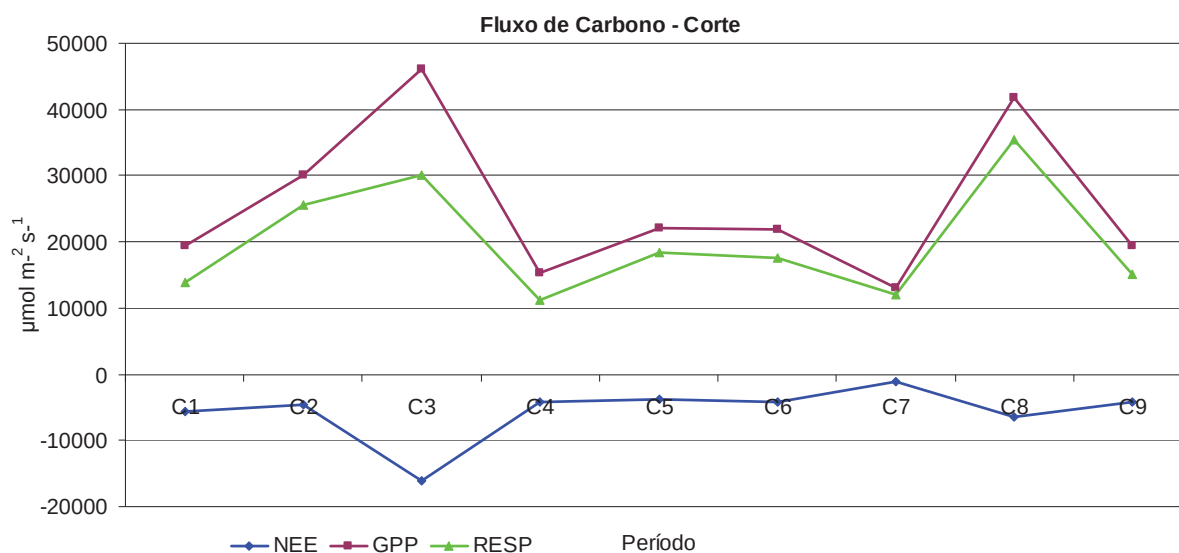


Figura 15. Fluxo líquido de CO_2 em $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (NEE), fluxo bruto de CO_2 em $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (GPP) e fluxo de respiração em $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (RESP) na área manejada sob corte em pastos consorciados na França entre os anos de 2006 e 2008.

4.5.2. Fluxo de carbono sob manejo de pastejo

Na Tabela 34 e na Figura 16 podem ser observados os fluxos líquido (NEE) e bruto (GPP) de CO₂, a respiração (RESP) e a relação entre respiração e fluxo bruto (RESP/GPP) no tratamento pastejo, nos anos de 2006, 2007 e 2008. Em P1 foram encontrados altos GPP. Os meses de junho, julho e agosto de 2006 foram marcados por deficiência hídrica, aumentando os gastos metabólicos da cobertura vegetal e, conseqüentemente, GPP e RESP, que chegou a 9.228,73 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ no P3. Tanto em P4 quanto em P3, os NEEs positivos e as curvas de RESP e GPP apresentaram comportamento semelhante. Durante o inverno, entre os anos de 2006 e 2007 (P5), a RESP/GPP observada foi 0,60. Em P6 e P7, primavera, encontrou-se uma baixa RESP/GPP.

No final da primavera, P8, o NEE aumentou, alcançando o valor de -1.961,84 $\mu\text{mol. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e a RESP/GPP também aumentou. Em P9, NEE seguiu o mesmo padrão do período anterior. Com o verão, P10 e P11 foram verificadas diminuições nos NEEs. Nessa época, a RESP/GPP apresentou altos valores (0,96 e 1,18). A mesma tendência ocorreu no P12. Nos períodos subseqüentes, P13, P14 e P15, que englobam o final do ano de 2007 e o começo de 2008, os valores de NEE diminuíram e de RESP/GPP se mantiveram abaixo de 0,45, o que revela aumento nos GPPs. No P16, realizado no final da primavera, o NEE aumentou para -961,59 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e a RESP/GPP apresentou valor de 0,78.

Tabela 34. Valores de NEE (fluxo líquido de CO₂ em $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), GPP (fluxo bruto de CO₂ em $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e RESP (fluxo de respiração em $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e RESP/GPP (relação entre respiração e fluxo bruto) na área manejada sob pastejo em pastos consorciados na França entre os anos de 2006 e 2008.

Data	Período	NEE	GPP	RESP	RESP/GPP
28/abril/2006 a 19/maio/2006	P1	-6423,49	10536,15	4112,66	0,39
29/maio/2006 a 3/julho/2006	P2	-2840,87	7552,84	4711,97	0,62
13/julho/2006 a 2/outubro/2006	P3	303,68	8925,05	9228,73	1,03
7/out/2006 a 16/novembro/2006	P4	33,33	4448,15	4481,48	1,01
3/dez/2006 a 19/março/2007	P5	-5371,30	13435,25	8063,95	0,60
23/março/2007 a 16/abril/2007	P6	-5574,51	8277,69	2703,18	0,33
20/abril/07 a 16/maio/2007	P7	-8430,07	12489,22	4059,15	0,33
23/maio/2007 a 14/junho/2007	P8	-1961,84	4042,07	2080,23	0,51
18/junho/2007 a 15/julho/2007	P9	-2334,40	6482,82	4148,42	0,64
23/julho/2007 a 20/agosto/2007	P10	-138,99	3605,31	3466,31	0,96
22/ago/2007 a 17/setembro/2007	P11	482,89	2738,25	3221,14	1,18
21/set/2007 a 22/outubro/2007	P12	423,48	2808,83	3232,31	1,15
26/outubro/2007 a 25/março/2008	P13	-9589,77	17514,92	7925,15	0,45
29/março/2008 a 28/abril/2008	P14	-12229,94	16370,98	4141,04	0,25
2/maio/2008 a 19/maio/2008	P15	-5921,59	8500,26	2578,67	0,30
22/maio/2008 a 16/junho/2008	P16	-961,59	4312,71	3351,11	0,78

