Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Freqüência e severidade de desfolhação e eficiência de utilização de forragem em pastos de capim-marandu manejados sob lotação contínua e ritmos de crescimento induzidos por fertilização nitrogenada

Vitor Del' Alamo Guarda

Tese apresentada para obtenção do Título de Doutor em Ciências. Área de Concentração: Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba
2010

Vitor Del' Alamo Guarda
Biólogo

Freqüência e severidade de desfolhação e eficiência de utilização de forragem em pastos de capim-marandu manejados sob lotação contínua e ritmos de crescimento induzidos por fertilização nitrogenada

Orientador:
Prof. Dr. **SILA CARNEIRO DA SILVA**

Tese apresentada para obtenção do Título de Doutor em Ciências. Área de Concentração: Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba
2010

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Guarda, Vitor Del´ Alamo
Freqüência e severidade de desfolhação e eficiência de utilização de forragem em pastos de capim-marandu manejados sob lotação contínua e ritmos de crescimento induzidos por fertilização nitrogenada / Vitor Del´ Alamo Guarda. - - Piracicaba, 2010.
118 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2010.

1. Capim-marandu 2. Colheita - Eficiência 3. Desfolha - Freqüência 4. Lotação animal 5. Nitrogênio 6. Pastejo - Manejo I. Título

CDD 633.2
G914f

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Dedico

Aos meus pais

***Waldomiro José Guarda** e **Denise Del' Alamo Guarda** (in memorian) por tudo que sou, pelo apoio em todos os momentos, pela doação, amor e pelo exemplo de vida e caráter.*

Obrigado!!

Ofereço

Aos meus irmãos, Rafael e Renato por representarem o exato significado da palavra irmão.

Aos meus avós Rubens, Therezinha, João (in memorian) e Eva (in memorian) e minha tia Mirian, fundamentais em minha vida.

A pequena Giovana, alegria de todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

À Deus acima de tudo.

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" e à coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens pela oportunidade de realização do curso de Doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de estudos e auxílio pesquisa.

Ao Prof. Dr. **Sila Carneiro da Silva** pela oportunidade, confiança e paciência. Exemplo de conduta profissional, orientador e amigo. Meus agradecimentos e admiração...

Aos amigos de experimento: **Adenilson José Paiva**, **Fábio Olegário Caminha**, **Lilian Elgalise Techio Pereira**, **Priscila de Mesquita**. A rotina de trabalho nos uniu e muitas vezes nos distanciou, porém, o aprendizado nesses momentos foi inestimável. Agradeço por trabalhar com pessoas dedicadas, competentes e divertidas. Sem vocês nada disso seria possível!!

Aos amigos do Laboratório de Plantas Forrageiras, Alessandra Giacomini, Salim Souza Júnior, Júlio Trindade, Bruno Pedreira, Felipe Tonato, Márcio Lara, Renata Nave, Jorge Portela, Leandro Barbero, Veridiana Limão e todos os novos integrantes, além de todos os estagiários. Agradecimento especial aos amigos Daniel Sarmento e Cauê Zeferino pelos ensinamentos e incentivo ao estudo de plantas forrageiras.

Aos membros do comitê de pesquisa, Prof. Dr. André Sbrissia, Prof. Dr. Carlos Pedreira, Prof. Dr. Paulo Carvalho e Dr. Gilles Lemaire pelo auxílio em todos os momentos do projeto, desde a concepção à escrita da tese. Também ao Prof. Dr. Gérson Barreto Mourão pelo auxílio nas análises estatísticas.

A Unidade de Ecofisiologia de Plantas Forrageiras, INRA – Poitou-Charentes, França, pela oportunidade de estágio de doutoramento. Em especial ao Dr. Gilles Lemaire pela supervisão com valiosas sugestões. Também ao Dr. Abraham Escobar pelo auxílio nas análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. Flávio Santos pela concessão dos animais utilizados no experimento e também ao Sr. Laureano pelo auxílio com os animais sempre que necessário.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia pela amizade e pelos conhecimentos transmitidos, fundamentais para minha formação.

Aos amigos do “Los Cubanos” pelos momentos de diversão e amizade. Aos meus primos que sempre me acompanharam e apoiaram em todos os momentos.
Aos amigos da República “Asa de Barata”, Fred, Emmanuel, Xiquitão e Celsinho. Aos amigos do departamento de zootecnia, que foram companheiros durante todo o momento. Aos amigos da República “Viola Quebrada” por sempre me acolher nas vindas à Piracicaba. A todos, muito obrigado!!
E também àqueles que não foram citados, mas que de certa forma participaram de todo esse projeto e de parte de minha vida.

"Não basta saber, é preciso também aplicar; não basta querer, é preciso também agir."

Goethe

"Há três coisas que nunca voltam atrás: a flecha lançada, a palavra pronunciada e a oportunidade perdida."

Provérbio Chinês

"É na limitação que se revela o mestre. Quem é firme em seus propósitos molda o mundo ao seu gosto."

Goethe

SUMÁRIO

RESUMO 11
ABSTRACT 13
1 INTRODUÇÃO 15
1.1 O processo produtivo em sistemas pastoris 16
1.2 O processo de crescimento da planta forrageira 19
1.3 A senescência e sua importância no manejo de pastagens 21
1.4 O nitrogênio e a produção e a utilização de forragem 23
1.5 Interação planta-animal em ambientes pastoris 26
1.6 Freqüência e severidade de desfolhação e seletividade animal em pastagens 28
1.7 Eficiência de utilização de forragem produzida 32
MODELO CONCEITUAL 35
Referências 37
2 FREQUÊNCIA E SEVERIDADE DE DESFOLHAÇÃO DE FOLHAS E PERFILHOS EM PASTOS DE CAPIM-MARANDU MANEJADOS SOB LOTAÇÃO CONTÍNUA E RITMOS DE CRESCIMENTO INDUZIDOS POR FERTILIZAÇÃO NITROGENADA 47
Resumo 47
Abstract 48
2.1 Introdução 48
2.2 Material e métodos 50
2.3 Resultados 58
2.4 Discussão 69
2.5 Conclusões 74
Referências 74
3 USO DE NITROGÊNIO E EFICÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DA FORRAGEM EM PASTOS DE CAPIM-MARANDU MANEJADOS SOB LOTAÇÃO CONTÍNUA E RITMOS DE CRESCIMENTO INDUZIDOS POR FERTILIZAÇÃO NITROGENADA 78
Resumo 78
Abstract 79
3.1 Introdução 80
3.2 Material e métodos 81
3.3 Resultados 90
3.4 Discussão 96
3.5 Conclusões 102
Referências 102
4 Considerações finais 107

Referências 110
5 CONCLUSÕES 113
APÊNDICES 115

RESUMO

Freqüência e severidade de desfolhação e eficiência de utilização de forragem em pastos de capim-marandu manejados sob lotação contínua e ritmos de crescimento induzidos por fertilização nitrogenada

Modificações no ritmo de crescimento de plantas forrageiras podem ter implicações nos processos de acúmulo de forragem e colheita da forragem produzida. Desse modo, a adequação de estratégias de manejo que proporcionem melhor eficiência, tanto no processo de crescimento como de utilização são objetivos de um sistema de produção ideal. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a freqüência e severidade de desfolhação de perfilhos e folhas e quantificar a eficiência de utilização da forragem produzida em pastos de capim-marandu manejados a 30 cm sob lotação contínua e submetidos a ritmos de crescimento gerados pela aplicação das doses de nitrogênio 150, 300 e 450 kg/ha.ano, mais o controle (sem adubação). Os tratamentos foram alocados às unidades experimentais (piquetes de 1200 m^2) segundo um delineamento de blocos completos casualizados, com quatro repetições. Foram coletados dados de 30 perfilhos por piquete em ciclos de 28 dias. Após 28 dias, novos perfilhos eram selecionados e um novo ciclo de avaliações realizado. Foram avaliadas as seguintes variáveis-resposta de janeiro de 2007 a abril de 2008: densidade de lotação animal, freqüência de desfolhação de perfilhos, freqüência de desfolhação de folhas, freqüência de desfolhação para cada categoria de folha (senescente, expandida e em expansão), severidade de desfolhação do perfilho estendido, severidade de desfolhação de folhas, severidade de desfolhação para cada categoria de folha (senescente, expandida e em expansão), intervalo de desfolhação de folhas, duração de vida de folhas, probabilidade de desfolhação de folhas durante o período de vida das folhas e eficiência de utilização. Pastos mantidos sob ritmos de crescimento mais acelerados mantiveram maior densidade de lotação animal relativamente àqueles mantidos sob ritmos de crescimento mais lentos, o que resultou em maiores freqüências de desfolhação (menores intervalos de desfolhação) tanto de perfilhos como de folhas nos pastos adubados (150, 300 e 450 kg/ha de N) em relação aos não adubados. Por outro lado, pastos mantidos sob ritmos de crescimento mais acelerados apresentaram menor duração de vida das folhas, reduzindo, assim, o período possível de colheita antes de início do processo de senescência. Dessa forma, apesar do aumento em freqüência de desfolhação causado, pelas maiores densidades de lotação nos pastos adubados, houve diminuição correspondente em tempo de vida da folha, o que resultou em pequena variação em eficiência de utilização da forragem produzida. O uso de N altera os padrões de desfolhação de folhas e perfilhos individuais durante as épocas de maior crescimento das plantas, porém para o capim-marandu manejado a 30 cm sob lotação contínua, a utilização de nitrogênio não resultou em aumento de eficiência de utilização, uma vez que o aumento em freqüência de desfolhação foi compensado pela redução em duração de vida das folhas.

Palavras-chave: Padrões de desfolhação; Freqüência e severidade de desfolhação: Nitrogênio: Manejo do pastejo; Lotação contínua; *Brachiaria brizantha*

ABSTRACT

Frequency and severity of defoliation and utilisation efficiency on marandu palisadegrass subjected to continuous stocking and nitrogen-induced rhythms of growth

Variations in growth rhythm of plants may have implications to the herbage accumulation and utilisation processes, indicating that adjustments in management strategies aiming at improving growth and utilisation efficiencies may contribute to augment productivity of pastoral systems of animal production. The objective of this study was to evaluate frequency and severity of defoliation of individual tillers and leaves on continuously stocked marandu palisadegrass swards managed at 30 cm and subjected to nitrogen-induced growth rhythms created by the application of 150, 300 and 450 kg/ha.year of N, plus the control (non-fertilisation). Treatments were allocated to experimental units (1200 m^2 paddocks) according to a randomised complete block design, with four replications. Data were collected from a set of 30 tillers per paddock during 28-day evaluation cycles. After 28 days, a new set of tillers was selected and a new evaluation cycle performed. From January 2007 until April 2008 the following response variables were evaluated: stocking density, defoliation frequency of tillers and leaves (senescent, expanded and expanding leaves), defoliation severity of extended tillers and leaves (senescent, expanded and expanding leaves), leaf defoliation interval, leaf lifespan, probability of leaf defoliation during its lifespan and utilisation efficiency. Swards fertilised with 300 and 450 kg/ha of N supported larger stocking density than those non-fertilised or fertilised with 150 kg/ha of N, resulting in higher defoliation frequency of tillers and leaves on fertilised than on non-fertilised swards. On the other hand, swards fertilised with high rates of nitrogen application (300 and 450 kg/ha) showed shorter leaf lifespan than those with low rates (non-fertilised and fertilised with 150 kg/ha), reducing the period available for harvest before commencement of senescence. As a result, in spite of the increase in defoliation frequency caused by the higher stocking densities used on fertilised swards, there was a corresponding decrease in leaf lifespan that caused small variation in utilisation efficiency. Use of nitrogen fertiliser during seasons of fast plant growth alters patterns of individual leaves and tillers defoliation. However, on marandu palisadegrass managed at 30 cm under continuous stocking, the use of nitrogen fertiliser did not result in increased utilisation efficiency of the produced herbage, since the increase in leaf defoliation frequency was compensated for by reduction in leaf lifespan.

Keywords: Defoliation patterns; Frequency and severity of defoliation; Nitrogen; Grazing management; Continuous stocking; *Brachiaria brizantha*

1 INTRODUÇÃO

Sistemas de produção animal em pastagens constituem a principal forma de exploração pecuária no Brasil. Estimativas revelam que 96,5% do plantel de bovinos do país são manejados exclusivamente em pastagens, sendo que dos 3,5% restantes, praticamente todos são criados em pastagens em algum período de suas vidas (ANUALPEC, 2002). Apesar de o Brasil ser detentor do maior rebanho bovino comercial (cerca de 185 milhões de cabeças) e possuir uma das maiores extensões de área de pastagens permanentes do planeta (197 milhões de hectares) (FAO, 2010), os índices zootécnicos e de produtividade da pecuária nacional são modestos, possuindo, por exemplo, taxas de lotação média de apenas 0,6 UA/ha. Esses números contribuem para uma baixa rentabilidade e competitividade da produção animal em pastagens quando comparada a outras modalidades de exploração da terra como lavouras de cana, soja e milho, justificando a frustração e o descrédito na atividade por boa parte dos pecuaristas.

Durante os últimos anos, e até mesmo décadas, têm-se argumentado que o Brasil possui condições extraordinárias para se tornar referência mundial quando o assunto é desenvolvimento pecuário (SBRISSIA; DA SILVA, 2001). As condições climáticas, ascensão e estabilidade econômica com redução do fator risco país e dimensões continentais são motivos suficientes para que a pecuária brasileira obtivesse índices zootécnicos muito acima dos patamares atuais. Na tentativa de minimizar esse problema, a pesquisa em sistemas de produção animal em pasto vem buscando melhorar o entendimento dos fatores determinantes do processo de pastejo e como eles influenciam o padrão de desfolhação e as alterações na estrutura do dossel forrageiro. Cabe à comunidade científica entender os processos e definir estratégias que permitam maior eficiência no aproveitamento dessas pastagens pelo ajuste entre seu elevado potencial de produção de massa e o ponto ideal de pastejo, no qual o valor nutritivo da mesma ainda seja elevado, favorecendo a obtenção de alto desempenho animal. Isso tudo passa, irrevogavelmente, pelo entendimento do comportamento morfológico e fisiológico das plantas forrageiras quando submetidas à pastejo.

Essencialmente, a utilização de pastagens consiste na desfolhação da planta com o objetivo de remover, preferencialmente, lâminas foliares. Em conseqüência disso, a habilidade de manter a produção de folhas sob desfolhações periódicas é essencial tanto para sustentar a produção dos pastos quanto para assegurar a sobrevivência das plantas. Lemaire e Chapman (1996) afirmaram que quanto mais severa e freqüente for a desfolhação, maior a oportunidade de

colheita e eficiência de utilização da forragem produzida, permitindo que melhores resultados zootécnicos e econômicos sejam atingidos pela pecuária.

Como demonstrado por Mazzanti e Lemaire (1994), uma possível forma de se aumentar a eficiência de utilização da forragem produzida em pastos mantidos numa mesma condição de IAF sob lotação contínua seria por meio de aumentos das taxas de crescimento dos mesmos. Em condições ótimas de fertilidade do solo isso poderia ser alcançado por meio de adubações nitrogenadas, o que resultaria em necessidade de maior taxa de lotação para manter os pastos na mesma condição de IAF, aumentando a freqüência de desfolhação de perfilhos individuais e, conseqüentemente, a eficiência de utilização. Nesse contexto, o consumo por animal seria semelhante, porém a quantidade de forragem colhida por unidade de área seria maior nos pastos adubados, resultado do aumento em produção. Contudo, esse tipo de trabalho ainda não foi realizado com plantas forrageiras de clima tropical. Resultados de experimentos dessa natureza poderiam contribuir sobremaneira para o correto planejamento e dimensionamento das práticas de manejo e uso de fertilizantes em pastagens, não apenas com o enfoque de gerar produção, mas gerar produto animal, uma vez que o objetivo seria alcançar a maior quantidade de forragem colhida por unidade de área e não apenas a maior produção de forragem.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a freqüência e a severidade de desfolhação de perfilhos individuais e a eficiência de utilização da forragem produzida em pastos de capim-marandu mantidos numa mesma altura de pastejo sob lotação contínua e submetidos a ritmos de crescimento induzidos por meio de adubação nitrogenada.