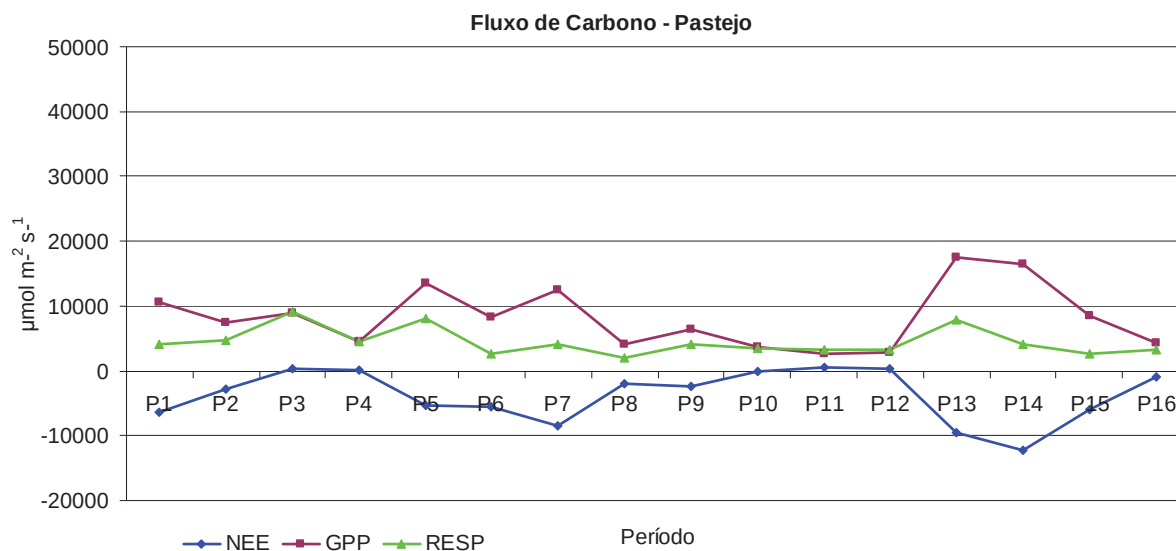


Figura 16. Fluxo líquido de CO₂ em $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (NEE), fluxo bruto de CO₂ em $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (GPP) e fluxo de respiração em $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (RESP) na área manejada sob pastejo em pastos consorciados na França entre os anos de 2006 e 2008.

5. DISCUSSÃO

5.1. Massa de forragem

Como esse trabalho foi conduzido na França que é localizada numa região onde cada estação do ano possui características bem definidas e distintas, existe grande influência das condições climáticas de cada estação do ano nos resultados obtidos.

Em 2006, o corte realizado em março (Figura 13) resultou em maior massa seca de forragem (8.308,9 kg MS.ha⁻¹), possivelmente por ocorrer no começo da primavera, onde o aumento das precipitações pluviais e temperaturas mais amenas propiciaram melhor desenvolvimento do dossel forrageiro. Outro fato que pode ter ocorrido foi o início do estágio reprodutivo da *Dactylis glomerata* e da *Festuca arundinacea*, que fez com que as plantas produzissem inflorescências, o que contribuiu para o acréscimo na massa. Os outros dois cortes ocorreram no verão e no outono, com valores de 1.471,1 e 2.716,5 kg MS.ha⁻¹, respectivamente.

No ano de 2007, a massa seca encontrada em abril, na primavera, foi de 5.827,5 kg MS.ha⁻¹, sendo a maior encontrada no ano (Figura 13) devido, provavelmente, as características climáticas dessa estação, como dias mais longos e quentes e temperaturas amenas, que contribuem para o crescimento do dossel vegetativo. Já em novembro, foi observado o valor de 731,0 kg MS.ha⁻¹, sendo a mais baixa massa seca observada, até mesmo menor que aquelas observadas no verão, onde as maiores temperaturas são prejudiciais às gramíneas de clima temperado. Como em 2007, as massas secas observadas em 2008 se mostraram maiores na primavera (5.003,2 kg MS.ha⁻¹).

Com relação ao manejo de pastejo, em 2006 o ciclo de maio apresentou a maior massa seca de forragem, com valor de 3.014,0 kg MS.ha⁻¹ (Figura 14), provavelmente por ocorrer na primavera que, como explicado anteriormente, é uma estação com características climáticas mais propícias ao crescimento das plantas.

Durante todo o ano de 2007, as massas secas variaram (Figura 14) acompanhando, possivelmente, mudanças climáticas que favoreciam ou atrapalhavam o crescimento da planta. A massa de forragem aumentou durante os primeiros meses de primavera chegando a 2.915,0 kg MS.ha⁻¹ em maio. Esse acréscimo na massa seca observado de abril para maio se deve a este ciclo ocorrer na mesma época da entrada do período reprodutivo das gramíneas temperadas, como citado anteriormente, que fez com que as inflorescências produzidas aumentassem a massa.

No primeiro e no último pastejos de 2008 (Figura 14), as massas secas foram as mais baixas verificadas no ano, com valores de 402,9 e 515,8 kg MS.ha⁻¹, respectivamente. O primeiro pastejo ocorreu no inverno, e o último, no final do outono. Dessa forma, o dossel vegetativo foi submetido a baixas temperaturas e pouca luminosidade, advindas do inverno, que foram desfavoráveis ao bom desenvolvimento das plantas.

De modo geral, os corte e pastejos ocorridos na primavera apresentaram maiores massas secas de forragem. Isso porque essa estação se caracteriza por temperaturas amenas e dias cada vez mais longos, que provocam aumento da insolação e, conseqüentemente, da interceptação de luz pelas plantas e da radiação fotossinteticamente ativa. De acordo com (HOPKINS, 1995), a radiação é absorvida e transformada em compostos carbônicos, os quais são distribuídos, seja na formação de novos órgãos da planta, representando a produção primária, ou para serem armazenados principalmente nas raízes e base dos colmos.