1.1 O processo produtivo em sistemas pastoris

Sistemas de produção animal em pastagens têm a peculiaridade de ser o próprio animal que faz a colheita de seu alimento visando atender suas necessidades de manutenção e expressar seu potencial produtivo (NABINGER; PONTES, 2001). Portanto, esses sistemas devem ser baseados não somente na produção vegetal - acúmulo de forragem - e na conversão do alimento em produto animal, mas, principalmente, na busca por elevados índices de colheita da forragem produzida (utilização). Em sistemas pastoris o processo produtivo pode ser dividido em três fases: crescimento (acúmulo de forragem em quantidade e qualidade), utilização (colheita

eficiente da forragem produzida pelos animais em pastejo) e conversão (transformação dos nutrientes ingeridos em produto animal) (Figura 1).

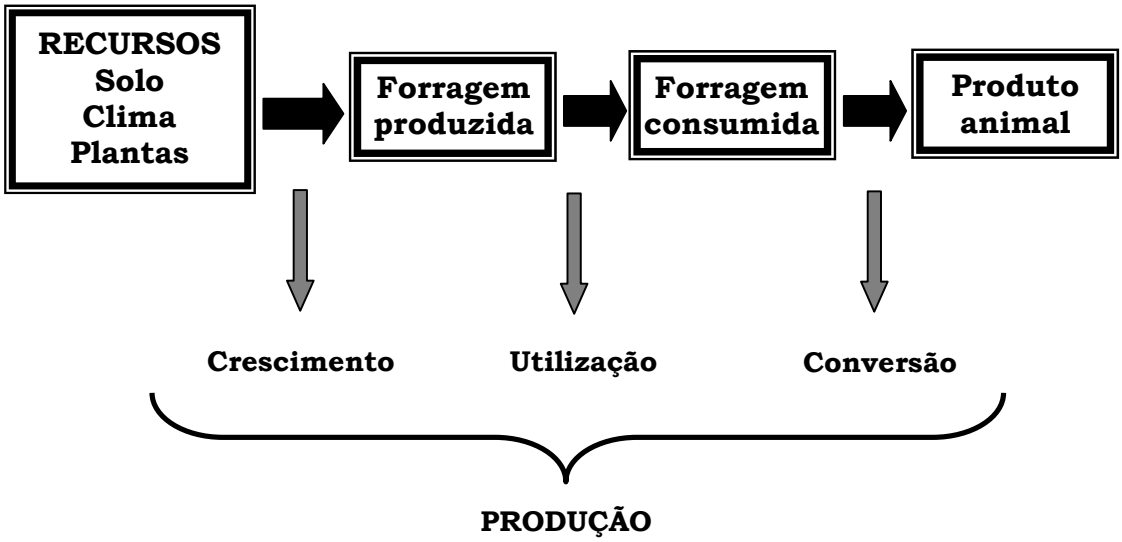


Figura 1 - Representação esquemática da produção animal em pastagens. (Adaptado de HODGSON, 1990)

O ideal seria maximizar o resultado das três fases. Contudo, dentro de uma comunidade de plantas forrageiras existem fatores compensatórios que não permitem ganhos máximos em todos os processos, caracterizando uma interdependência entre as fases de produção. Por exemplo, é necessária a manutenção de uma área foliar remanescente suficiente para assegurar a interceptação eficaz da luz incidente por tecidos com alta capacidade fotossintética ao mesmo tempo em que é preciso colher com eficiência a forragem produzida, com elevado valor nutritivo, minimizando perdas por senescência (HODGSON, 1990). Esses são objetivos antagônicos, tornando evidente a existência de um conflito entre as necessidades de plantas e animais caracterizado pela demanda comum por um mesmo componente vegetal, as folhas jovens.

Hodgson (1990) reportou que dentre os três processos mencionados (crescimento, utilização e conversão), a utilização é o que apresenta a maior eficiência relativa no uso da energia dentro do processo (Figura 2), indicando que, em uma escala de prioridades, essa etapa apresenta maior flexibilidade e oportunidade no sentido de permitir a manipulação (manejo) da produtividade animal em sistemas pastoris (Da SILVA; CORSI, 2003).

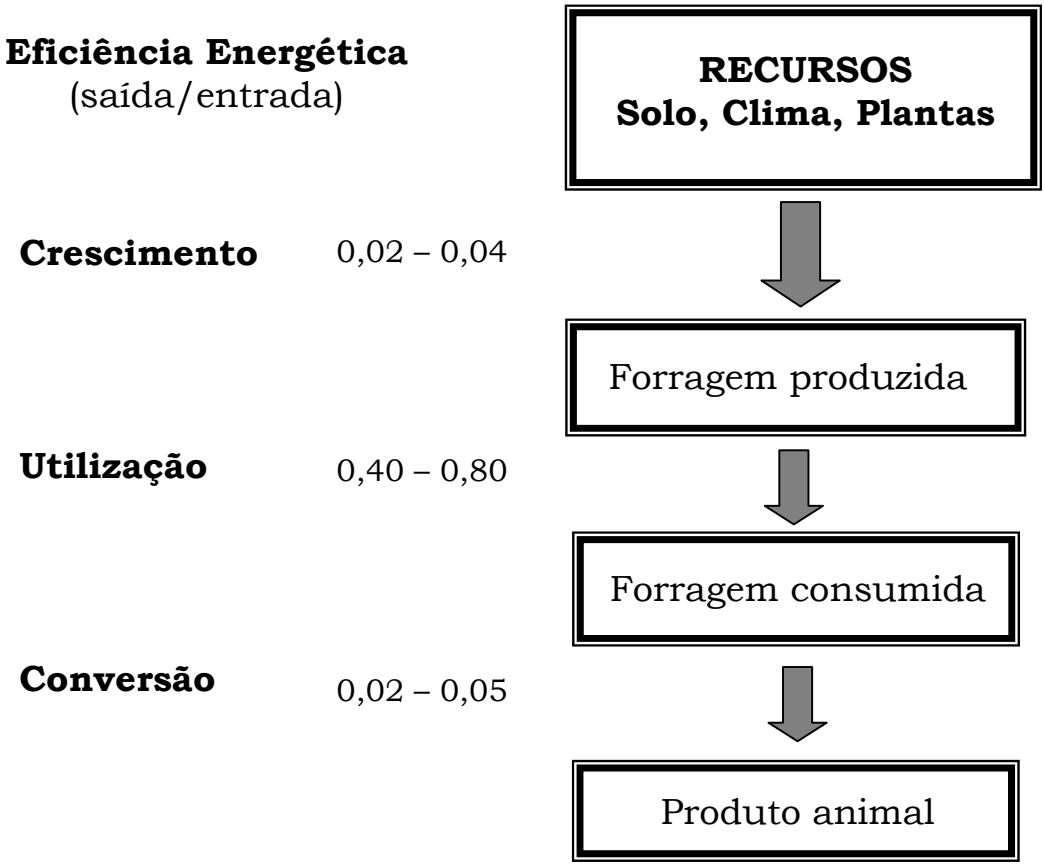


Figura 2 - Representação esquemática da produção animal em pastagens e a eficiência de uso de energia dos distintos estágios de produção (Adaptado de HODGSON, 1990)

Contudo, para que práticas de manejo adequadas e eficientes possam ser idealizadas e implementadas, é fundamental conhecer os limites de tolerância e resistência das plantas forrageiras ao pastejo (BRISKE, 1996; LEMAIRE; CHAPMAN, 1996), sua dinâmica de acúmulo de matéria seca e aspectos relacionados com a interface planta-animal determinantes da facilidade de apreensão e consumo de forragem pelos animais em pastejo (Da SILVA, 2004; Da SILVA; CARVALHO, 2005; Da SILVA; NASCIMENTO JR., 2006).

A eficiência de utilização da forragem produzida pode ser definida como a proporção do crescimento das plantas que é removida pelos animais em pastejo antes que se inicie o processo de senescência, sendo, portanto, dependente da proporção do comprimento da folha que escapa à desfolhação e senesce (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Dessa forma, a eficiência de utilização é determinante da produtividade animal em pastagens e pode ser ajustada por meio de alterações na freqüência e severidade de desfolhação das plantas durante o processo de pastejo (manejo).

1.2 O processo de crescimento da planta forrageira

Diferentemente dos animais, cujo plano corporal adulto básico é estabelecido durante a embriogênese, a forma dos vegetais é definida durante ciclos da vida por meio de programas de desenvolvimento vegetativo (STEEVES; SUSSEX, 1989). Mediante a manutenção de reservas de células indiferenciadas, os meristemas proporcionam os meios de adaptação às condições mutáveis. Por meio da proliferação regulada dessas células e seu recrutamento em tecidos e órgãos, as plantas são capazes de produzir formas complexas e, muitas vezes, variáveis, melhor adaptadas ao ambiente local (TAIZ; ZEIGER, 2009). Num sentido mais amplo, os meristemas podem ser definidos como grupos de células que retêm a capacidade de proliferação e cujo destino final permanece inalterado. Uma diversidade de tipos meristemáticos, definidos por sua posição, contribui para o desenvolvimento da planta.

A produção de tecidos foliares pode ser analisada como resultado da interação entre dois processos: (i) a produção de assimilados por plantas individuais resultante da interceptação luminosa e fotossíntese foliar; (ii) o uso de assimilados pelos meristemas foliares para a produção de novas células e, finalmente, expansão foliar (LEMAIRE; AGNUSDEI, 2000).

O uso de assimilados pelos meristemas foliares é diretamente determinado pela temperatura, a qual governa as taxas de divisão e expansão foliar (BEN-RAJ-SALAH; TARDIEU, 1995) e cria uma demanda por C e N para prover energia e material para a expansão foliar. Quando o suprimento desses assimilados é grande o bastante para suprir a demanda meristemática, o crescimento foliar é determinado pela temperatura e o excesso de assimilados pode ser armazenado na forma de reservas orgânicas (LEMAIRE; AGNUSDEI, 2000).

Em gramíneas, a unidade vegetativa básica é o perfilho (HODGSON, 1990), cujo desenvolvimento morfológico esta baseado na sucessiva diferenciação de fitômeros em diferentes estádios de desenvolvimento (VALENTINE; MATTHEW, 1999) a partir do meristema (BRISKE, 1991). Perfilhos de gramíneas possuem um ciclo de vida mais ou menos determinado, quando então são substituídos, de maneira organizada, por fitômeros jovens (SBRISSIA; Da SILVA, 2001). Essa organização dos perfilhos na forma de uma cadeia seqüencial de fitômeros confere às gramíneas forrageiras algumas características importantes como: (i) capacidade de substituição de perfilhos que vão morrendo e (ii) proteção de meristemas contra o processo de desfolhação (VALENTINE; MATTHEW, 1999).

Sob condições favoráveis de ambiente, a taxa de crescimento da pastagem aumenta à medida que ocorre aumento da área foliar das plantas, uma vez que, associado a este, ocorre aumento de interceptação da luz incidente (Da SILVA; SBRISSIA, 2001). A quantidade de C fixada pelas plantas do dossel por unidade de tempo depende diretamente da quantidade de radiação fotossinteticamente ativa absorvida pelas folhas verdes. A eficiência de absorção é determinada por variáveis do dossel como área de folhas disponível para a interceptação de luz por unidade de área de solo (IAF), ângulo e disposição das lâminas foliares e propriedades de transmissão de luz no dossel, além de características da radiação solar como razão entre luz difusa e luz direta e ângulo de incidência da radiação (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996).

Normalmente, quanto maior o IAF do pasto maior sua capacidade de interceptar luz (HODGSON, 1990). O IAF chamado “ótimo” é aquele em que há a interceptação de aproximadamente toda a luz incidente com um mínimo de auto-sombreamento, proporcionando o máximo valor de taxa de crescimento da cultura (WATSON, 1958). O valor de IAF que proporciona 95% de interceptação da luz incidente e no qual o valor de taxa de crescimento da cultura está próximo do máximo é definido como IAF “crítico”. A taxa máxima de crescimento é atingida quando as folhas menos iluminadas encontram-se no ponto de compensação luminosa, o que geralmente acontece quando cerca de 95 a 100% da luz incidente são interceptados (KORTE; HARRIS, 1987). Desfolhações mais freqüentes e severas reduzem a área foliar reduzindo, dessa maneira, a interceptação luminosa e o crescimento das plantas forrageiras (BROUGHAM, 1956).

O suprimento de C após desfolhações severas e intervalos de desfolhação mais espaçados, como no método de lotação intermitente, é mais dependente da dinâmica de expansão da área foliar e do atraso do restabelecimento do IAF “ótimo”. Por outro lado, em pastagens sob lotação contínua o suprimento de C é determinado pelo IAF médio do dossel, pois o pasto é mantido em equilíbrio (HODGSON, 1985). Para uma série de espécies e uma variedade de estratégias de desfolhação, o IAF dos pastos pode ser estimado de forma relativamente simples por meio de medidas de altura dos mesmos (BIRCHAM; HODGSON, 1983), destacando o potencial e indicando a importância dessa variável simples, de campo, como forma de monitorar e organizar o processo de pastejo.

1.3 A senescência e sua importância no manejo de pastagens

O padrão de acúmulo de material senescente em pastagens exerce influência significativa sobre o acúmulo e qualidade da forragem produzida, interferindo decisivamente na escolha do momento correto de realização da colheita (CALVIÈRE; DURU, 1995). A variabilidade na quantidade de material senescente entre pastagens de diversas espécies pode resultar de três processos (DURU; BALENT; LANGLET, 1994) relacionados com: (i) sombreamento, resultado do índice de área foliar (IAF) (WARNDORFF; DOURAT; KIPNIS, 1987), (ii) estratégia de perenização adotada pela planta (reprodutiva ou vegetativa, especialmente para gramíneas), e (iii) manifestação de características morfogênicas da espécie (CALVIÉRE; DURU, 1995). Esses autores ainda citaram que a proporção de folhas senescentes é dependente, *a priori*, de uma combinação entre taxa de aparecimento e de senescência de folhas, duração de vida da folha e data de florescimento, condição em que o aparecimento de folhas é interrompido.

Variações no comprimento do dia e baixas temperaturas desencadeiam processos de desenvolvimento que levam a um aumento na senescência e morte de folhas. A senescência é um processo normal de desenvolvimento, dependente de energia e controlado pelo programa genético da planta (TAIZ; ZEIGER, 2009). As folhas são programadas geneticamente para morrer, e sua senescência pode ser iniciada por estímulos de ambiente. À medida que as folhas novas são iniciadas a partir do meristema apical, as folhas mais velhas, e muitas vezes sombreadas, perdem eficiência fotossintética. A senescência recupera uma porção dos valiosos recursos que a planta investiu na formação foliar antes que sejam perdidos com a decomposição dos tecidos.

Segundo Parsons et al. (1983a), a fisiologia das plantas de um pasto submetido a condições de rebrotação ou crescimento sem a presença de animais e de outro mantido com área foliar relativamente constante sob lotação contínua é bastante diferente. Em pastos submetidos à lotação intermitente, ocorre, a partir do início da rebrotação, condição de aumento progressivo no IAF, interceptação de luz e fotossíntese à medida que surgem novas folhas e estas vão se expandindo (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Nos estádios iniciais de rebrotação pouco ou nenhum material morto é encontrado, desde que a desfolhação anterior tenha sido severa. Nesse caso, o acúmulo líquido de forragem é semelhante à taxa de assimilação líquida do dossel. As primeiras folhas a senescer são aquelas produzidas no início do período de rebrotação. Essas

folhas são menores que as produzidas subseqüentemente. Desse modo, durante um tempo, a taxa de senescência é menor que a taxa de produção de novos tecidos foliares (ROBSON; RYLE; WOLEDGE, 1988). Porém, com o incremento do IAF do pasto, maior quantidade de folhas vai sendo sombreada e, conseqüentemente, ocorre aumento na taxa de senescência. Esse aumento na taxa de senescência leva à diminuição no acúmulo líquido de forragem até o ponto em que este pode chegar a ser nulo ou até mesmo negativo (PARSONS et al, 1983).

No caso específico de plantas sob lotação contínua, considera-se no balanço o material consumido pelos animais, de forma que o acúmulo de forragem corresponde ao balanço líquido entre crescimento, consumo e senescência foliar (BIRCHAM; HODGSON, 1983). Em casos em que a pastagem é mantida em condição de equilíbrio (e.g. altura constante), como em alguns casos de lotação contínua, o acúmulo de forragem é aparentemente zero, uma vez que a premissa básica nessas condições é que todo material produzido deva ser colhido para que a meta de manejo possa ser mantida constante (BIRCHAM; HODGSON, 1983).

Parsons, Johnson e Harvey (1988) ponderaram que ao maximizar a fotossíntese e a taxa de produção total de tecidos acaba-se favorecendo elevadas taxas de senescência caso não haja tempo hábil ou número de animais suficiente para colheita. Em termos práticos, o conceito de manejo racional de pastagens corresponderia a uma estratégia de manejo que permitiria a colheita do máximo de matéria seca verde possível, com redução de perdas por morte, senescência e decomposição de tecidos a um patamar mínimo (Da SILVA; PEDREIRA, 1997a). Porém, é necessário conviver com patamares aceitáveis de senescência em função da necessidade de assegurar a produção animal por meio de ofertas generosas de forragem, muitas vezes bastante acima da capacidade de ingestão do animal (NABINGER, 1997).

Todo enfoque dado à senescência se deve ao fato de que folhas senescentes ou mortas são preteridas pelos animais durante o pastejo, fato que aumenta as perdas de forragem reduzindo, assim, a eficiência de utilização e de pastejo (HODGSON, 1990). Desse modo, estratégias que visem a diminuição das perdas por senescência são favoráveis ao aumento da eficiência de utilização e da produtividade em sistemas de produção animal em pasto.

1.4 O nitrogênio e a produção e a utilização de forragem

A grande variedade de pastagens – plantadas ou naturais – é caracterizada pela amplitude de tipos morfológicos. Alguns exemplos dessa variedade, diferindo bastante de uma espécie para outra, são os hábitos de crescimento das plantas, o nível de exposição dos meristemas e das reservas orgânicas aos herbívoros e a presença ou ausência de estolões (CRUZ; BOVAL, 2000). Essas diferenças possuem grandes conseqüências na capacidade de cada espécie ser pastejada e, mais particularmente, na tomada de decisão de como será a sua utilização (corte, pastejo, utilização de fertilizantes nitrogenados etc.) (CRUZ; BOVAL, 2000).

Muitos compostos bioquímicos presentes nas células vegetais possuem nitrogênio. Por exemplo, esse elemento é encontrado nos nucleosídeos fosfato e nos aminoácidos que formam a estrutura dos ácidos nucléicos e das proteínas, respectivamente. Apenas elementos como oxigênio, carbono e hidrogênio são mais abundantes nas plantas que o nitrogênio (TAIZ; ZEIGER, 2009). O nitrogênio é um dos nutrientes mais limitantes em muitos ecossistemas (HOPKINS, 2000) e, no caso de ecossistemas tropicais e subtropicais de pastagens, é o mais limitante (SOLLENBERGER et al., 2002). Gramíneas, como diversas outras famílias de plantas, desenvolveram uma série de mecanismos para utilização eficiente do N. A habilidade em estocar, mobilizar e, subseqüentemente, re-utilizar esse nutriente foi considerada como sendo uma das formas de competição das gramíneas, particularmente em ambientes onde ele é fator limitante (De ALDANA; BERENDSE, 1997).

A maioria dos ecossistemas naturais e agrários apresenta um expressivo ganho na produtividade após serem adubados com nitrogênio, fato indicativo da importância desse elemento. Desse modo, o primeiro efeito da fertilização nitrogenada é o aumento em produção de forragem proporcionado pelo aumento na taxa de crescimento de folhas (GASTAL; NELSON, 1994) e da concentração do nutriente na planta (TOPALL et al., 2001). Essa resposta se dá em função do aumento da interceptação de luz durante o período de crescimento e do aumento na taxa fotossintética (VOS; VAN DER PUTTEN; BIRCH, 2005). No primeiro caso, são observados efeitos na dinâmica de crescimento e senescência de folhas. Já no segundo, os efeitos são advindos de uma melhora na eficiência de utilização da radiação incidente e economia de N pela cultura (VOS; VAN DER PUTTEN; BIRCH, 2005).

Lemaire e Chapman (1996) afirmaram que essa aceleração do ritmo de crescimento das plantas é resultante da aceleração dos processos morfogênicos que ocorrem em perfilhos individuais, e está associada a aumentos nas taxas de aparecimento e de alongamento de folhas e aparecimento de perfilhos que, em contrapartida, estão normalmente associados a aumentos nas taxas de senescência e mortalidade de perfilhos e redução na duração de vida das folhas. Gastal e Lemaire (1988) e Gastal, Belanger e Lemaire (1992), trabalhando com plantas de clima temperado, e Rosário (1977), trabalhando com cana-de-açúcar, também afirmaram o mesmo, indicando ocorrer incrementos na taxa de alongamento de folhas (TAlF) em resposta à aplicação de N. Esse aumento pode resultar em incrementos lineares nessa resposta morfogênica devido ao grande estímulo que esse nutriente possui sobre a produção de novas células e não no tamanho das mesmas (GASTAL; NELSON, 1994).

Por outro lado, plantas deficientes em N podem apresentar reduções de três a quatro vezes nos valores de TAlF relativamente a plantas mantidas sob condições não limitantes (GASTAL; BELANGER; LEMAIRE, 1992). Mazzanti e Lemaire (1994) também encontraram efeitos significativos do nitrogênio sobre a TAlF quando a dose de nitrogênio passou de 40 para 90 kg/ha, aplicados a cada 45 dias. Foi obtido aumento médio de 15 a 28% na TAlF dos perfilhos protegidos, ao passo que os perfilhos pastejados não mostraram qualquer resposta significativa à fertilização. Em dois dos três anos de estudo Duru e Ducrocq (2000a) registraram aumento significativo na TAlF (76 a 80%) quando o suprimento de nitrogênio variou de 0 para 120 kg/ha sem que houvesse efeito dos regimes de corte avaliados. O mesmo padrão de resposta foi encontrado por Volenec e Nelson (1984) trabalhando com festuca, Garcez Neto, Nascimento Jr. e Regazzi (2002) com capim-mombaça, Alexandrino et al. (2000) e Pereira (2009) com capim-marandu.

O papel do suprimento de N sobre outra característica morfogênica, a taxa de aparecimento de folhas (TApF), pode ser analisado como resultado da combinação de uma série de fatores como altura de bainha, alongamento foliar e temperatura, simultaneamente (DURU; DUCROCQ, 2000 ab). Para plantas de clima temperado a influência da utilização de fertilizante nitrogenados é pequena sobre a TApF (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). A TApF, assim como a largura das folhas e senescência foliar, tendem a ser ligeiramente maiores quando se utiliza doses mais elevadas de N relativamente a doses mais baixas, apesar de a diferença não ser estatisticamente significativa (GASTAL; LEMAIRE, 1988). Porém, para plantas de clima

tropical esse tipo de informação começa a ser gerado, mas ainda sem que haja um padrão estabelecido de resposta da TApF em resposta ao uso de nitrogênio. Alexandrino et al. (2004) registraram aumentos na TApF com suprimento de N, obtendo um incremento linear positivo na rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Pereira (2009), trabalhando com esse mesmo capim em condições de lotação contínua e doses de nitrogênio, também registrou aumentos na TApF, o mesmo acontecendo com o capim-tanzânia (SILVEIRA; MONTEIRO, 2007; OLIVEIRA et. al., 2007), capim-xaraés (MARTUSCELLO et al., 2005), capim-vencedor (COSTA; PAULINO, MAGALHÃES, 2006) e capim-braquiária (SILVA, 2006). Outra característica importante com relação à TApF foi descrita por Sato (1980) em trabalho com níveis de temperatura e sua influência sobre a TApF de espécies de gramíneas de clima temperado e tropical. O autor mostrou que a TApF foi diretamente influenciada pela temperatura, sendo que para gramíneas de clima temperado houve aumento dos valores de TApF com o decréscimo da temperatura de 35°C para 15°C e, para gramíneas de clima tropical, houve diminuição.

A duração de vida ou longevidade das folhas também é alterada pela adição de fertilizantes nitrogenados e essa alteração é importante para o manejo do pastejo. Variações ambientais como temperatura, disponibilidade hídrica e teores de nitrogênio no solo provocam mudanças na longevidade das folhas (SBRISSIA; Da SILVA, 2001). A adição de fertilizantes nitrogenados faz com que o ritmo morfogênico das plantas fique acelerado e, conseqüentemente, como explicitado por Lemaire e Chapman (1996), ocorra aumento da senescência e diminuição da longevidade das folhas. Os mesmos autores mostraram que a combinação das respostas das características morfogênicas define e determina as características estruturais do dossel forrageiro. Uma dessas características estruturais é o número de folhas vivas por perfilho. Desse modo, diminuindo a longevidade das folhas com a adição do N, uma compensação na TApF (aumento) seria esperada para que o número de folhas vivas por perfilho permanecesse relativamente constante.

Nesse contexto, o nitrogênio promove alterações na estrutura do pasto, modificando, assim, o modo como esse é ofertado aos animais em pastejo. A estrutura do pasto pode ser descrita sob os planos vertical e horizontal e seu detalhamento minucioso é primordial para o entendimento das relações entre as plantas forrageiras e os animais, pois, em condições de pastejo, o animal a reconhece e, dentro da variabilidade disponível, faz suas escolhas alimentares por meio da desfolhação (MARRIOT; CARRÈRE, 1998). Desse modo, o animal ajusta seu

comportamento em pastejo de acordo com a oferta da fração preferida da forragem e a sua distribuição espacial no relvado (MANNETJE; EBERSOHN, 1980). Com a mobilidade do nitrogênio na planta (TAIZ; ZEIGER, 2009), as folhas em expansão contém maiores concentrações desse nutriente. Como essas folhas ficam dispostas nas regiões mais elevadas do dossel forrageiro (HODGSON, 1990), ou seja, na porção do estrato pastejável, a probabilidade de desfolhação acaba sendo maior para as folhas jovens relativamente às demais (LEMAIRE; AGNUSDEI, 2000).

Experimentos têm demonstrado que gramíneas forrageiras, providas de suprimento adequado de N, apresentam, em termos de perfilhos, grande vantagem em relação àquelas com baixo suprimento de N (e.g. ALEXANDRINO et al., 2004; MORAIS et al., 2006). De maneira geral, o fornecimento de N promove maior peso médio e densidade populacional de perfilhos (DDP). Caminha (2009), trabalhando com capim-marandu sob lotação contínua e doses de nitrogênio, demonstrou que os incrementos nas doses do fertilizante promoveram aumento em densidade populacional de perfilhos. Diversos autores relataram o mesmo comportamento em relação ao N influenciando positivamente a DPP em diferentes espécies de plantas forrageiras tropicais (GARCEZ NETO et al., 2002; LAVRES Jr et al., 2004; MORAIS et al., 2006; MARTUSCELLO et al., 2006), revelando o alto potencial de resposta e produção dessas plantas a esse nutriente. Esse incremento em DPP promove aumento na porção de folhas oferecidas aos animais, podendo, assim, fazer com que o volume do bocado despendido pelo animal seja maior. Dessa maneira, alternativas que busquem modificar a parte superior do dossel, a qual é oferecida e utilizada pelo animal, com o intuito de melhorar a qualidade da forragem e maximizar a colheita de forragem passaram a ser alvos de estudos recentes sobre o manejo de pastagens.

1.5 Interação planta-animal em ambientes pastoris

A problemática agronômica e ecológica na otimização dos processos de captação de energia luminosa para o crescimento das plantas e colheita da forragem produzida pelos animais em pastejo tem sido alvo de estudos na área de forragicultura nos últimos anos. Esses processos são os que determinam a produtividade do sistema e também a persistência das plantas numa pastagem, seja ela mono ou multi-específica.

Em pastagens, as plantas forrageiras formam um ecossistema bastante dinâmico e complexo. Isso se deve à interação entre os componentes do sistema, como os fatores solo, planta e animal, os quais são dependentes entre si, e também de fatores climáticos. Da Silva e Sbrissia (2001) salientaram que perturbações naturais como pragas, doenças, seca e chuva, além do manejo inadequado do pasto, em qualquer um dos componentes, conduzem, invariavelmente, a uma queda na produtividade global do sistema e, inevitavelmente, em sua rentabilidade.

Em condições de lotação contínua, o resultado da otimização depende do equilíbrio entre três processos dinâmicos: o crescimento, a senescência e o consumo de tecidos foliares por parte dos animais (AGNUSDEI, 1999). No caso de plantas forrageiras, a unidade biológica estudada, que compreende os três processos descritos acima, é o perfilho, o qual representa o menor nível de análise das interações entre plantas e animais. Segundo Parsons et al. (1991a) e Mazzanti e Lemaire (1994), além dos perfilhos individuais, essa relação pode ser estudada também em nível de categorias de folhas, como folhas em expansão, folhas completamente expandidas e folhas senescentes.

Estudos sobre o crescimento das plantas (PARSONS et al., 1983) e o fluxo de tecidos foliares na comunidade vegetal (BIRCHAM; HODGSON, 1983) permitiram a compreensão dos impactos dos processos de desfolhação na dinâmica de geração de novas folhas e do consumo dessas folhas pelos animais. Como descrito por Parsons et al. (1983), esses conhecimentos serviram de base para vários modelos mecanicistas utilizados para descrever a dinâmica das interações planta-animal sob pastejo.

A desfolhação representa um importante distúrbio em comunidades de plantas forrageiras, pois modifica os padrões de interceptação luminosa e as relações de competição entre plantas em função do pastejo seletivo, interferindo na morfologia do perfilho e, portanto, no crescimento do pasto (DURU; DUCROCQ, 2000a; Da SILVA; NASCIMENTO Jr., 2006). As respostas desencadeadas pelas plantas desfolhadas variam em função do regime de desfolhação empregado (severidade e freqüência), época do ano e também do estádio fenológico da planta no momento da desfolhação.

Estudos da interação planta-animal requerem análise integrada entre a população de perfilhos dos pastos, os processos de morfogênese foliar e, por fim, os processos que determinam as modalidades e a dinâmica de desfolhação dos perfilhos individuais. Briske (1996) relatou que em curto período de tempo após a desfolhação ocorrem respostas fisiológicas ligadas à redução

no suprimento de carbono, resultado da remoção da área foliar, limitando a produção de novos tecidos foliares. Em períodos mais longos, respostas morfológicas permitem à planta adaptar sua estrutura e arquitetura ao regime de desfolhação imposto e, desse modo, diminuir os efeitos ou até mesmo escapar do processo de desfolhação. Sendo assim, a plasticidade com que as plantas se ajustam a diferentes regimes de desfolhação exerce papel central na regulação tanto da produção de novos tecidos foliares como da acessibilidade destes aos animais em pastejo (LEMAIRE; AGNUSDEI, 2000).

1.6 Freqüência e severidade de desfolhação e seletividade animal em pastagens

Os perfilhos representam as unidades básicas que permitem a ligação entre eventos relacionados com os animais consumidores de forragem e as populações de plantas de uma pastagem, e é neste nível que os processos de desfolhação foliar devem ser analisados (HODGSON, 1966). Uma modalidade de desfolhação pode ser caracterizada por dois componentes: freqüência e severidade (AGNUSDEI, 1999). Bootsma; Ataja e Hodgson (1990), Hodgson (1990) e Wade (1991) definiram freqüência de desfolhação como sendo o número de desfolhações que uma folha ou perfilho sofre num dado período de tempo, normalmente expressa em número de desfolhações por dia. Entretanto, é comum observar trabalhos onde ao invés de se adotar a freqüência de desfolhação, os autores citam o seu inverso, que corresponde ao intervalo entre duas desfolhações sucessivas (GONÇALVES, 2002). A freqüência de desfolhação, como definida acima, corresponde à probabilidade média de desfolhação de um perfilho (ou de uma folha) ao longo de um dia de pastejo (AGNUSDEI, 1999). Admitindo-se que a população de perfilhos presentes em uma pastagem seja uniformemente distribuída pela superfície considerada, pode-se considerar que a proporção de perfilhos desfolhados durante um dia de pastejo represente a proporção da superfície da pastagem ofertada aos animais efetivamente pastejada ao longo desse período (WADE, 1991). Assim, a freqüência de desfolhação pode ser considerada como uma medida da dimensão horizontal da desfolhação em uma superfície pastejada (AGNUSDEI, 1999).

Hodgson (1990) relatou que um relvado é rebaixado em camadas, ou seja, os animais primeiro removem as porções mais elevadas do dossel para, numa seqüência seguinte de bocados, removerem camadas inferiores. Portanto, um mesmo perfilho ou folha pode ser pastejado mais de

uma vez ao longo de um ciclo de pastejo (CARVALHO et al., 2009). Se a probabilidade de desfolhação for analisada em nível de folhas individuais, é possível notar que, com o aumento na categoria de idade da folha (folhas mais velhas, posicionadas nos estratos inferiores do dossel), há uma diminuição na freqüência de desfolhação (MAZZANTI; LEMAIRE, 1994).