5.2. Índice de área foliar (IAF)

Em 6 de junho de 2006 (Tabela 26), o tratamento corte obteve maior IAF, possivelmente devido ao fato de que, em 17 de maio, a massa seca de forragem acumulada foi cortada e a área submetida à adubação nitrogenada uma semana depois, estimulando o crescimento da vegetação. Fato não verificado na área submetida ao pastejo que teve somente sete dias para restabelecer o crescimento após a retirada dos animais do pasto. Nas medidas de 3 de julho e 23 de setembro, tanto a

área de corte quanto a de pastejo passaram por longos períodos de restabelecimento e a diferença nos valores dos índices talvez seja devida ao fato do pasto sob pastejo passar com maior frequência por períodos de estresse na planta.

De 3 a 13 de julho, ocorreu outro período de ocupação da parcela pelos animais. Esse fato, somado ao estresse hídrico que ocorreu no verão desse ano, influenciou o baixo IAF do final de julho. Apesar de ter decorrido vários dias entre a saída dos animais do pasto e a medida, o índice apresentou valor baixo, indicando que, possivelmente, as gramíneas C3 utilizadas no experimento não suportaram o estresse hídrico prolongado ocorrido nessa época. A limitação na área foliar pode ser considerada como uma primeira reação das plantas em relação ao déficit hídrico (TAIZ & ZEIGER, 1991). Porém, com o restabelecimento dos processos fotossintéticos e de crescimento, gradualmente o IAF aumenta.

Em 14 de outubro de 2006, os valores observados podem ser atribuídos ao longo período de crescimento a que a parcela sob corte foi submetida, sendo a última remoção de massa realizada em julho, aliado à adubação feita no dia 20 de setembro. O pasto foi submetido à desfolhação uma semana antes da avaliação, implicando em área foliar menor. Já na medida realizada em novembro, ocorreu o contrário, sendo a única vez em que o IAF da área sob corte foi inferior ao do pastejo. Nessa época, o pasto sob pastejo teve um maior período de descanso, ou seja, maior período para rebrotar e restabelecer processos fotossintéticos, armazenar reservas orgânicas e retomar o crescimento, visto que o último período de ocupação terminou em 7 de outubro. Já em outubro, quando as condições climáticas são típicas de outono, uma semana entre a saída dos animais do piquete e a medida do IAF foi suficiente para que o dossel forrageiro rebrotasse e crescesse normalmente, apresentando, no dia 14 de outubro, um índice foliar de 1,76. Em novembro, o IAF foi alto devido à ausência de desfolhações nos trinta e sete dias anteriores à medida.

Em 2007, os elevados IAFs da área manejada sob corte em 4 de abril, 1 de junho, 19 de junho, 20 de agosto e 8 de setembro (Tabela 27) devem ter sido consequência do longo período em que a vegetação passou sem ser submetida a corte da massa acumulada, o que possibilitou maior quantidade e tamanho das folhas. Os

cortes que antecederam a essas medidas foram em 23 de abril, 5 de junho e 17 de julho. Em 23 de abril inclusive, a massa de forragem (5.827,5 kg MS.ha⁻¹) encontrada foi a maior verificada no ano nesse tratamento, o que, provavelmente, refletiu em maior IAF. A área de pastejo, nessas datas, apresentou menores IAFs porque as medidas foram realizadas poucos dias após a retirada dos animais da parcela, e o tempo não foi suficiente para a planta se recuperar da desfolhação, visto que o processo de desfolha é mais agressivo com a planta do que o corte com a máquina.

Em 20 de fevereiro (Tabela 27), a área de pastejo apresentou maior IAF devido à ausência de desfolhações anteriores e devido à possível deficiência nutricional da área submetida ao corte mecânico, que ficou evidenciada pela diferença entre seu IAF nessa data e depois da adição de nitrogênio ao sistema. Em maio, quando temperaturas mais amenas e chuvas em quantidades adequadas ao desenvolvimento das plantas C3 são mais comuns, associado ao período de descanso de vinte e quatro dias, que ocorreu nesse período, favoreceu o desenvolvimento das gramíneas, o IAF e a massa de forragem (2,915,0 kg MS.ha⁻¹). Em setembro e outubro, com o início do outono, ocorreu diminuição no IAF dos dois tratamentos estudados. Mesmo assim, o pasto manteve um índice melhor, devido, talvez, ao pequeno período de ocupação a que foi submetido anteriormente, não resultando em estresse prolongado à planta. Os índices em novembro e dezembro foram iguais ($P>0,05$) nas duas áreas, o que demonstra que o manejo empregado nos dois tratamentos nessa época foi semelhante, não tendo adubação, nem corte ou pastejo.

Nas datas de abril, 6 de maio, 28 de junho, 30 de julho, agosto, 31 de outubro, novembro e dezembro de 2008 (Tabela 28), os IAFs foram maiores ($P<0,05$) na área de corte. Isso pode ser consequência da diferença entre o corte feito com máquina e o processo de bocado exercido pelo animal em pastejo. A máquina corta a vegetação numa única altura e proporciona IAF remanescente homogêneo, que facilita a rebrota da planta. Já no processo de pastejo, o ruminante apreende a forragem em diferentes alturas e quantidades. Dessa forma, ele modifica a estrutura do dossel forrageiro de tal forma que, no final do período de ocupação, restará na pastagem alguns perfilhos mais pastejados e outros menos. Touceiras mais pastejadas, como acontece normalmente

com gramíneas temperadas que possuem folhas mais tenras, possuem baixo IAF remanescente, dificultando o processo de rebrota. Assim, a planta deve mobilizar reservas das raízes para novas folhas emergirem e reiniciarem a fotossíntese.

5.3. Índice de nutrição em nitrogênio (INN)

Nos primeiros meses de 2006, somente o tratamento de corte teve o índice INN avaliado e apresentou valores que variaram entre 0,78 e 0,98. A partir de 25 de abril, os dois tratamentos passaram a ser caracterizados quanto ao INN (Tabela 29) e, nessa data, a área sob pastejo obteve maior ($P<0,05$) INN. Essa amostragem coincidiu com a presença dos animais no pasto há uma semana, podendo estar relacionado ao INN alto, devido à remobilização de nitrogênio para rebrota. Segundo LEMAIRE & CHAPMAN (1996), até 70 a 80% do N presente na parte aérea na primeira semana após o corte ou pastejo, pode ser proveniente da translocação a partir de raízes e colmos, sendo o restante proveniente da absorção de N a partir do solo. A velocidade com que as reservas nitrogenadas são remobilizadas para a parte aérea, no entanto, é dependente da disponibilidade de N no sistema e, quando o nível de compostos nitrogenados é elevado na planta recém desfolhada, a remobilização do N é rápida. Assim, após a desfolha, a translocação de N dos colmos e raízes para a parte aérea é rápida e intensa e busca o restabelecimento da cobertura vegetal e, desta forma, a retomada da atividade fotossintética. O N sendo imobilizado num dado ciclo de pastejo, principalmente a partir das raízes, tem relação direta com a quantidade de N mineralizada no ciclo de pastejo seguinte, que contribui no suprimento da parte aérea (GEENS et al., 1991).

Nas avaliações de 12 e 26 de julho e 5 de outubro de 2006, na área manejada sob corte foi observado maior ($P<0,05$) INN em relação à área de pastejo. Na área submetida ao pastejo, no mês de julho a diminuição do INN é mais acentuada, devido possivelmente, ao estresse hídrico ocorrido no verão desse ano que somado a falta de adubação da parcela, tenha contribuído para uma maior deficiência do mineral. Os efeitos da deficiência hídrica são difíceis de serem dissociados dos efeitos

correspondentes a menor disponibilidade de N que inevitavelmente se verificam nessas condições. Todavia, é importante considerar que os processos fisiológicos por meio dos quais essas limitações operam são diferentes. A deficiência hídrica limita a absorção de carbono pela limitação das trocas gasosas quando ocorre o fechamento dos estômatos, enquanto o nitrogênio limita a resposta fotossintética por limitação na concentração da clorofila (MORALES, 1998; LEMAIRE, 2001). O estresse hídrico ocorrido, somado à desfolhação provocada pelos animais em pastejo, provocou queda do nitrogênio no sistema solo-planta e conseqüentemente, no INN. Na medida de outubro, essa diferença pode ser explicada pelo fato da área de corte ter sido adubada com fertilizante nitrogenado mineral em 28 de setembro e a outra área não.

Nos meses fevereiro, abril, maio e dezembro de 2007 (Tabela 30), a área manejada sob pastejo obteve maior ($P < 0,05$) INN. Isso pode indicar que, em fevereiro, a área submetida ao corte não foi capaz de manter o N no sistema, pois existem várias rotas por onde esse nutriente pode ser perdido. Ou seja, além do N retirado através da remoção da biomassa, talvez tenha ocorrido lixiviação ou volatilização. Na área de pastejo foi realizada adubação mineral no final de fevereiro e de março, o que pode ter contribuído para o maior INN desse tratamento em abril e maio. Nos meses de abril e maio também foram observadas as maiores massas aéreas nesse tratamento, 1.225,0 e 2.914,7 kg MS.ha⁻¹, evidenciando a relação entre o conteúdo de N da planta e sua produção de biomassa.

LEMAIRE (1997) relatou que, de um ponto de vista ecológico, o manejo do sistema determina a importância relativa das duas vias de recuperação de N, isto é, recuperação interna via senescência foliar, e externa, através do consumo animal e deposição de fezes e urina. A recuperação interna é sujeita a menores perdas de N no ecossistema da pastagem que a externa, que pode levar a lixiviação e emissão gasosa, com efeitos ambientais. O retorno do N ao solo através do animal é heterogeneamente distribuído no espaço, levando a uma eficiência muito baixa no uso desta fonte de N e à criação de mosaicos dentro da pastagem com modificações locais do padrão de desfolhação.

Em 14 de agosto (Tabela 30) a área de corte obteve maior ($P<0,05$) INN, devido provavelmente a adubação mineral nitrogenada que foi aplicada nessa área no fim de julho. Esses acréscimos e diminuições nos INNs relacionadas à fertilização nitrogenada são diretamente relacionados à nutrição das plantas, visto que o nitrogênio é um mineral essencial nos processos fotossintéticos, sendo um dos nutrientes mais limitantes do crescimento de plantas, que possuem vários mecanismos para a maximização de sua eficiência. Então, conforme o dossel vegetativo se desenvolve, o INN diminui e quando o nitrogênio é disponibilizado à planta em forma de adubo e ela o absorve, o INN aumenta.

No começo do outono o maior INN ($P<0,05$) foi observado na área submetida ao corte (4 de outubro de 2007), o que comprova que em épocas onde existe maior disponibilidade de água e nitrogênio (devido adubação realizada no final de setembro), ocorre maior absorção de N pelas plantas com conseqüente aumento no INN.

Em fevereiro, março, 31 de julho e outubro de 2008 (Tabela 31), na área sob corte se observou maior ($P<0,05$) INN do que no pastejo. Os INNs maiores na área de manejo de corte se devem a baixa frequência de corte e remoção de biomassa que a área foi submetida, acarretando o acúmulo de N na planta. Assim, o nitrogênio é retirado da área manejada sob pastejo e acumulado na área sob corte mecânico.