No método de lotação intermitente o controle da freqüência de desfolhação é mais evidente que no método de lotação contínua, pois, em regra geral, o intervalo de desfolhação é determinado pelo período de descanso dos pastos (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). No entanto, é importante notar que em função da densidade de lotação utilizada nem todos os perfilhos (ou folhas) são necessariamente desfolhados a cada "passagem" dos animais (JACKSON, 1975 e BRISKE; STUTH, 1982). Desse modo, a freqüência de desfolhação guarda íntima relação com a densidade de lotação empregada tanto em regimes de lotação contínua como de lotação intermitente (WADE, 1991, LEMAIRE; AGNUSDEI, 2000).

Hodgson e Ollerenshaw (1969) relataram que num sistema em que o método de pastejo é a lotação contínua, perfilhos individuais são desfolhados de maneira intermitente e que a freqüência de desfolhação é altamente relacionada com os níveis utilizados de densidade de lotação animal (WADE; BACKER, 1979). Segundo Lemaire e Chapman (1996), nos casos em que a lotação intermitente é adotada, a freqüência de desfolhação é determinada pela freqüência com que se movem os animais de um piquete para outro que, por sua vez, é função do tamanho dos piquetes, do número de piquetes, da taxa de acúmulo de forragem e do número de animais. Portanto, para lotação intermitente a freqüência de desfolhação acaba sendo determinada pelo ciclo de pastejo empregado (período de ocupação + período de descanso).

À medida que a freqüência de desfolhação aumenta, ocorre uma elevação no número de perfilhos e, nessa situação, maior densidade populacional de perfilhos é percebida em situações de lotação contínua quando comparadas a situações de lotação intermitente para uma mesma densidade de lotação (HODGSON; WADE, 1978). Adubações nitrogenadas influenciam indiretamente na freqüência de desfolhação de perfilhos individuais devido a seu efeito positivo sobre o crescimento da planta forrageira, que leva à necessidade de aumentar a densidade de lotação para manutenção das condições e controle da estrutura do relvado (MAZZANTI; LEMAIRE, 1994). É essa maior densidade de lotação que acaba por elevar a freqüência de desfolhação observada nessas circunstâncias.

O segundo componente da desfolhação é a severidade. Ela pode ser caracterizada como a proporção de tecidos foliares do perfilho removida pelo animal no momento da desfolhação (HODGSON, 1966). A severidade também pode ser considerada em nível de folhas individuais (MAZZANTTI; LEMAIRE, 1994). Wade (1991) definiu severidade de desfolhação de um perfilho em termos do comprimento total do perfilho estendido. Essa medida mais rápida de severidade de desfolhação permite definir o conceito de profundidade de desfolhação, que corresponde ao tamanho do estrato da forragem removido em relação à altura do dossel forrageiro. Por essa razão a severidade é considerada como uma medida da dimensão vertical da desfolhação (AGNUSDEI, 1999). Por outro lado, Lemaire e Chapman (1996) definiram severidade de desfolhação como sendo a proporção do comprimento inicial de uma folha que é removida durante um período de pastejo. Essa definição parece mais apropriada que aquela de Wade (1991), pois em plantas de clima tropical o colmo vegetativo é um componente limitante do consumo (Da SILVA; CARVALHO, 2005). Ao medir apenas as folhas, admite-se a importância da restrição física representada pelo posicionamento dos colmos sobre a profundidade de desfolhação e caracteriza-se a severidade de pastejo como sendo relativa à remoção de área foliar apenas, de forma análoga ao que ocorre em plantas de clima temperado em que o meristema apical permanece sempre muito próximo do nível do solo durante sua fase de desenvolvimento vegetativo. A severidade de desfolhação em condições de lotação contínua expressa com base na proporção de tecidos foliares removidos está intimamente ligada à taxa de lotação animal empregada (HODGSON, 1966; HODGSON; OLLERENSHAW, 1969; CURLL; WILKINS, 1982), e depende igualmente da altura do dossel forrageiro e de seu índice foliar. De forma geral, grandes diferenças foram reportadas na literatura para essa variável, com valores variando de 15 até 70% (AGNUSDEI, 1999). Wade (1991) reportou valores de profundidade de desfolhação estimada pela altura do perfilho estendido, encontrando valores relativamente estáveis ao redor de 35% dentro de uma amplitude significativa de alturas de pasto e níveis de densidade de lotação avaliados. Essa proporção foi idêntica tanto em condições de lotação contínua quanto de lotação intermitente. Mesmo assim, pode-se pensar que variações em severidade de desfolhação calculada com base na proporção de tecidos foliares removidos refletem o fato que, segundo a estrutura vertical da cobertura vegetal, uma mesma condição de altura do pasto não corresponde a uma condição idêntica de tecidos foliares (AGNUSDEI, 1999). Examinando igualmente a severidade de desfolhação em nível de folhas individuais, foram

encontrados valores relativamente estáveis, porém ao redor de 50% da altura dos pastos (MAZZANTI; LEMAIRE, 1994).

A diferença entre os valores apresentados por diferentes autores estaria mais relacionada com características intrínsecas das plantas forrageiras estudadas e com os métodos de pastejo adotados, fatores determinantes da plasticidade fenotípica das plantas forrageiras, ou seja, de sua capacidade de adaptação às condições impostas objetivando limitar o impacto do manejo sobre sua taxa de crescimento (HODGSON et al., 1981). Por outro lado, essa contradição nos métodos de mensuração de severidade de desfolhação pode ser explicada pelo fato de o comprimento da folha representar em média 1/3 do tamanho do perfilho estendido (AGNUSDEI, 1999). A principal fonte de variação na severidade de desfolhação é proveniente de diferenças na quantidade de folhas de cada perfilho que são desfolhadas simultaneamente enquanto o mesmo é desfolhado, e não de diferenças na severidade de desfolhação de folhas individuais. Isso corresponde, de fato, a um ajuste no bocado do animal em função da altura do pasto que lhe é oferecido (WADE, 1991) e isso é reflexo, da mesma forma, de diferenças tridimensionais na estrutura dos perfilhos (ângulos foliares). Desse modo, mudanças morfológicas no relvado têm efeito importante sobre a taxa de crescimento por meio de sua influência na habilidade das plantas de produzir novas folhas (GRANT; KING, 1983) e, também, sobre a severidade de desfolhação, uma vez que afeta a acessibilidade das folhas pelo animal em pastejo (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996).

Barthram e Grant (1984) e Chacon e Stobbs (1976) relataram que a partir do momento em que o rebaixamento do relvado atinge camadas onde há maior proporção de bainhas e colmos, ocorre decréscimo da severidade de desfolhação em função da limitação física imposta pela presença de colmos e bainhas. A densidade de lotação adotada e a duração do período de pastejo também interferem diretamente na severidade de desfolhação, e ambas as características derivam do método de pastejo empregado (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Esses mesmos autores relataram, ainda, que em regimes de lotação contínua surge uma situação onde o rebaixamento do relvado acontece de forma lenta e, concomitantemente, ocorre reconstituição da camada pastejada por meio do crescimento das plantas forrageiras. Já na lotação intermitente, o rebaixamento e a rebrotação do relvado aparecem de forma mais pontual e, por essa razão, são processos mais facilmente delimitados e distintos.

No caso de gramíneas tropicais, onde o componente colmo possui um crescimento precoce e exacerbado, Gomide e Gomide (1999) mencionaram que a adoção de severidades maiores de desfolhação pode contribuir para prevenir esse intenso processo, melhorando, assim, a relação folha:colmo da forragem presente na pastagem. Sendo assim, o comprimento do colmo é uma importante característica estrutural a ser levada em conta no manejo de pastagens por razões tanto de restrição de ingestão de forragem quanto pelo seu efeito sobre TAlF, TApF e respostas plásticas das gramíneas a estratégias de desfolhação empregadas (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996).

1.7 Eficiência de utilização de forragem produzida

A condução do processo de pastejo possui dois efeitos sobre a pastagem: (i) controle da captação de energia solar pela cobertura vegetal e sua influência sobre o IAF, e (ii) determinação da freqüência e severidade de desfolhação de componentes da população (espécies vegetais, plantas individuais, perfilhos e componentes morfológicos, especialmente folhas). Estes são determinados por meio de variações nos níveis empregados de taxa de lotação (AGNUSDEI, 1999).

A otimização da exploração pastoril pode se dar por meio da maximização da interceptação da energia solar e da produção de forragem e/ou por meio da maximização do consumo de forragem pelos animais. Na realidade, segundo Parsons (1994), deve-se buscar um equilíbrio entre esses dois objetivos contrastantes. Desse modo, a compreensão de como se dá o processo de crescimento e de colheita da forragem pelos animais em pastejo é fundamental para que se possa planejar sistemas eficientes e produtivos, uma vez que a maior produtividade é normalmente atingida numa amplitude de condições de pasto situada entre os extremos de máxima produção de forragem por unidade de área e máximo desempenho animal (Da SILVA; NASCIMENTO Jr., 2006).

Altas taxas de crescimento são conseguidas à custa de altas taxas fotossintéticas, condição em que, em contrapartida, favorece-se a ocorrência de elevadas taxas respiratórias e de senescência foliar (PARSONS et al, 1983). Esses processos têm uma implicação importante na utilização da forragem produzida, uma vez que a perda excessiva de forragem por senescência implica, obrigatoriamente, em baixa utilização (Da SILVA; SBRISSIA, 2001). De maneira

contrária, taxas reduzidas de crescimento (taxas fotossintéticas e respiratórias mais baixas) operam no sentido de reduzir a perda de material por senescência, aumentando, dessa forma, a eficiência de utilização da forragem produzida (PARSONS et al., 1983).

Forragem não pode ser armazenada no campo; a maioria das folhas verdes que são deixadas nos perfilhos após desfolhação entra em processo de senescência durante o intervalo entre cortes ou pastejos, não sendo recuperadas posteriormente. Isso é conseqüência do limitado tempo de duração de vida das folhas, que assegura que uma vez que as folhas alcancem a maturidade, mudanças degenerativas relacionadas com a senescência serão logo iniciadas (HODGSON, 1990). Folhas senescentes ou mortas são preteridas pelos animais durante o pastejo, fato que aumenta as perdas de forragem, reduzindo a eficiência de utilização e de pastejo.

Em pastagens, a porção das folhas que não é ingerida pelos animais e entra em processo de senescência retorna ao solo na forma de serapilheira. Em condições de equilíbrio dinâmico sob lotação contínua (*steady state*), mesmo considerando-se que todos os tecidos foliares produzidos estão acessíveis aos animais, a duração limitada de vida das folhas também resulta na ocorrência de uma proporção importante de tecidos foliares que escapam da ingestão pelos animais e acabam retornando ao solo (AGNUSDEI, 1999). Sendo assim, alternativas que busquem evitar perdas excessivas de material produzido são de grande interesse potencial para o manejo de pastagens, uma vez que permitiriam aumentar a eficiência do processo de produção animal em pasto.

A eficiência de utilização de forragem em sistemas de pastejo é definida como a proporção da forragem produzida que é colhida pelos animais antes que seja iniciado o processo de senescência (HODGSON, 1990). Assim, a eficiência de utilização é função da proporção do comprimento da lâmina foliar que escapa do pastejo e senesce (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Nesse contexto, a otimização da eficiência de utilização requer uma compreensão da duração de vida das folhas e de outros fatores influenciando o processo de colheita da forragem produzida, como a freqüência e a severidade de desfolhação (Da SILVA; SBRISSIA, 2001).

Toda vez que se busca máxima eficiência de utilização da produção vegetal (densidade de lotação elevada) incorre-se numa retração da eficiência de conversão alimentar e, conseqüentemente, do desempenho individual dos animais (GONÇALVES, 2002). Tal fato é conseqüência de redução da oferta de forragem e da oportunidade de seleção durante o pastejo, resultando em menor quantidade de material ingerido com menor valor nutritivo (TRINDADE et

al., 2007; PALHANO et al., 2007). O inverso também acontece, ou seja, ao buscar máximo desempenho animal (densidade de lotação baixa), ocorre aumento nas sobras de forragem e, com isso, nas perdas de material por senescência (CARVALHO et al., 2009). A otimização da produção de pastagens não deve ser concebida, portanto, como a maximização da quantidade de forragem produzida ou somente consumida pelos animais pura e simplesmente, mas sim como o resultado do compromisso entre os três processos de fluxo de tecidos especialmente relacionados às folhas: crescimento, senescência e consumo (BIRCHAM; HODGSON, 1983; HODGSON, 1990; CARVALHO et al., 2009).

Mazzanti e Lemaire (1994) demonstraram que a proporção do comprimento da folha que escapa do pastejo e eventualmente senesce pode ser estimada a partir da relação entre o tempo de vida das folhas e o intervalo de desfolhação, que determina o número máximo de vezes que uma folha é visitada enquanto viva. Esses autores estimaram uma eficiência de utilização máxima teórica da forragem produzida em pastos de festuca (*Festuca arundinaceae* Schreb.) com base na remoção de uma proporção relativamente constante do comprimento da lâmina foliar de 50% (severidade de desfolhação), um intervalo médio entre desfolhações de 20 dias (equivalente a uma freqüência de 0,05 desfolhação.perfilho^{-1}.dia^{-1}) e uma vida útil das folhas de 40 dias (Figura 3). Esses valores, combinados, indicaram que cada folha estaria sujeita a duas desfolhações durante seu período de vida e que, a cada desfolhação, 50% do comprimento do limbo foliar seria removido, originando uma eficiência máxima teórica de utilização de 75%. Os mesmos autores confirmaram essa expectativa teórica por meio de um experimento de campo, onde encontraram uma eficiência de utilização efetiva de 73% para festuca manejada sob lotação contínua e suprimento adequado de nitrogênio. Nesse mesmo trabalho os autores mostraram também que suprimento inadequado de nitrogênio resultou em redução da eficiência de utilização da pastagem (57%), resultado explicado pelo fato de que com baixo suprimento de N o intervalo entre desfolhações foi maior (28 e 20 dias para suprimento inadequado e ótimo de N, respectivamente), conseqüência da menor taxa de lotação utilizada para manter o pasto no mesmo IAF. Dessa forma, é possível inferir que, em pastagens mantidas num IAF constante sob lotação contínua, qualquer redução na produção de tecido foliar causada por deficiência no suprimento de N ou de outro fator de crescimento qualquer conduzirá a uma redução na taxa de lotação que, por sua vez, contribuirá para uma menor utilização da forragem. Segundo Lemaire et al. (2009), a magnitude dessa redução na eficiência de utilização é dependente do tempo de vida das folhas das diferentes

espécies de gramíneas, e isso necessita ser considerado quando do planejamento de sistemas que visem otimizar a eficiência de colheita. Esses mesmos autores afirmaram que, teoricamente, a redução na eficiência de pastejo induzida por uma diminuição no crescimento da pastagem e, conseqüentemente, na taxa de lotação, poderia ser maior para espécies caracterizadas por curtos períodos de vida das folhas (baixa longevidade).

Em trabalho pioneiro com gramíneas tropicais, Gonçalves (2002) avaliou a freqüência e severidade de desfolhação de perfilhos individuais em pastos de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Webster cv. Marandu submetidos a regimes de lotação contínua (pastos mantidos a 10, 20, 30 e 40 cm de altura do dossel). Os resultados obtidos por esse autor mostraram uma relação linear positiva entre a proporção da área pastejada diariamente (freqüência de desfolhação de perfilhos expressa em porcentagem) e a densidade de lotação dos pastos, indicando que a manipulação da taxa de lotação pode ser uma ferramenta importante e determinante da eficiência de pastejo também em pastagens tropicais. Além disso, uma série de trabalhos realizados na mesma área experimental e de forma concomitante ao conduzido por Gonçalves (2002) mostrou que a faixa de altura onde a estabilidade, produtividade de forragem nos pastos e produtividade animal foram maximizadas esteve entre 20 e 40 cm de altura (LUPINACCI, 2002; ANDRADE, 2003; SARMENTO, 2003; MOLAN, 2004 e SBRISSIA, 2004). Apesar de nos pastos mais baixos terem sido observadas as maiores eficiências de utilização (GONÇALVES, 2002), isso não resultou em maior produção animal, conseqüência, principalmente, da redução no consumo individual de forragem (SARMENTO, 2003). Dessa forma, os maiores ganhos por área registrados nos pastos mantidos a 30 cm foram conseguidos à custa de uma redução na eficiência de utilização de cerca de 15 pontos percentuais (GONÇALVES, 2002), indicando que técnicas de manejo que permitam aumentar a eficiência de utilização da forragem em pastos mantidos a 30 cm sob lotação contínua poderiam trazer benefícios para a produtividade de sistemas baseados na exploração do capim-marandu sob lotação contínua.