Já em setembro e dezembro a área de pastejo obteve maior ($P<0,05$) INN. A medida de setembro foi realizada quando os animais estavam na parcela experimental. E, como explicado anteriormente, isso pode estar relacionado ao INN alto devido à rápida translocação de N na parte aérea para que a planta consiga restabelecer a atividade fotossintética e o dossel forrageiro se restabeleça. Em dezembro, com as condições climáticas do outono definidas, com chuvas e temperaturas amenas, a absorção de nitrogênio pelas plantas também é maior o que implica num maior teor do mineral nas plantas. Essa maior absorção ocorre principalmente no tratamento sob pastejo onde predominam folhas jovens, visto que tem uma maior retirada de biomassa aérea e renovação de folhas (nove ciclos de pastejo no ano) do que o outro tratamento (três cortes no ano de 2008).

5.4. Massa seca de raízes

Independente do tratamento e da época de amostragem, as massas secas das raízes diminuíram com o aumento da profundidade, indicando maior presença de raízes nos primeiros 30 cm em relação à superfície do solo (Tabela 32).

A massa seca das raízes foi maior ($P < 0,05$) no tratamento de corte que no pastejo, em fevereiro de 2007 (Tabela 8) somente quando se analisa a profundidade total. Nas profundidades estudadas separadamente (0 – 30 cm, 30 – 60 cm e 60 – 90 cm) nessa época, as massas não diferiram. Porém, a massa seca de raízes na área manejada sob corte mecânico foi 125,24 g maior a 0 – 30 cm de profundidade do que a massa seca de raízes da parcela sob pastejo. Assim, pode-se inferir que o pastejo fez com que a planta mobilizasse reservas orgânicas para rebrota e crescimento após as desfolhações, não permitindo o acúmulo de material. Já a área de corte, foi manejada de forma mais adequada, não necessitando utilizar nutrientes armazenados na raiz para se desenvolver.

De acordo com DAWSON et al. (2000), em estudos de raízes, o parâmetro que tem recebido o maior enfoque é a massa seca, no entanto, interpretações baseadas exclusivamente nesta variável devem ser encaradas com cautela, uma vez que a biomassa radicular total pode refletir o estado atual e o acúmulo de massa seca radicular proveniente de ciclos de pastejo anteriores, pois a amostragem contabiliza tanto raízes vivas como mortas. Reconhece-se, no entanto, que é inevitável a perda de parte do sistema radicular imediatamente após a desfolha, sendo este efeito proporcional à intensidade e frequência do corte ou pastejo. Por um lado, esta perda de raízes determina na planta forrageira menor capacidade de absorção de água e nutrientes. Por outro lado, RICHARDS (1993) afirma que a redução na massa radicular imediatamente após a desfolha parece ser uma estratégia fisiológica da planta forrageira que busca proporcionar uma 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.

Em fevereiro de 2008, as massas secas das raízes foram iguais ($P>0,05$) nos dois tratamentos empregados, nas três profundidades de amostragem. Isso ocorreu porque as últimas remoções de biomassa aérea nas parcelas experimentais ocorreram em novembro e outubro de 2007 no corte e pastejo, respectivamente. Dessa forma, os dosséis forrageiros estavam, nesse momento, submetidos à mesma condição de manejo.

5.5. Fluxo de carbono

5.5.1. Fluxo de carbono sob manejo de corte

Foi observado aumento no fluxo líquido (NEE) de C1 para C2. O mesmo ocorreu na respiração (RESP) e o fluxo bruto (GPP) que apresentaram relação de 0,71 e 0,85 para C1 e C2 (Tabela 33 e na Figura 15), respectivamente. Esses dois períodos incluem meses onde a falta de água predominou no verão de 2006. Assim, durante fases de estresse, o dossel forrageiro tende a respirar mais, perdendo mais carbono para a atmosfera, não acumulando na forma de reservas. As reservas orgânicas são, de acordo com SHEARD (1973), compostos constituídos por carbono e nitrogênio, elaborados e armazenados pela planta em órgãos permanentes, principalmente aqueles remanescentes à desfolha, usados como substrato nos processos de manutenção durante períodos de estresse e formação de novos tecidos durante a recuperação após desfolha.

Em C3 foi registrado o menor NEE, bem como a mais baixa RESP/GPP. Uma relação baixa é causada por um maior GPP, demonstrando que a vegetação realiza mais fotossíntese do que respira, o que acarreta maior acúmulo de carbono no sistema na forma de massa aérea. Isso se comprova pela biomassa observada nessa época de 5.770,0 kg MS.ha⁻¹, que foi a maior verificada nesse tratamento em 2007. Vale citar que, o GPP de C3, foi o maior observado na área submetida a corte mecânico (Tabela 33 e Figura 15), com um valor de 46.145,39 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Porém, o baixo NEE demonstra que apesar do dossel forrageiro ter tido alta produção de matéria seca, não

houve síntese suficiente para que o C fosse armazenado na vegetação, ou seja, a taxa de formação de glicose pela fotossíntese foi menor do que a quantidade necessária ao crescimento e respiração da planta.

Nos períodos C4, C5 e C6 houve aumento do NEE, sinalizando o maior acúmulo de reservas nessa época. C7 apresentou RESP/GPP de 0,92 e o maior NEE, com um valor de $-1.075,34 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Como nesse caso a fotossíntese é realizada em menor quantidade que a respiração ocorre menor produção de biomassa aérea ($730 \text{ kg MS.ha}^{-1}$) que pode ter sido causada pela seca que acometeu o final do período anterior associada ao manejo empregado. Desfolhas freqüentes e intensas ou realizadas em períodos desfavoráveis no crescimento das plantas, em decorrência da falta de chuvas ou temperaturas baixas, resultam em redução progressiva na produtividade da pastagem e determinam, em curto prazo, a sua degradação irreversível (RODRIGUES & REIS, 1995). MARASCHIN (1996) relatou que a desfolha da planta forrageira reduz a taxa de fotossíntese, a fixação de carbono e a translocação de carboidratos de reserva, além de afetar a absorção de nutrientes e causar paralisação do alongamento das raízes dentro de vinte e quatro horas após a remoção de 40 a 50% da parte aérea dos perfilhos.

A baixa disponibilidade de água no solo acarreta desidratação, redução do crescimento e aceleração da senescência dos tecidos na planta, comprometendo o crescimento por reduzir as taxas de expansão foliar e fotossíntese (LUDLOW & NG, 1976; BENETT & SULLIVAN, 1981), as taxas de aparecimento (NG et al., 1975) e de senescência de lâminas foliares, que reduzem a área foliar em espécies gramíneas forrageiras. A magnitude com que o déficit hídrico afeta o crescimento e a produção, pela redução na área foliar, dependem da relação entre a taxa de expansão e o potencial hídrico foliar durante o estresse e a recuperação, após chuva ou irrigação (LUDLOW & NG, 1976). No entanto, o fechamento dos estômatos e a redução da área foliar são mecanismos que limitam a produtividade, uma vez que provocam queda na absorção de CO_2 e na interceptação de luz, respectivamente.

Em C8 a RESP atingiu sua maior taxa, $35.327,90 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, ocorrendo também diminuição no NEE (Tabela 33 e Figura 15). Porém, se observa aumento na

biomassa aérea e no GPP. Dessa forma, o C assimilado na fotossíntese é utilizado para suprir a produção de biomassa da planta, não restando C para ser armazenado após os gastos com formação e respiração, seja de manutenção ou de crescimento. Segundo LEMAIRE (2001), o uso do CO₂ por uma planta é determinado pelo nível de captura de luz, e sua assimilação de CO₂ provê tanto esqueletos de carbono para o crescimento das plantas quanto na manutenção e ativação de todas as funções metabólicas, as quais determinam, em grande parte, a capacidade de aquisição de nitrogênio e de outros nutrientes. No último período, C9, ocorreu o oposto do anterior. A RESP foi menor, bem como o GPP, porém um aumento do IAF médio de 1,35 (C8) para 2,68 (C9) demonstra que foi possível o crescimento vegetal. O NEE também aumentou. Essas características são comuns nessa época devido à primavera onde há predominância de temperaturas entre 15 e 25 °C, que são ideais para a fotossíntese de gramíneas de clima temperado, estimulando o desenvolvimento da comunidade de plantas. De acordo com PACHECO & HELENE (1990), o grau de atividade vegetal depende notadamente da luminosidade, da temperatura, umidade e outras variáveis; as estações do ano caracterizam bem esta situação: a primavera e o verão, com climas mais quentes, são mais favoráveis à produção vegetal, ou seja, maior absorção de CO₂; já no outono, com a morte dos vegetais e o ataque por bactérias, existe maior liberação de CO₂.

5.5.2. Fluxo de carbono sob manejo de pastejo

Em P1 (Tabela 34 e Figura 16) foram observados altos GPP e IAF médio de 3,02. Dessa forma, ocorreu maior fotossíntese, o que é comum na primavera, obtendo uma biomassa de 3.010,0 kg MS.ha⁻¹ no período e um fluxo líquido de carbono de - 6.423,49 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

Os meses de junho, julho e agosto de 2006, foram marcados por deficiência hídrica, aumentando os gastos metabólicos da cobertura vegetal e, conseqüentemente, GPP e RESP que chegou a 9.228,73 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ no P3. Os IAFs médios em P2 e P3 foram 1,43 e 1,16, respectivamente. A deficiência hídrica ou de nitrogênio pode reduzir

a assimilação de C pela folha, dependendo do IAF em que o pasto é manejado. De acordo com GASTAL & DURAND (2000), analisando vários trabalhos com espécies temperadas, em pastos mantidos com IAFs abaixo de três a quatro o efeito do N e da água resulta em alterações na expansão foliar e, conseqüentemente, na interceptação de radiação fotossinteticamente ativa. Em pastos mantidos em IAFs mais altos (oito a nove) o efeito da disponibilidade de água e N é observado na capacidade fotossintética da lâmina foliar.

De acordo com os mesmos autores acima citados, em situações de baixo IAF, o que é normalmente encontrado em situações de seca, reduções significativas na assimilação de C ocorrem devido ao enrolamento das folhas, muito antes de qualquer efeito sobre a capacidade fotossintética de folhas individuais. A assimilação de CO₂ e as perdas que ocorrem por meio da respiração são altamente dependentes do suprimento de água e N. As respostas da fotossíntese ao suprimento destes nutrientes estão relacionadas à atividade fotossintética da folha e a distribuição espacial de área foliar.

Tanto em P4 quanto em P3, os NEEs positivos e as curvas de RESP e GPP (Tabela 34 e Figura 16) apresentando comportamento semelhante, indicam que nesse espaço de tempo a taxa de respiração foi maior que a de fotossíntese, o que pode ser comprovado por RESP/GPP em P3 e P4 que foram, respectivamente, 1,03 e 1,01. Isso ocorre comumente em condições de estresse na planta e é importante porque há perda de C para a atmosfera. Durante o inverno entre os anos de 2006 e 2007 (P5) a RESP/GPP observada foi 0,60, o que demonstra equilíbrio entre a fotossíntese e a respiração que são reações inversas, onde a matéria-prima utilizada na fotossíntese, CO₂ e água, são os produtos da reação de respiração e vice-versa. O baixo valor de NEE comprova essa hipótese.

Em P6 e P7, primavera, encontrou-se uma baixa RESP/GPP devido à maior utilização de carbono. Em P7, o GPP de 12.489,22 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ foi responsável pela biomassa de 2.910,0 kg MS/ha, a mais notória obtida em 2007. O IAF médio desse período foi 2,83 e, mostra, mais uma vez, a relação direta que existe entre GPP, IAF, interceptação luminosa, fotossíntese, crescimento vegetal e acúmulo de biomassa.