MODELO CONCEITUAL

Para melhor entendimento da proposta de trabalho, elaborou-se um modelo conceitual (Figura 3), no qual as variáveis de maior relevância foram associadas. Segundo esse modelo, a adição de nitrogênio nos pastos mantidos a 30 cm de altura proporciona uma aceleração no ritmo

de crescimento, aumentando assim as taxas de acúmulo de forragem. Este, por sua vez, promove aumentos na freqüência de desfolhação de perfilhos e folhas, uma vez que aumentos em taxas de lotação precisam ser realizados para a manutenção da altura dos pastos. Essa maior taxa de lotação permitiria que um maior número de desfolhações fosse realizado durante a vida das folhas, reduzindo perdas por senescência e aumentando a eficiência de utilização da forragem produzida. Nesse contexto, a duração de vida das folhas tem papel fundamental, pois, se for reduzida com a aceleração do ritmo de crescimento das plantas, poderá resultar em diminuição do número de eventos de desfolhação durante a vida das folhas e, desse modo, negar os benefícios gerados pelo decorrente aumento em taxa de lotação.

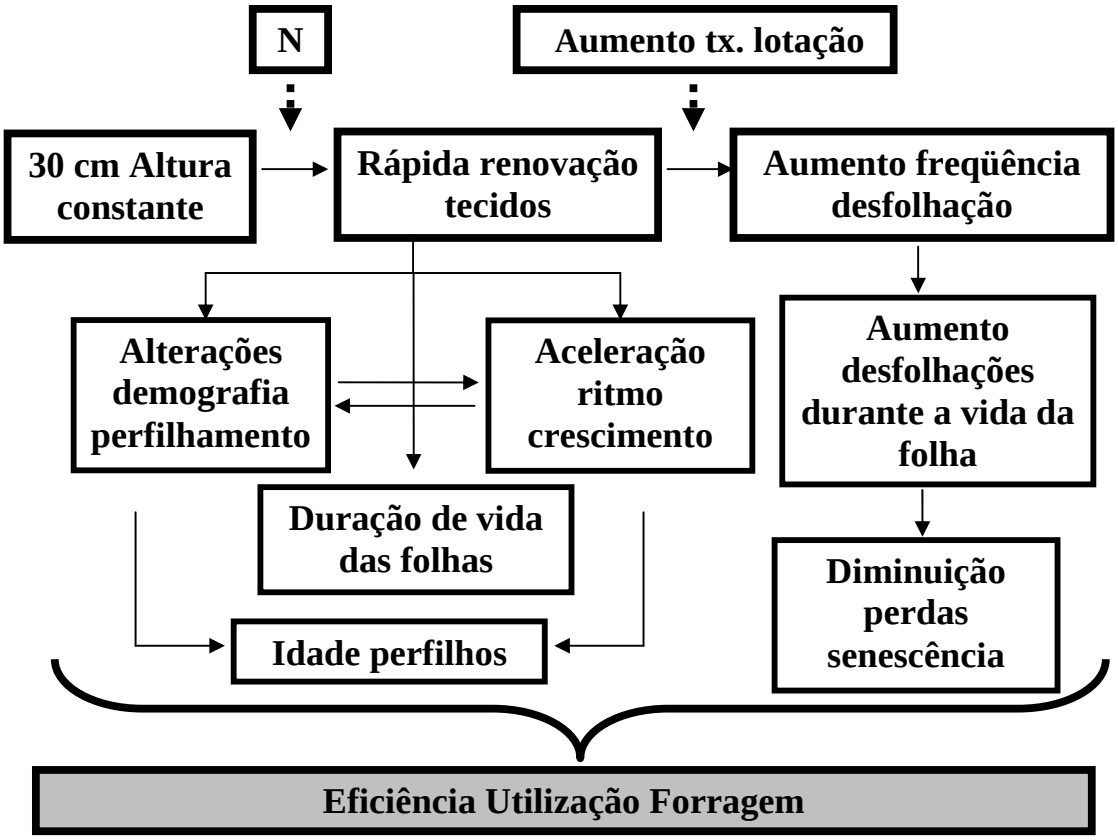


Figura 3 – Modelo conceitual proposto de associação entre as principais variáveis envolvidas no presente estudo

HIPÓTESE

A aceleração do ritmo de crescimento de pastos de capim-marandu mantidos a 30 cm sob lotação contínua por meio do uso de adubação nitrogenada resulta em aumento de eficiência de utilização da forragem produzida por aumentar o número de desfolhações sofridas pelas folhas durante seu período de vida antes do início do processo de senescência, resultado do aumento na taxa de lotação necessária para manter a meta de manejo do pasto.

OBJETIVOS

Mensurar variações em freqüência e severidade de desfolhação de perfilhos individuais e suas implicações sobre a eficiência de utilização da forragem produzida em pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu mantidos a 30 cm por meio de lotação contínua e submetidos a ritmos de crescimento induzidos por meio de fertilização nitrogenada.

Referências

AGNUSDEI, M. **Analyse de la dynamique de la morphogenèse foliaire et de la défoliation de plusieurs espèces de graminées soumises à um pâturage continu dans une communauté végetale de la pampa humide (Argentine)**. 1999. 108 p (Docteur Thèse) - L'Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy-Metz, 1999.

ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO JR., D.; MOSQUIM, P.R. FONSECA, D.M. ; SOUZA, D.P. Efeito de três doses de nitrogênio sobre características da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu após o corte de uniformização. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais**... Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. 1 CD-ROM: Forragicultura.

ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; MOSQUIM, P.R., REGAZZI, A.J.: ROCHA, F.C. Características morfogênicas e estruturais na rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a três doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.6, p.1372-1379, 2004.

ANDRADE, F.M.E. **Produção de forragem e valor alimentício do capim-Marandu submetido a regimes de lotação contínua por bovinos de corte**. 2003. 125 p. Dissertação (Mestrado Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

ANUALPEC **Anuário da Pecuária Brasileira**. São Paulo: Ed. FNP – Consultoria e Comércio, Editora Argos, 2002. 392p.

BARTHRAM, G.T.; GRANT, S.A. Defoliation of ryegrass-dominated sward by sheep. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.39, p.211-219, 1984.

BEN-HAJ-SALAH H.; TARDIEU, F. Temperature affects expansion rate of maize leaves without change in spatial distribution of cell length. **Plant Physiology**, Minneapolis, v.109, p. 861-870, 1995.

BIRCHAM, J.S.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 38, p. 323-331, 1983.

BOOTSMA, A.; ATAJA, A.M.; HODGSON, J. Diet selection by young deer grazing mixed ryegrass/white clover pastures. **Proceedings of the New Zealand Grassland Association**, Dunedin, v.51, p. 187-190, 1990.

BRISKE, D.D.; STUTH, J.W. Tiller defoliation in a moderate and heavy grazing regime. **Journal of Range Management**, Wheat Ridge, v.35, p.511-514, 1982.

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

BRISKE, D.D. Strategies of plant survival in grazed systems: A functional interpretation. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. London: CAB International, 1996. p. 37- 67.

BROUGHAM, R.M. Effects of intensity of defoliation on regrowth pastures. **Australian Journal of Agricultural Research,** Melbourne,v..7, p. 377-387, 1956.

CALVIÈRE, I., DURU, M. Leaf appearance and senescence patterns of some pasture species. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 50, p.447-451, 1995.

CAMINHA, F.O. **Densidade populacional, padrões demográficos e dinâmica da população de perfilhos em pastos de capim-marandu submetidos a lotação contínua e ritmos de crescimento contrastantes.** 2009. 83p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

CARVALHO, P.C.F.; TRINDADE, J.K.; da SILVA, S.C.; BREMM, C.; MEZZALIRA, J.C.; NABINGER, C.; AMARAL, M.F.; CARASSAI, I.J.; MARTINS, R.S.; GENRO, T.C.M.; GONÇALVES, E.N.; AMARAL, G.A.; GONDA, H.L.; POLI, C.H.E.C.; SANTOS, D.T. Consumo de forragem por animais em pastejo: analogias e simulações em pastoreio rotativo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM – INTENSIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTO, 2009, Piracicaba. **Anais**... Piracicaba: FEALQ, 2009. p. 61-93.

CHACON, E.; STOBBS, T.H. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behavior of cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 27, p. 709-727, 1976.

COSTA, N.L.; PAULINO, V.T.; MAGALHÃES, J.A. Produção de forragem, composição química e morfogênese de *Panicum maximum* cv. Vencedor sob diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Revista Cientifica Produção Anim**al, Teresina, v.8, n.1,p. 66-71, 2006.

CRUZ, P.; BOVAL, M. Effect of nitrogen on some morphogenetic traits of temperate and tropical perennial forage grasses. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A. (Ed.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Curitiba; Wallingford: CABI Publishing. 2000. p. 151-168.

CURLL, M.L.; WILKINS, R.J. Frequency and severity of defoliation of Grass and clover by sheep at differents stocking rates. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 37, n. 4,p.291-297, 1982.

DA SILVA, S.C. Fundamentos para o manejo de pastagens de plantas forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa. **Anais**... Viçosa: Editora Suprema, 2004. p. 347-685.

DA SILVA, S.C.; PEDREIRA,C.G.S. Princípios de ecologia aplicados ao manejo da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 3., 1997, Jaboticabal. **Anais**… Jaboticabal: FUNEP, 1997a. p. 1-62.

DA SILVA, S.C.; SBRISSIA, A.F. A planta forrageira no sistema de produção. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 17., 2001, Piracicaba. **Anais**... Piracicaba: FEALQ, 2001. v. 1, p. 3-20.

DA SILVA, S.C.; CORSI, M. Manejo do pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM – PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTAGENS, 20., 2003, Piracicaba. **Anais**... Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 155-186.

DA SILVA, S.C.; CARVALHO, P.C.F. Foraging behaviour and herbage intake in the favourable tropics/sub-tropics. In: MCGILLOWAY, D.A. (Org.). **Grassland**: a global resource. Wageningen: Wageningen Academic Publ., 2005a. chap. 6, p. 81-95.

DA SILVA, S.C.; CARVALHO, P.C.F. Foraging behaviour and herbage intake in the favourable tropics/sub-tropics. In: MCGILLOWAY, D.A. (Org.). **Grassland:** a global resource. Wageningen: Wageningen Academic, 2005b. p. 81-95.

DA SILVA, S.C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Ecofisiologia de plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3., 2006, Viçosa. **Anais**... Viçosa: Ed. Suprema, 2006. p. 1-42.

DE ALDANA B.R.V., BERENDSE, F. Nitrogen-use-eficiency in six perennial grasses from contrasting habitats. **Functional Ecology,** London**,** v.11, p.619-626, 1997.

DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive leaves on a Cocksfoot tiller. Effect of nitrogen and cutting regime. **Annals of Botany**, Oxford, v. 85, p. 645-653, 2000a.

DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the sucessive leaves on tiller. Ontogenic development and effect of temperature. **Annals of Botany**, Oxford, v. 85, p.635-643, 2000b.

DURU, M.; BALENT, G.; LANGLET, A. Mineral nutritional status and botanical composition of pastures. I. Effects on herbage accumulation. **European Journal of Agronomy**, London, v.3, p.43-51, 1994.

FAO, **Food and Agricultural Organization**. http://www.fao.org. Acesso em: 21 jan. 2010.

GARCEZ NETO, A.F.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; REGAZZI, A.J. Respostas morfogênicas e estruturais de Panicum maximum cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 5, p.1890-1900, 2002.

GASTAL F.; LEMAIRE G. Study of a tall fescue sward grown under nitrogen deficiency conditions. In: MEETING OF THE EUROPEAN GRASSLAND FEDERATION, 12., 1988 Dublin. **Proceedings**... Belclare: Irish Grassland Association, 1988. p.323-327.

GASTAL, F.; NELSON, C.J. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 105, p. 191-197, 1994.

GASTAL, F.; BELANGER, G.; LEMAIRE, G. A model of the leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. **Annals of Botany**, Oxford, v. 70, p. 437-442, 1992.

GOMIDE, J.A.; GOMIDE, C.A.M. Fundamentos e estratégia do manejo de pastagens. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1.,1999 Viçosa, , **Anais**... Viçosa, 1999. p. 179-200.

GONÇALVES, A.C. **Características morfogênicas e padrões de desfolhação em pastos de capim-Marandu submetidos a regimes de lotação contínua**. 2002. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

GRANT, S.A.; KING, J. Grazing management and pasture production: the importance of sward morphological adaptations and canopy photosynthesis. **Biennal Report of the Hill Farming Research Organization**, Aberdeen, 1982-1983, p.119-129.

HODGSON, J. The frequency of defoliation of individual tillers in a set-stocked swards. **Journal of the British Society**, Warwickshire, v. 21, p.258-263, 1966.

HODGSON, J. The control of herbage intake in the grazing ruminant. **Proceedings Nutrition Soc**iety, Cambridge, v. 44, p. 339–346, 1985.

HODGSON, J. **Grazing management:** science into practice. Essex; New York,: Longman Scientific & Technical, 1990. 203 p.

HODGSON, J.;OLLERENSHAW, J.H. The frequency and severity of defoliation of individual tillers inset-stocked swards. **Journal of British Grassland Society**, Warwickshire, v.24, p.226-234, 1969.

HODGSON, J.; WADE, M.H. Grazing management and herbage production. In: Grazing sward production and livestock output, Britain Grassld. Society, **Winter Meeting…**, 1.1-1.12, 1978.

HODGSON, J.; BIRCHAM, J.S.,;GRANT, S.A.; KING, J. The influence of cutting and grazing management on herbage growth and utilization. In: WRIGHT, C.E. (Ed.). Plant physiology and herbage production. Occ. Symp., 13, 1981. **Proceedings…** Britan. Grassld. Society. p. 51-62,

HOPKINS **A.** Herbage production. In: HOPKINS A, (Ed.). **Grass**: its production and utilizatio*n*, 3rd ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. p. 90–110.

JACKSON, D.K. The influence of patterns of defoliation on sward morphology. In: HODGSON, J., JACKSON, D. K. (Ed.). **Pasture utilization by the grazing animal. Oxford:** British Grassland Society, 1975. p.51-60. (Occasional Symposium, 8.)

KORTE, C. J.; HARRIS, W. Effects of grazing an cutting. In: SNAYDON, R.W. Managed Grasslands: Analytical Studies. Amsterdam: Elsevier Science Publisher B.V. **Ecosystem of the World**, v. 17B, p. 71-79, 1987.

LAVRES JR., J.; FERRAGINE, M.D.C.; GERDES, L.todos et al. Yield components and morphogenesis of Aruana grass in response to nitrogen supply. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.61, n.6, p.632-639, 2004.

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

LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; NABINGER, C.; CARVALHO; P. C. F. (Ed.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Curitiba. Wallingford: CAB International, 2000. p. 265-288.

LEMAIRE, G.; da SILVA, S.C.; AGNUSDEI, M.; WADE, M.; HODGSON, J. Interactions between leaf lifespan and defoliation frequency in temperate and tropical pastures: a review. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.64, p. 341-353, 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.** 2002. 160p. Dissertação (Mestrado na área de Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MANNETJE, L't.; EBERSOHN, J.P. Relations between sward characteristics and animal production. **Tropical Grassland**, St Lucia, v.14, p.265-273, 1980.

MARRIOTT, C.A.; CARRÈRE P. Structure and dynamics of grazed vegetation. **Annales de Zootechnie**, Paris, v.47, p.359-369, 1998.

MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. todos et. al. Características morfogênicas e estruturais do capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.5, p.1475-1482, 2005.

MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO JR, D.SANTOS, P. M., CUNHA, D. N. F. V., MOREIRA, L. M. Características morfogênicas e estruturais de capim-massai submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.3, p.665-671, 2006.

MAZZANTI, A.; LEMAIRE, G. Effect of nitrogen fertilization on the herbage production of tall fescue swards grazed continuously with sheep. 2. Consumption and efficiency of herbage utilization. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 49, p. 352-359, 1994.

MOLAN, L.K. **Estrutura do dossel, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a alturas de pastejo por meio de lotação contínua.** 2004. 159 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MORAIS, R.V.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JR., D.; RIBEIRO JR., J. I.; FAGUNDES, J. L.; MOREIRA, L.M.; MISTURA, C.; MARTUSCELLO, J.A. Demografia de perfilhos basilares em pastagem de *Brachiaria decumbens* adubada com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 380-388, 2006.

NABINGER, C. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 1997, Piracicaba. **Anais**... Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 213-251.

NABINGER, C.; PONTES, L.S. Morfogênese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais**... Piracicaba: SBZ, 2001. p. 755-771.

OLIVEIRA, A.B., PIRES, A.J.V.; MATOS-NETO, U.; CARVALHO, G.G.P.; VELOSO, C.M.; SILVA, F.F. Morfogênese do capim-tanzânia submetido a adubações e intensidades de corte. **Revista Brasileira Zootecnia,** Viçosa, v. 36, n.4, p. 1006-1013, 2007.

PALHANO,A.L.; CARVALHO, P.C.F.; DITTRICH, J.R.; MORAES, A.; da SILVA, S.C.; MONTEIRO, A.L.G. Características do processo de ingestão de forragem por novilhas holandesas em pastagens de capim-mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, p.1014-1021, 2007.

PARSONS, A.J.;JOHNSON, J.R.; HARVEY, A. Use of a model to optimize the interaction between frequency and severity of intermittent defoliation and to provide fundamental comparison of the continuous and intermittent desfolation of grass. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 43, p. 49-59,1988.

PARSONS, A.J.; HARVEY, A.; WOLEDGE, J. Plant/animal interactions in a continuously grazed mixture. 1 – Differences in the physiology of leaf expansion an the fate of leaves of grass and clover. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, 28, 619-634, 1991a.

PARSONS, A.J.; LEAFE, E.L.;COLLET, B.; STILES, W. The physiology of grass production under grazing. 1. characteristics of leaf and canopy photosynthesis of continuously grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 20, n. 1, p. 117-126, 1983a.

PARSONS, A.J.; LEAFE, E.L.; COLLETT, B.; PENNING, P.D.; LEWIS, J. The physiology of grass production under grazing. II. Photosynthesis, crop growth and animal intake of continuously-grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 20, p. 127-139, 1983.

PARSONS, A. J. Exploiting resource capture – grassland. In: MONTEITH J.L. ; UNSWORTH M.H. (Ed.). **Resource capture in crops**. Nottingham University Press, 1994. p. 315-322.

PEREIRA, L.E.T. **Morfogênese e estrutura do dossel de pastos de capim-marandu submetidos à lotação contínua e ritmos morfogênicos contrastantes.** Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

ROBSON, M.J.;RYLE, G. J.A.; WOLEDGE, J. The grass plant – its form and function. In: JONES, M.B.;LAZENBY, A. (Ed.) .**The Grass Crop:** The physiological basis of production. London: Chapman and Hall, 1988. p. 25-83.

ROSARIO, E.L. Influence of fertility level on yield determining physiomorphological characteristics of some sugarcane varieties. **Philippine Journal of Crop Science**, Laguna, v.2, p.19-30, 1977.

SARMENTO, D.O.L. **Comportamento ingestivo de pastos em capim-marandu submetidos a regimes de lotação contínua.** 2003. 76 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

SATO, K. Growth responses of some gramineous forage crops to daylength and temperature. **Journal of Japanese Society of Grassland Science,** Tochigui**,** v.25, p.311-318,1980.

STEEVES, T.A.; SUSSEX, I.M. **Patterns in plant development.** Cambridge:Cambridge University Press, 1989. p. 388.

SBRISSIA, A.F. **Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim-Marandu sob lotação contínua.** 2004. 171 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SBRISSIA, A.F.; DA SILVA, S.C. O ecossistema de pastagens e a produção animal In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais**... Piracicaba: SBZ, 2001. p. 731-754.

SILVA, C.C.F. **Morfogênese e produção de braquiárias submetidas à diferentes doses de nitrogênio**. 2006. 71 p. Dissertação (Mestrado em Produção de Ruminantes) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2006.

SILVEIRA, C.P.;MONTEIRO, F. A. Morfogênese e produção de biomassa do capim-tanzânia adubado com nitrogênio e cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.2, p 335-342, Viçosa, 2007.

SOLLENBERGER, L.E.; DUBEUX, Jr., J.C.B.; SANTOS, H.Q.; MATHEWS, B.W. Nutrient cycling in tropical pasture ecosystems. In: BATISTA, A.M.V. (Ed.) **Proc**. Brazilian Soc. Animal Sci., Recife, Brazil. 29 July–1 Aug. 2002. Sociedade Brasileira de Zootecnia, Brasilia, Brazil, 2002. p. 151–179.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p

TOPALL, O.;JOUANY, C. DURU, M. CRUZ, P.Assessing the effect of N and P supply on dry matter yield of three tropical grasses. p. 189–192. In ;GOMIDE, J.A. et al. (Ed.). INT. GRASSL. CONGR., 19, 2001. Piracicaba. **Proceedings…** Piracicaba:Brazilian Soc. Of Animal Husbandry, 11–21 Feb. 2001. 2001.

TRINDADE, J.K.; da SILVA, S.C.; SOUZA-JUNIOR, S.J.; GIACOMINI, A.A.; ZEFERINO, C.V.; GUARDA, V.D.; CARVALHO, P.C.F. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégia de pastejo rotativo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, p. 883-890, 2007.

VALENTINE, I.; MATTHEW, C. Plant growth, development and yield. In: WHITE, J.; HODGSON, J. (Ed.). **New Zealand Pasture and Crop Science**. Auckland: Oxford University Press, 1999. p. 11-27.

VOLENEC, J.J.; NELSON, C.J. Carbohydrate metabolism in leaf meristems of tall fescue. II Relationship to leaf elongation modified by nitrogen fertilization. **Plant Physiology**, Stanford, v.74, p. 595-600, 1984.

VOS, J.; VAN DER PUTTEN, P.E.L.; BIRCH, C.J. Effect of nitrogen supply on leaf appearance, leaf growth, leaf nittrogen economy and photosynthetic capacity in maize (*Zea mays* L.). **Field Crop Research**, Amsterdam, v.93, n.1, p.64-73, 2005.

WADE, M.H.; BAKER, R.D. Defoliation inset-stocked grazing systems. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.34, p.73-74, 1979.

WADE, M.H. **Factors affecting the availability of vegetative *Lolium perenne* L. to grazing dairy cows with special reference to sward characteristics, stocking rate and grazing method.** 1991. 57p. (Docteur Thèse) - Université de Rennes, Rennes, 1991.

WARNDORFF, M.; DOURAT, A.;KIPNIS, T. The effect of tiller length and age on herbage quality of hybrid pennisetum canopies. **Netherland Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v.35,p. 21-28, 1987.

WATSON, D.J. The dependence of net assimilation on leaf area index. **Annals of Botany**, Oxford, v.22, p. 255-261, 1958.

2 FREQUÊNCIA E SEVERIDADE DE DESFOLHAÇÃO DE FOLHAS E PERFILHOS EM PASTOS DE CAPIM-MARANDU MANEJADOS SOB LOTAÇÃO CONTÍNUA E RITMOS DE CRESCIMENTO INDUZIDOS POR FERTILIZAÇÃO NITROGENADA

Resumo

O processo de colheita da forragem produzida pelos animais em pastejo corresponde à integral dos eventos de desfolhação que ocorrem em perfilhos e folhas individuais do dossel forrageiro. Sob lotação contínua esses padrões de desfolhação sofrem influência direta da taxa de lotação empregada que, por sua vez, é dependente do ritmo de crescimento da pastagem. O objetivo deste trabalho foi avaliar a freqüência e a severidade de desfolhação de perfilhos e folhas em pastos de capim-marandu manejados a 30 cm sob lotação contínua e submetidos a ritmos de crescimento gerados pela aplicação das doses 150, 300 e 450 kg/ha.ano de N, mais o controle (sem adubação). Os tratamentos foram alocados às unidades experimentais (piquetes de 1200 m^2) segundo um delineamento de blocos completos casualizados, com quatro repetições. Foram coletados dados de 30 perfilhos por piquete em ciclos de 28 dias. Após 28 dias, novos perfilhos eram selecionados e um novo ciclo de avaliações realizado. Foram avaliadas as seguintes variáveis-resposta de janeiro de 2007 a abril de 2008: densidade de lotação animal, freqüência de desfolhação de perfilhos, freqüência de desfolhação de folhas, freqüência de desfolhação para cada categoria de folha (senescente, expandida e em expansão), severidade de desfolhação do perfilho estendido, severidade de desfolhação de folhas e severidade de desfolhação para cada categoria de folha (senescente, expandida e em expansão). Pastos mantidos sob ritmos de crescimento mais acelerados mantiveram maior densidade de lotação animal relativamente àqueles mantidos sob ritmos de crescimento mais lentos, o que resultou em maiores freqüências de desfolhação tanto de perfilhos como de folhas nos pastos adubados (150, 300 e 450 kg/ha de N) em relação aos não adubados. De forma geral, não houve variação expressiva em severidade de desfolhação entre tratamentos. Variações tanto para freqüência quanto para severidade de desfolhação foram condicionadas pelas épocas do ano, indicando que estiveram associadas à estacionalidade de produção de forragem dos pastos. Desse modo, durante a época seca do ano (outono/inverno e início da primavera), não houve diferença entre os tratamentos avaliados. O uso de N altera os padrões de desfolhação de perfilhos individuais durante as épocas de maior crescimento das plantas, o que permite que seja utilizado com a finalidade de promover ajustes finos na eficiência de colheita e melhoria do valor nutritivo da forragem produzida, além de aumentar a produção.

Palavras-chave: Padrões de desfolhação; Freqüência; Severidade; Nitrogênio; Manejo do pastejo; Lotação contínua

Abstract

Harvest of the produced herbage under grazing corresponds to the integration of defoliation events that occur on individual tillers and leaves. Under continuous stocking, defoliation patterns are directly related to variations in stocking rate that, in turn, is dependent of sward herbage accumulation rate. The objective of this experiment was to evaluate frequency and severity of defoliation of individual tillers and leaves on continuously stocked marandu palisadegrass swards managed at 30 cm and subjected to nitrogen-induced growth rhythms created by the application of 150, 300 and 450 kg/ha.year of N, plus the control (non-fertilisation). Treatments were allocated to experimental units (1200 m^2 paddocks) according to a randomised complete block design, with four replications. Data were collected from a set of 30 tillers per paddock during 28-day evaluation cycles. After 28 days, a new set of tillers was selected and a new evaluation cycle performed. From January 2007 until April 2008 the following response variables were evaluated: stocking density, defoliation frequency of tillers and leaves (senescent, expanded and expanding leaves), defoliation severity of extended tillers and leaves (senescent, expanded and expanding leaves). Swards fertilised with 300 and 450 kg/ha of N supported larger stocking density than those non-fertilised or fertilised with 150 kg/ha of N, resulting in higher defoliation frequency of tillers and leaves on fertilised than on non-fertilised swards. Overall, there was no variation in defoliation severity among treatments. Recorded variations in frequency and severity of defoliation were conditioned by season of the year, indicating that they were related to the seasonality of herbage production. During the dry period of the year (autumn/winter and early spring), there was no difference among treatments. The use of N alters patterns of defoliation on individual tillers and leaves at times when plants are growing fast, suggesting that it could be considered as a means of manipulating the grazing process in order to promote fine adjustments in utilisation efficiency and enhancement of herbage nutritive value, both additional benefits to increased herbage production.

Keywords: Defoliation patterns; Frequency; Severity; Nitrogen: Grazing management; Continuous stocking

2.1 Introdução

Entender os fatores que afetam a dinâmica das espécies sob pastejo é o principal foco dos estudos de ecologia do pastejo. Da Silva e Nascimento Jr (2007) relataram que a pesquisa com plantas forrageiras tem mudado rapidamente nos últimos anos de forma a contemplar a necessidade crescente de informações acerca das respostas a variações em estrutura do dossel forrageiro, ponto de integração das respostas de plantas e animais em sistemas pastoris (Hodgson, 1985).

O processo de pastejo pode ser controlado por meio da manipulação da freqüência e da severidade de desfolhação a que as plantas são submetidas (CARNEVALLI et al., 2006.

BARBOSA et al., 2007a), as quais, por sua vez, afetam a estrutura do dossel e possuem padrões distintos de variação dependendo do método de pastejo empregado (lotação contínua ou intermitente) (CARVALHO et al, 2009). Em sistemas de produção animal em pasto os tecidos foliares são submetidos a eventos discretos de desfolhação que afetam a fisiologia das plantas e, em conseqüência, a taxa de produção de novos tecidos foliares (LEMAIRE et al, 2009). A desfolhação representa um importante distúrbio em comunidades de plantas forrageiras, pois modifica os padrões de interceptação luminosa e as relações de competição entre plantas em função do pastejo seletivo, interferindo na morfologia do perfilho e, portanto, no crescimento do pasto (DURU; DUCROCQ, 2000ab; Da SILVA; NASCIMENTO Jr., 2007).

O padrão de desfolhação de um relvado corresponde à combinação dos padrões de desfolhação de perfilhos e folhas individuais (HU, 1993). Estratégias de manejo do pastejo que resultam em variações de altura do dossel e densidade de lotação, por exemplo, exercem influência nos padrões de desfolhação de perfilhos e folhas, em especial sobre a freqüência e severidade, provocando, conforme o manejo escolhido, um efeito positivo ou negativo sobre o acúmulo de forragem e a eficiência de colheita da mesma (HODGSON et al., 1981). Mazzanti e Lemaire (1994) e Gonçalves (2002) demonstraram aumentos na eficiência de utilização em pastos de festuca e capim-marandu, respectivamente, manejados sob lotação contínua. Para festuca, incrementos na eficiência de utilização foram conseguidos a partir da fertilização nitrogenada de pastos mantidos em um mesmo índice de área foliar, uma vez que incrementos no acúmulo de forragem geraram aumentos em densidade de lotação animal que, por sua vez, resultaram em aumentos da freqüência de desfolhação de perfilhos e folhas individuais. Para o capim-marandu, diferentes alturas de pasto influenciaram a eficiência de utilização, uma vez que para manter os pastos mais baixos foram necessárias maiores densidades de lotação animal, o que resultou em maior freqüência de desfolhação de perfilhos e folhas com conseqüente aumento da eficiência de utilização. Desse modo, estratégias de manejo que visem melhorias da eficiência de utilização da forragem produzida são importantes determinantes da produção e produtividade de sistemas de produção animal em pasto, sendo que a fertilização nitrogenada pode ser uma delas. Esse efeito é diferente e adicional à reconhecida capacidade de aumento da produção de forragem por meio do uso de adubação nitrogenada e, para plantas forrageiras de clima tropical, como o capim-marandu, ainda necessita ser avaliado.

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar e mensurar a freqüência e severidade de desfolhação de perfilhos e folhas em pastos de capim-marandu mantidos a 30 cm de altura por meio de lotação contínua e submetidos a ritmos de crescimento criados por meio de doses de fertilizante nitrogenado.

2.2 Material e métodos

O trabalho foi conduzido de janeiro de 2007 a abril de 2008 na Unidade Experimental de Plantas Forrageiras - UEPF - do Departamento de Zootecnia da E.S.A. "Luiz de Queiroz", pertencente à Universidade de São Paulo. A área está localizada a 546 m de altitude, nas coordenadas geográficas aproximadas de 22º42' de latitude sul e 47º37' de longitude oeste, município de Piracicaba, estado de São Paulo. O relevo da área experimental é suave a moderadamente ondulado, e o solo classificado como Nitossolo Vermelho eutroférrico, com horizonte A moderado e textura variando de argilosa a muito argilosa (EMBRAPA, 1999). Para fins de avaliação da fertilidade do solo foram realizadas amostragens na camada de 0–20 cm antes do início do período experimental. A análise de solo revelou valores satisfatórios de pH e teores de nutrientes (Tabela 1) relativamente às exigências da espécie em estudo (WERNER; PAULINO; CANTARELLA, 1996), a *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf. cv Marandu, não havendo, portanto, necessidade de realização de adubações outras que não a nitrogenada.