Considerando que o C é o principal elemento constituinte das plantas, cerca de 40 a 44% na massa seca (PARSONS & CHAPMAN, 2000), o acúmulo de biomassa vegetal é determinado pela assimilação desse elemento em tecidos através do processo fotossintético (LEMAIRE & CHAPMAN, 1996). A taxa pela qual o C é assimilado, seja por uma planta ou pelo dossel de uma comunidade vegetal, depende diretamente da quantidade de radiação fotossinteticamente ativa que é absorvida pelas folhas verdes presentes, desde que outros fatores não sejam limitantes (DONALD & BLACK, 1958).

No final da primavera, P8, o NEE aumentou alcançando o valor de $-1.961,84 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. A RESP/GPP também aumentou o que revela um melhor equilíbrio dos processos que envolvem C no vegetal. Assim, além de existir o consumo de C da fotossíntese e o gasto com a respiração, ainda resta certa quantidade para ser armazenada na planta, na forma de reservas orgânicas. Essa situação é indicadora de manejo adequado, onde a taxa de lotação da pastagem e/ou o período de descanso não comprometeram a área foliar remanescente, permitindo que o dossel forrageiro rebrotasse e acumulasse reservas orgânicas, o que é ideal. De acordo com YOUNGNER (1972), o nível de reservas é um reflexo do balanço energético da planta e ocorre acúmulo quando a disponibilidade supera a quantidade utilizada no crescimento e respiração. Dessa forma, qualquer fator que cause a redução do crescimento em relação à produção fotossintética provoca aumento na concentração. Em P9 NEE seguiu o mesmo padrão do período anterior.

Com o verão, P10 e P11, foram verificadas diminuições nos NEEs, principalmente porque agosto de 2007 foi um mês acometido por seca (Tabela 34 e Figura 16). Nessa época a RESP/GPP apresentou altos valores de 0,96 e 1,18, sugerindo maiores gastos metabólicos do dossel forrageiro e grandes perdas através da respiração devido à existência de fatores de estresse, que nesse caso é a falta de água. A mesma tendência ocorreu no P12.

Nos períodos subseqüentes P13, P14 e P15 que englobam o final do ano de 2007 e o começo de 2008, os valores de NEE diminuíram e de RESP/GPP se mantiveram abaixo de 0,45, o que revela aumento nos GPPs. Assim, talvez, a planta teve mais necessidade de consumo de carbono do que conseguiu sintetizar. Uma

situação desse tipo pode indicar que o manejo adotado não foi adequado, o que gerou um balanço negativo de C na planta. Quando a desfolhação, proporcionada pelos animais em pastejo, é drástica a ponto de causar um balanço negativo na planta, este balanço negativo leva a redução substancial do material de reserva composto por carboidratos e nitrogênio, portanto, ao final de cada pastejo, deve permanecer um resíduo de forragem que contenha em torno de 25% de folhas ainda verdes para que a planta restabeleça o mais rápido possível a sua atividade fotossintética (PENATI et al., 1999).

No P16, realizado no final da primavera, o NEE aumentou para $-961,59 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, a RESP/GPP apresentou um valor de 0,78 e o IAF médio também sofreu acréscimo (2,06). Dessa forma, mais uma vez, a influência das condições climáticas tornou-se um fator determinante na condução do fluxo de C através da fotossíntese e da respiração na vegetação.

6. CONCLUSÕES

O manejo de corte é o mais indicado, quando se preconiza obter um IAF mais adequado para facilitar o crescimento do dossel forrageiro após o corte.

O manejo de pastejo é o mais indicado, quando se considera manter o INN do pasto mais alto.

O pastejo implica em menor acúmulo de reservas orgânicas, porém, em contrapartida, acumula maior quantidade de carbono em forma de resíduos vegetais (liteira).

O fluxo de carbono da área manejada sob pastejo foi mais satisfatório.

As estações do ano com condições climáticas bem definidas influenciam de forma direta o fluxo de carbono (fotossíntese e respiração) das plantas forrageiras das regiões temperadas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUBINET, M., GRELLE, A., IBROM, A., RANNIK, Ü., MONCRIEFF, J., FOKEN, T., KOWALSKI, A. S., MARTIN, P. H., BERBIGIER, P., BERNHOFER, C. H., CLEMENT, R., ELBERS, J., GRANIER, A., GRÜNWALD, T., MORGENSTERN, K., PILEGAARD, K., REBMANN, C., SNIJDERS, W., VALENTINI, R., VESALA, T. Estimates of the annual net carbon and water exchange of forests: the EUROFLUX methodology. **Adv. Ecology Research**. 30, p. 113–175, 2000.

BENNETT, J. M. & SULLIVAN, C. Y. Effect of water stress preconditioning on net photosynthetic rate of grain *Sorghum*. **Photosynthetica**, v. 15, n. 3, p. 330-337, 1981.

BRUNET, Y.; LAVILLE, P.; FLURA, D.; BACULAT, B. La mesure des flux turbulents. **Actes de L'École-Chercheurs INRA en Bioclimatologie**. Dep. Bioclimatologie INRA, Thierval-Grignon. p. 441- 459, 1995.

CECATO, U.; CANO, C. C. P.; BORTOLO, M.; HERLING, V. R.; CANTO, M. W., CASTRO, C. R. C. Teores de carboidratos não estruturais, nitrogênio total e peso de raízes em *Coastcross-1* (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) pastejado por ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 30, n. 3, p. 644-650, 2001.

DAWSON, L. A.; GRAYSTON, S. J.; PATERSON, E. Effects of grazing on the roots and rhizosphere of grasses. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; NABINGER, C.; CARVALHO, P. C. F. (ed.) **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. CABI Publishing, Cambridge, U.K., p. 61-84, 2000.

DONALD, C. M. & BLACK, J. N. The significance of leaf area index in pasture growth. **Herbage Abstracts**, v. 28, p. 1-6, 1958.

FARRUGIA, A. & GASTAL, F., SCHOLEFIELD, D. Assessment of nitrogen status of grassland. **Grass Forage Science**. v. 59, p. 113-120, 2004.

GASTAL, F. & DURAND, J. L. Effects of nitrogen and water supply on N and C fluxes and partitioning in defoliated sward. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; NABINGER, C.; CARVALHO, P. C. F. (ed.) **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. CABI Publishing, Cambridge, U.K., 2000.