Tabela 1 – Resultado da análise química de solo da área experimental

Bloco	**pH**	**MO**	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**	**Al**	**H+Al**	**SB**	**T**	**V**
		(g dm^{-3})	(mg dm^{-3})	(mmol$_C$ dm^{-3})							(%)
I	5,2	43,7	50,7	8,3	57,5	19,2	0,0	37,0	85,0	122,0	69,7
II	5,2	44,2	57,8	8,3	58,8	17,8	0,0	38,0	84,8	122,7	69,0
III	5,0	39,8	64,5	5,5	56,5	14,3	0,0	48,3	76,3	124,5	61,0
IV	4,8	38,7	75,5	4,5	70,0	12,8	1,2	53,8	87,0	140,7	62,2
Médias	5,1	41,6	62,1	6,7	60,7	16,0	0,3	44,3	83,3	127,5	65,5

O clima da região, de acordo com a classificação de Koppen, é o Cwa, mesotérmico úmido subtropical de inverno seco, com temperaturas médias inferiores a 18ºC no mês mais frio e superiores a 22ºC na época mais quente (BRASIL, 1960). Os dados climáticos referentes ao período experimental foram coletados no Posto Meteorológico da ESALQ (Figura 1), distante

cerca de 500 m da área experimental, e foram utilizados para o cálculo do extrato do balanço hídrico mensal considerando-se uma capacidade de armazenamento de água no solo de 50 mm (Figura 2).

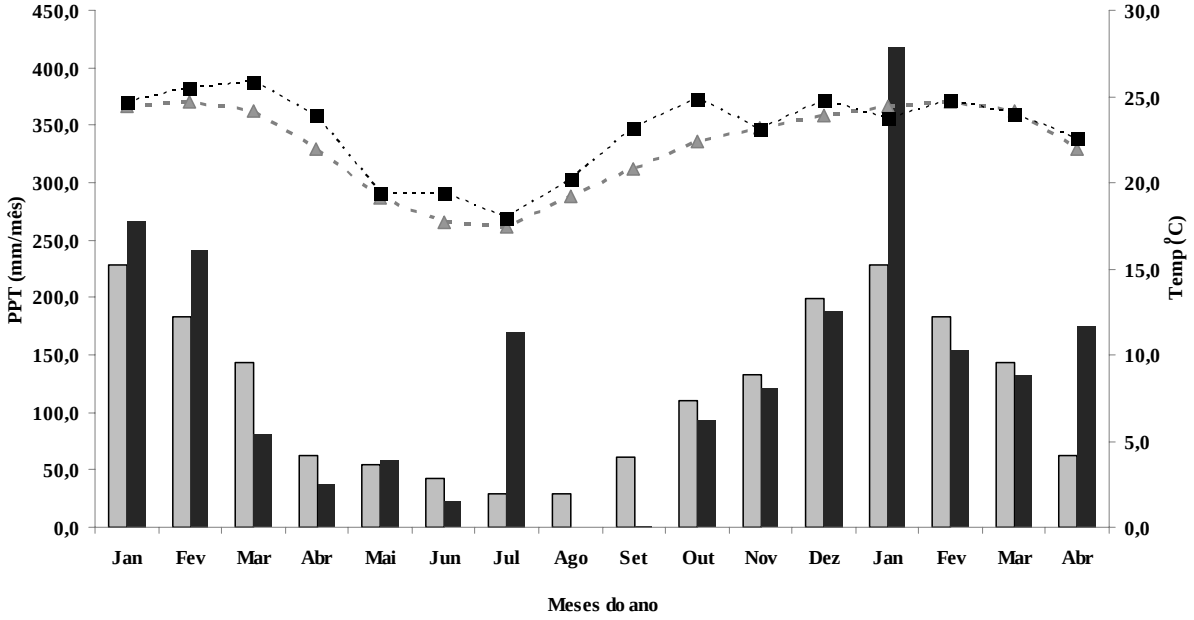


Figura 1 – Médias mensais históricas (1997 a 2007) ( ) e do período experimental ( ), respectivamente, de precipitação (PPT, mm/mês) e temperatura (Temp, ^{o}C) - janeiro de 2007 a abril de 2008

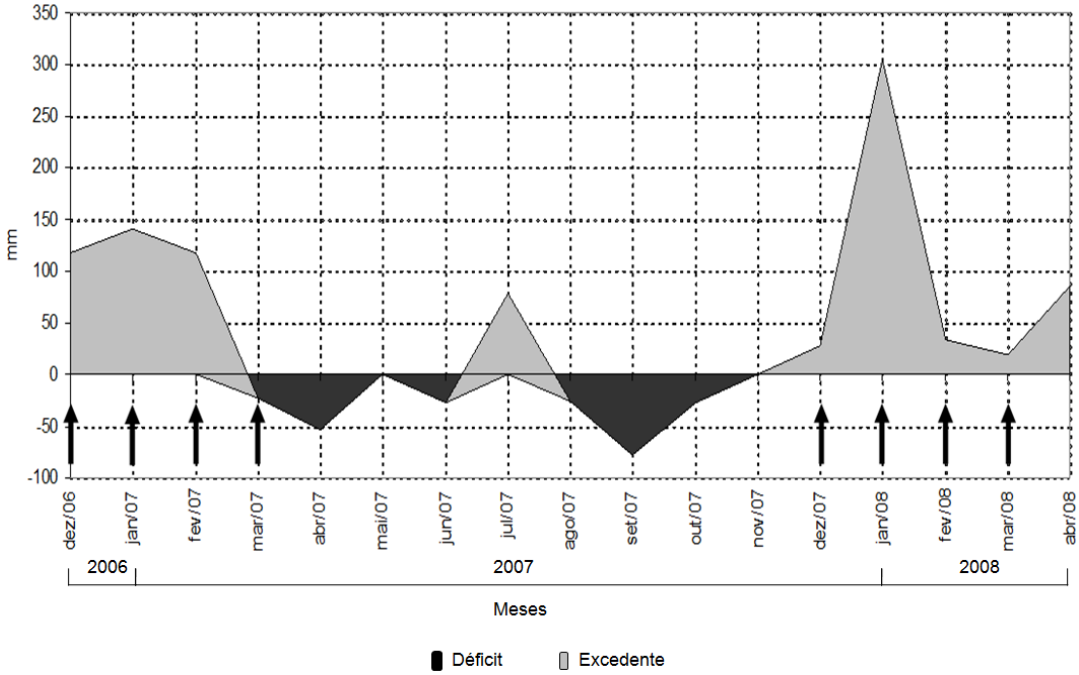


Figura 2 – Extrato do balanço hídrico mensal de dezembro de 2006 a abril de 2008. Setas indicam as épocas de aplicação de fertilizante nitrogenado

A área experimental foi subdividida em blocos com quatro piquetes de 1200 m² cada, totalizando 16 piquetes e uma área de aproximadamente 2,0 ha (Figura 3).

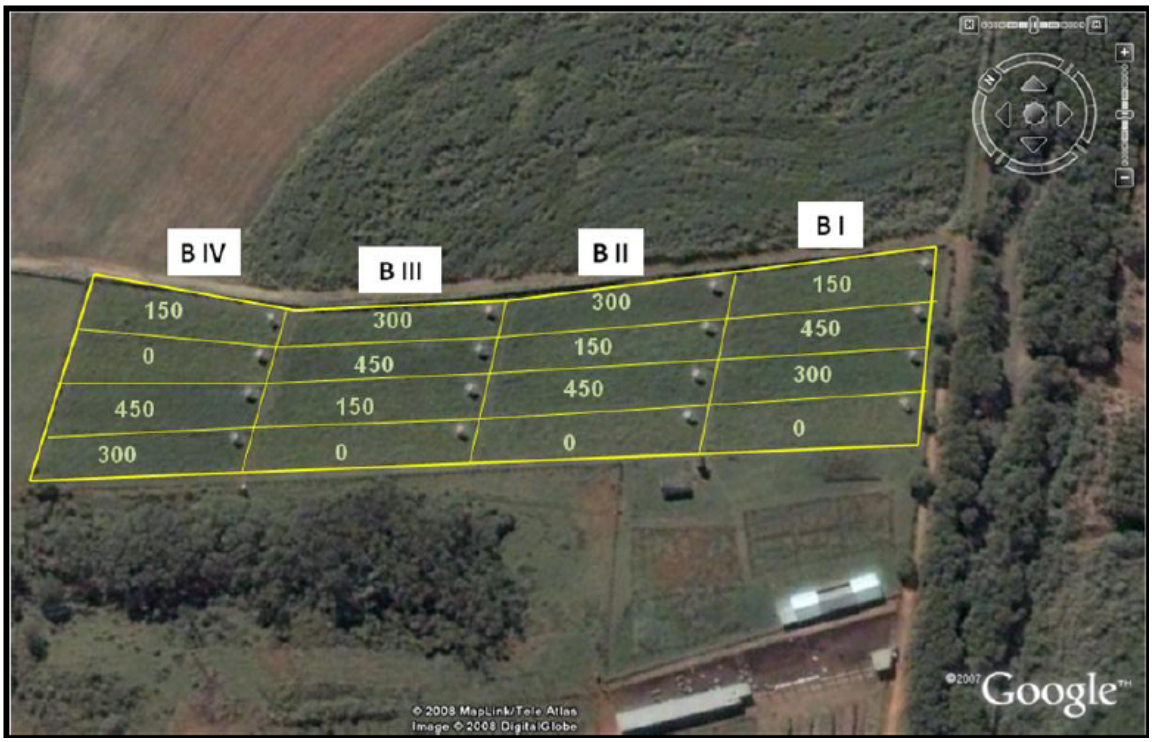


Figura 3 – Croqui da área experimental em imagem de satélite (Fonte: Software Google Earth – acesso online em 01/03/2010); BI , BII, BIII e BIV: blocos 1 a 4, com os respectivos tratamentos (Sem adubação (0), 150, 300 e 450 kg de N/ha) em cada parcela

Em abril de 2006, antes do início do experimento e como forma de uniformização da área, os piquetes foram rebaixados por meio de pastejo e posteriormente roçados a uma altura de 10 cm do solo. Após roçada, a altura dos pastos começou a ser monitorada semanalmente e, quando atingiu cerca de 20 cm, passou a ser monitorada duas vezes por semana até o final do experimento. A cada procedimento de avaliação eram tomadas 100 leituras por piquete utilizando-se um bastão medidor (“sward stick”) (BARTHRAM, 1985) ao longo de quatro linhas transectas (25 pontos por transecta) em formato de zig-zag (Figura 4). Adotou-se como meta de manejo a altura média dos pastos de 30 cm, admitindo-se variação de 10% (27 a 33 cm). Essa meta de altura foi baseada nos trabalhos de Gonçalves (2002), Andrade (2003) e Sbrissia (2004) em seqüência anterior de experimentos na mesma área experimental, que demonstraram estabilidade de acúmulo de forragem na faixa de altura entre 20 e 40 cm e maior ganho de peso por unidade de área nos pastos mantidos a 30 cm. Animais começaram a ser adicionados aos piquetes à medida que o limite inferior de variação da meta de manejo era alcançado (27 cm), o que ocorreu somente a partir de outubro de 2006. O início das avaliações e do período

experimental, contudo, ocorreu somente a partir de janeiro de 2007, e se estendeu até abril de 2008, permitindo o acompanhamento de duas estações de crescimento consecutivas (2006/2007 e 2007/2008). A altura média dos pastos ao longo do período experimental foi 29,7 cm, variando de 27,8 a 31,0 cm (Figura 5).

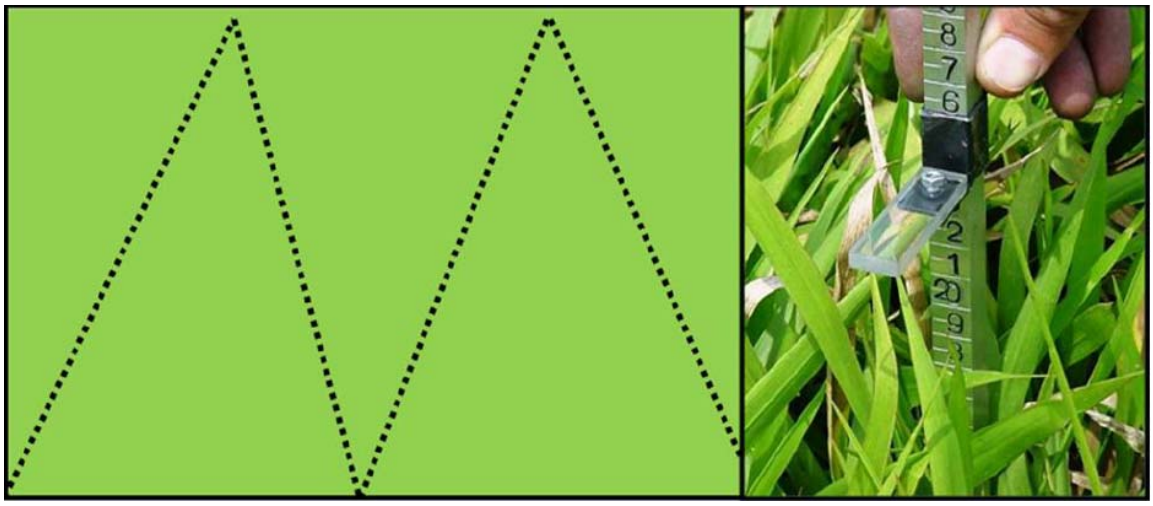


Figura 4 – Sentido do caminhamento na avaliação da altura do dossel e aparelho “sward stick” (BARTHRAM, 1985) utilizado para realização das medições

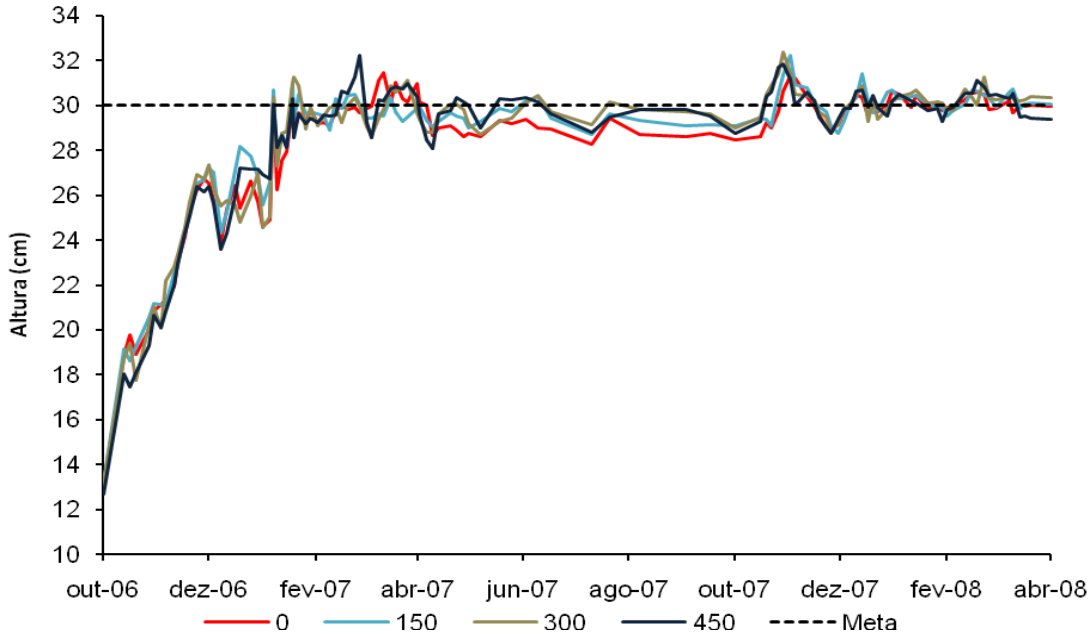


Figura 5 – Altura média (cm) dos pastos de capim-marandu manejados sob lotação contínua de outubro de 2006 a abril de 2008

O pastejo foi realizado por novilhas das raças Nelore e Canchim, com peso corporal médio inicial variando de 250 a 280 kg. O método de pastejo utilizado foi o de lotação contínua com taxa de lotação variável, sendo que animais foram adicionados ou retirados dos piquetes de acordo com a necessidade para manutenção da meta de altura. Os animais foram pesados imediatamente antes do início e regularmente a cada quatro semanas durante todo o experimento após jejum de 12 horas de água e alimento.