GEENS, E. L., DAVIES, G. P., MAGGS, J. M., BARRACLOUGH, D. The use of mean pool abundances to interpret ^{15}N tracer experiments. II. Application. **Plant and Soil**, v. 131, p. 97-105, 1991.

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

IPCC. **Climate change 2007**: mitigation of climate change. Summary for policymakers. Bangkok. Working Group III contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report. 35p. 2007a.

IPCC. **Climate change 2007**: the physical science basis. Summary for Policymakers. Paris. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 21p. 2007b.

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

LEMAIRE, G. **Ecophysiology of grasslands: Dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards**. GOMIDE, J. A., MATTOS, W. R. S., SILVA, S. C.

(Eds.) International Grassland Congress, 19, São Pedro, 2001. *Proceedings...* São Pedro: FEALQ, p. 29-37, 2001.

LEMAIRE G. et al. Crop species present different qualitative types of response to N deficiency during their vegetative growth. **Field Crop Research**, 105, p. 253-265. 2008.

LEMAIRE, G. & CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant community. **The Ecology and Management of Grazing Systems**, 5ed., (HODGSON, J.; ILLIUS, AW.), CAB International, p. 3-36, 1996.

LEMAIRE, G. & GASTAL, F. On the critical N concentration in Agricultural crops. 1) N uptake and distribution in plant canopies. **Diagnosis of the Nitrogen Status in Crops**, 5ed. (LEMAIRE, G.), Springer-Verlag, p. 3-44, 1997.

LUDLOW, M. M. & NG, T. T. Effect of water deficit on carbon dioxide exchange and leaf elongation rate of *Panicum maximum* var. trichoglume. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 3, n. 3, p. 401-413, 1976.

MARASCHIN, G. E. Manejo de Coastcross-1 sob pastejo. **Workshop sobre o Potencial Forrageiro do Gênero Cynodon**. Juiz de Fora, 1996. *Anais...* Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, p. 93-110, 1996.

MORALES, A. A. **Morfogênese e repartição de carbono em *Lótus corniculatus* L cv. São Gabriel sob o efeito de restrições hídricas e luminosas**. Tese (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. UFRGS. Orientador: Gersy Ernesto Maraschin. 74p. 1998.

NG, T. T.; WILSON, J. R.; LUDLOW, M. M. Influence of water stress on water relations and growth of a tropical (C4) grass, *Panicum maximum* var. trichoglume. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 2, n. 4, p. 581-595, 1975.

PACHECO, M. R. P. S. & HELENE, M. E. M. Atmosfera, fluxos de carbono e fertilização por CO₂. **Transcrições e notas: Estudos Avançados**, São Paulo, v. 4, n. 9, 1990.

PARSONS, A. J. & CHAPMAN, D. F. The principles of pasture growth and pasture utilization. Hopkins, A. (Ed.) **Grass – its production and utilization**. Oxford: Blackwell Science, cap. 3, p. 31-89, 2000.

PENATI, M. A.; CORSI, M.; MARTHA JR.; G. B. et al. Manejo de plantas forrageiras no pastejo rotacionado. **Simpósio Goiano sobre Produção de Bovinos de Corte**, *Anais...*, Goiânia SBNA, p. 123-144, 1999.

PEREIRA, A. R. & MACHADO, E. C. Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais. **Boletim Técnico do Instituto de Agronomia**, Campinas, n. 114, 1987.

REICHSTEIN, M., FALGE, E., BALDOCCHI, D., PAPALE, D., AUBINET, M., BERBIGIER, P., BERNHOFER, C., BUCHMANN, N., GILMANOV, T., GRANIER, A., GRUNWALD, T., HAVRÁNKOVÁ, K., ILVESNIEMI, H., JANOUS, D., KNOHL, A., LAURILA, T., LOHILA, A., LOUSTAU, D., MATTEUCCI, G., MEYERS, T., MIGLIETTA, F., OURCIVAL, J.-M., PUMPANEN, J., RAMBAL, S., ROTENBERG, E., SANZ, M., TENHUNEN, J., SEUFERT, G., VACCARI, F., VESALA, T., YAKIR, D., AND VALENTINI, R.: On the separation of net ecosystem exchange into assimilation and ecosystem respiration: review and improved algorithm, **Global Change Biology**, 11, p. 1.424–1.439, 2005.

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

RODRIGUES, L. R. A. & REIS, R. Bases para o estabelecimento do manejo de capim do gênero *Panicum*. **Simpósio sobre manejo da pastagem, Anais...** Piracicaba: FEALQ, v. 12, p. 197-218, 1995.

RODRIGUES, L. R. A.; RODRIGUES, T. J. D.; REIS, R. A.; SOARES FILHO, C. V. Avaliação de características fisiológicas de cinco cultivares de *Cynodon*. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 245-250, 2006.

SAS, **Statistical Analyses System Institute** "SAS User's Guide: Statistic". SAS Institute INC., Cary, NC, 2002.

SHEARD, R. W. Organic reserves and plant regrowth. Butler, G.W.; Bailey, R.W. (Ed.) **Chemistry and biochemistry of herbage**. London: Academic Press, cap. 25, p. 353-377, 1973.

SUYKER, A. E. & VERMA, S. B. Year-round observations of the net ecosystem exchange of carbon dioxide in a native tall grass prairie. **Global Change Biol.** 7, p 279–289, 2001.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Plant Physiology**. California: The Benjamin/ Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City, 1991.

YOUNGNER, V. B. Physiology of defoliation and regrowth. YOUNGNER, V.B.; McKELL, C. M. (Ed.). **The biology and utilization of grasses**. New York: Academic Press, p. 292-303. 1972.

WELLES, J. M. & NORMAN, J. M. Instrument for indirect measurement of canopy architecture. **Agronomy Journal**, v. 83, n. 5, p. 818-825, 1991.