Os tratamentos corresponderam a quatro ritmos de crescimento gerados por meio da ausência (controle) e adubação dos pastos com 150, 300 e 450 kg/ha de N utilizando o fertilizante nitrato de amônio em sua forma pura. Nos tratamentos de adubação as doses foram divididas em quatro parcelas iguais e aplicadas nas datas apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Datas e quantidades de nitrogênio aplicado nas unidades experimentais

	Tratamento - Doses utilizadas (kg/ha de N por ano)			
Datas de aplicação	**0**	**150**	**300**	**450**
		2006/2007		
19/12/2006	-	37,50	75	112,50
16/01/2007	-	37,50	75	112,50
23/02/2007	-	37,50	75	112,50
23/03/2007	-	37,50	75	112,50
		2007/2008		
20/12/2007	-	37,50	75	112,50
17/01/2008	-	37,50	75	112,50
14/02/2008	-	37,50	75	112,50
13/03/2008	-	37,50	75	112,50

Para avaliação da freqüência e severidade de desfolhação de perfilhos e folhas foram escolhidos três pontos representativos da condição média do pasto em cada unidade experimental (avaliação visual da altura e massa de forragem no momento da marcação dos perfilhos). Nesses locais foram marcados aleatoriamente 10 perfilhos utilizando-se barras de metal de 2 m de comprimento graduadas a cada 20 cm, os quais foram identificados e numerados por meio de anel plástico (Figura 6).

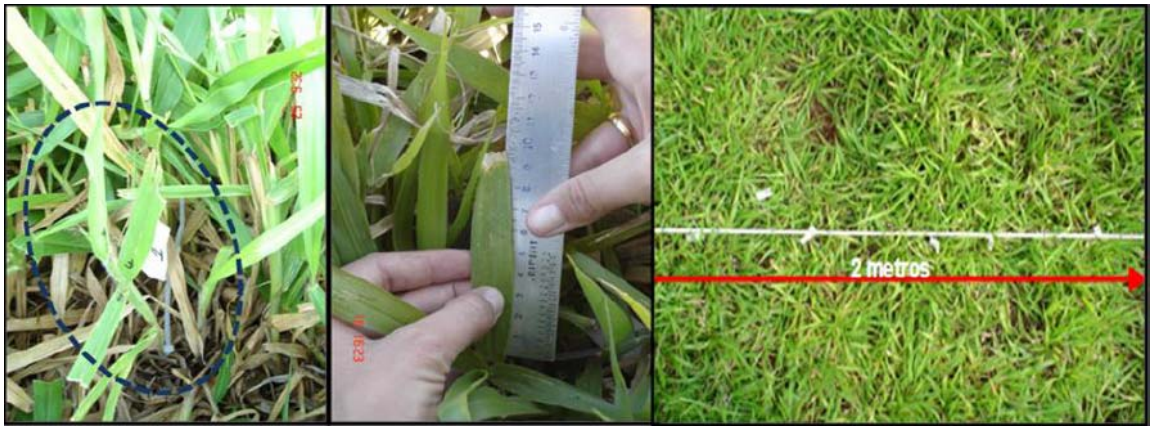


Figura 6 – Detalhe da identificação dos perfilhos e numeração das folhas (foto da esquerda), medida das folhas (centro) e detalhe da régua de marcação de perfilhos (foto direita)

Em função da acelerada renovação de tecidos nas épocas de maior crescimento (final de primavera e verão), os perfilhos foram monitorados a cada três e quatro dias (duas vezes por semana), sendo um novo grupo de perfilhos marcado a cada quatro semanas. Nas estações de menor crescimento (outono/inverno e início de primavera) os perfilhos foram monitorados a cada sete dias, sendo remarcados a cada oito semanas. Assim, cada unidade experimental compreendia 30 perfilhos, totalizando 120 perfilhos por tratamento, monitorados a cada ciclo de coleta de dados (quatro ou oito semanas dependendo da época do ano). Em cada procedimento de avaliação cada perfilho marcado era classificado como basal ou aéreo, intacto ou desfolhado, e tinha seu comprimento estendido medido e o número de folhas vivas quantificado. As folhas eram numeradas e classificadas como intactas ou desfolhadas e como folhas em expansão (sem lígula visível), folhas expandidas (lígula visível ou folhas que não apresentassem crescimento - por vezes a lígula ficava posicionada internamente à bainha, dificultando sua visualização) e folhas senescentes (quando apresentavam alguma porção da lâmina foliar iniciando o processo de senescência). Folhas em que mais de 50% do comprimento do limbo foliar estivesse comprometido pela senescência foram consideradas mortas. O comprimento do limbo foliar foi medido de acordo com o estádio de desenvolvimento das folhas. Para folhas expandidas foi considerado o comprimento da ponta da folha até sua lígula. Para folhas em expansão, o procedimento foi semelhante, porém utilizou-se como referencial de medida a lígula da última folha expandida (DURU; DUCROCQ, 2000b). Para folhas em senescência foi considerado o comprimento da lâmina foliar a partir da lígula até o ponto onde o processo de senescência tinha avançado.

Os resultados das avaliações de campo foram utilizados para calcular as variáveis freqüência e severidade de desfolhação de folhas e perfilhos. Hodgson (1990) e Wade (1991) definiram freqüência de desfolhação como sendo o número de desfolhações que uma folha ou perfilho sofre num dado período de tempo, normalmente expressa em número de desfolhações por dia. Contudo, admitindo-se que a população de perfilhos presentes na pastagem seja uniformemente distribuída pela superfície do pasto, pode-se considerar que a proporção de perfilhos desfolhados durante um dia de pastejo represente a proporção da superfície da pastagem ofertada aos animais efetivamente pastejada ao longo do dia (WADE, 1991), e, por essa razão, os dados de freqüência de desfolhação foram expressos como porcentagem da área pastejada por dia (% área pastejada.dia^{-1}). O nível hierárquico das folhas (senescente, expandida e expansão) também foi considerado para cálculos de freqüência e severidade de desfolhação, uma vez que a disposição dos diferentes tipos de folha no dossel permite avaliar informações relativas ao padrão vertical de desfolhação no dossel.

Com base no exposto, os valores de freqüência e severidade de desfolhação de perfilhos e folhas foram calculados com base nas equações abaixo:

FREQÜÊNCIA = nº de eventos de desfolhação sofridos / (nº de eventos de desfolhação possíveis x duração do período de avaliação)

SEVERIDADE (folhas ou perfilhos) = [(comprimento inicial – comprimento final) / comprimento inicial]

Os valores de densidade de lotação empregados foram calculados a partir dos resultados das pesagens mensais realizadas ao longo de todo o período experimental.

Para fins de análise estatística, os dados foram agrupados em cinco épocas do ano definidas da seguinte maneira: verão 1 (janeiro a março de 2007), outono/inverno (abril a agosto de 2007), início de primavera (setembro a meados de novembro de 2007), final de primavera (meados de novembro e dezembro de 2007) e verão 2 (janeiro a meados de abril de 2008). Antes de serem submetidos à análise de variância, foram testados para avaliar normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade de variância. A análise de variância foi realizada utilizando-se o PROC MIXED (modelos mistos) do pacote estatístico do SAS® (Statistical Analysis System), versão 9.1 para Windows®. Os efeitos de ritmo de crescimento, época do ano e suas interações foram considerados fixos e o efeito de blocos foi considerado aleatório

(LITTELL et al., 1996). A escolha da matriz de covariância foi realizada utilizando-se o "Critério de Informação de Akaike" (AIC) (WOLFINGER, 1993), e as médias dos tratamentos estimadas utilizando-se o "LSMEANS". Quando necessária, a comparação entre elas foi realizada por meio da probabilidade da diferença ("PDIFF") utilizando-se o teste "t" de Student e um nível de significância de 5%.

2.3 Resultados

2.3.1 Densidade de lotação animal

A densidade de lotação animal empregada variou com o ritmo de crescimento (P=0,0002), época do ano (P<0,0001) e com a interação ritmo de crescimento x época do ano (P<0,0001). De maneira geral, maiores densidades de lotação foram registradas nos pastos submetidos aos ritmos de crescimento mais acelerados (adubados com 300 e 450 kg/ha de N) (Tabela 3). Os menores valores de densidade de lotação foram registrados no outono/inverno e, nesse período, a densidade de lotação nos pastos adubados com 150 kg/ha de N foi menor que em pastos não adubados e adubados com 300 e 450 kg/ha de N.

Tabela 3 – Densidade de lotação animal (kg PV.ha^{-1}.dia^{-1}) em pastos de capim-marandu mantidos a 30 cm de altura sob lotação contínua e a ritmos de crescimento induzidos por fertilização nitrogenada de janeiro de 2007 a abril de 2008

Ritmos de Crescimento (kg/ha de N)	Verão 1	Outono/ Inverno	Início de Primavera	Final de Primavera	Verão 2	Médias
Sem adubação	943 Ba (194,3)	336 Ab (52,6)	164 Cb (66,6)	1135 Ba (112,5)	1020 Ba (155,9)	720 C (65,5)
150	1459 ABb (194,3)	122 Bd (52,6)	346 BCc (66,6)	1637 Ab (112,5)	2285 Aa (155,9)	1170 B (65,5)
300	1552 Ab (194,3)	310 Ad (52,6)	493 ABc (66,6)	1671 Ab (112,5)	2524 Aa (155,9)	1310 AB (65,5)
450	1870 Ab (194,3)	281 Ad (52,6)	625 Ac (66,6)	1842 Ab (112,5)	2355 Aa (155,9)	1394 A (65,5)
Médias	1456 b (97,1)	262 d (26,3)	407 c (33,3)	1571 b (56,3)	2046 a (77,9)	

[Aa] *Letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si (P<0,05)*
Números entre parênteses representam o erro-padrão da média

2.3.2 Freqüência de desfolhação de perfilhos

A freqüência de desfolhação de perfilhos variou em função do ritmo de crescimento (P=0,0002), época do ano (P<0,0001) e da interação ritmo de crescimento x época do ano (P=0,0213). Assim como a densidade de lotação animal, maiores valores de freqüência de desfolhação de perfilhos foram registrados nos pastos adubados com N relativamente aos não adubados durante os verões 1 e 2 e final da primavera (Tabela 4). No outono/inverno não houve diferença entre tratamentos (P<0,05), mas no início da primavera maiores valores foram registrados nos pastos adubados com 450 kg/ha de N em relação àqueles não adubados ou adubados com 150 kg/ha de N. De modo geral, os menores valores foram registrados no outono/inverno e início da primavera, e os maiores nos verões 1 e 2 e final da primavera.

Tabela 4 – Freqüência de desfolhação de perfilhos (% área pastejada.dia^{-1}) em pastos de capim-marandu mantidos a 30 cm de altura por meio de lotação contínua e submetidos a ritmos de crescimento induzidos por fertilização nitrogenada de janeiro de 2007 a abril de 2008

Ritmos de Crescimento (kg/ha de N)	Verão 1	Outono/ Inverno	Inicio de Primavera	Final de Primavera	Verão 2	Médias
Sem adubação	2,562 Bb	1,654 Ab	1,397 Cb	4,314 Ba	4,22 Ba	2,829 C
	(0,5085)	(0,5085)	(0,5085)	(0,5085)	(0,5085)	(0,2855)
150	5,486 Aa	1,010 Ab	2,101 BCb	5,969 Aa	6,330 Aa	4,179 B
	(0,5085)	(0,5085)	(0,5085)	(0,5085)	(0,5085)	(0,2855)
300	5,134 Ab	1,698 Ad	3,110 ABc	5,921 Ab	7,418 Aa	4,656 AB
	(0,5085)	(0,5085)	(0,5085)	(0,5085)	(0,5085)	(0,2855)
450	6,144 Aa	1,724 Ac	3,966 Ab	6,646 Aa	7,394 Aa	5,175 A
	(0,5085)	(0,5085)	(0,5085)	(0,5085)	(0,5085)	(0,2855)
	4,831 b	1,522 d	2,644 c	5,712 a	6,340 a	
Médias	(0,3043)	(0,3043)	(0,3043)	(0,3043)	(0,3043)	

[Aa] *Letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si (P<0,05)*
Números entre parênteses representam o erro-padrão da média

2.3.3 Freqüência de desfolhação de folhas

A freqüência de desfolhação de folhas variou com o ritmo de crescimento (P=0,0003), época do ano (P<0,0001) e com a interação ritmo de crescimento x época do ano (P=0,0014). No verão 2 pastos adubados com 300 e 450 kg/ha de N apresentaram maiores freqüências de desfolhação de folhas que pastos adubados com 150 kg/ha de N e pastos não adubados (Tabela

6). No início da primavera houve diferença entre pastos adubados com 450 kg/ha de N e aqueles não adubados ou adubados com 150 kg/ha de N. Em geral, foram registrados maiores valores de freqüência de desfolhação de folhas durante as épocas quentes e chuvosas (final de primavera e verão) em relação àquelas mais frias e secas (outono, inverno e início de primavera) do ano.

Tabela 5 - Freqüência de desfolhação de folhas (n° desfolhações.folha^{-1}.dia^{-1}) em pastos de capim-marandu mantidos a 30 cm de altura por meio de lotação contínua e submetidos a ritmos de crescimento induzidos por fertilização nitrogenada de janeiro de 2007 a abril de 2008

Ritmos de Crescimento (kg/ha de N)	**Verão 1**	**Outono/ Inverno**	**Início de Primavera**	**Final de Primavera**	**Verão 2**	**Média**
Sem adubação	0,009691 Ba	0,005506 ABb	0,004825 Cb	0,0132 Ba	0,01163 Ca	0,008971 C
	(0,0015)	(0,0006)	(0,0010)	(0,0016)	(0,0010)	(0,000536)
150	0,01515 Aa	0,004659 Bb	0,00643 BCb	0,01679 ABa	0,01732 Ba	0,01207 B
	(0,0015)	(0,0006)	(0,0010)	(0,0016)	(0,0010)	(0,000536)
300	0,01505 Ab	0,006586 Ad	0,009215 ABc	0,01745 ABab	0,02036 Aa	0,01373 AB
	(0,0015)	(0,0006)	(0,0010)	(0,0016)	(0,0010)	(0,000536)
450	0,0156 Ab	0,0063 ABd	0,009901 Ac	0,01896 Aab	0,02074 Aa	0,0143 A
	(0,0015)	(0,0006)	(0,0010)	(0,0016)	(0,0010)	(0,000536)
Média	0,01387 b	0,005763 d	0,007593 c	0,0166 a	0,01751 a	
	(0,00075)	(0,000295)	(0,000511)	(0,000789)	(0,000496)	

[Aa] *Letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si (P<0,05)*
Números entre parênteses representam o erro-padrão da média

2.3.3.1 Freqüência de desfolhação de folhas em senescência

A freqüência de desfolhação de folhas em senescência variou com o ritmo de crescimento (P=0,0213), época do ano (P<0,0001) e com a interação ritmo de crescimento x época do ano (P=0,039). A freqüência de desfolhação de folhas senescentes foi maior em pastos adubados com 450 kg/ha de N relativamente àqueles não adubados durante todas as estações do ano, com exceção do outono/inverno (Tabela 7). No início da primavera, menores valores foram registrados nos pastos não adubados relativamente àqueles adubados com 300 e 450 kg/ha de N. De modo geral, a freqüência de desfolhação de folhas em senescência não variou com a época do ano, exceção feita à época de outono/inverno, quando foram registrados os menores valores.

Tabela 6 - Freqüência de desfolhação de folhas senescidas (n° desfolhações.folha^{-1}.dia^{-1}) em pastos de capim-marandu mantidos a 30 cm de altura por meio de lotação contínua e submetidos a ritmos de crescimento induzidos por fertilização nitrogenada de janeiro de 2007 a abril de 2008

Ritmos de Crescimento (kg/ha de N)	Verão 1	Outono/ Inverno	Início de Primavera	Final de Primavera	Verão 2	Média
Sem adubação	0,002501 Bab (0,0012)	0,000816 Bb (0,0005)	0,003007 Bab (0,0013)	0,003973 Ba (0,0011)	0,002852 Ca (0,0011)	0,00263 C (0,0008)
150	0,004331 Ba (0,0012)	0,001163 ABb (0,0005)	0,004521 ABa (0,0013)	0,003873 Ba (0,0011)	0,004589 BCa (0,0011)	0,003695 BC (0,0008)
300	0,005266 ABa (0,0012)	0,002547 Ab (0,0005)	0,00707 Aa (0,0013)	0,005595 ABa (0,0011)	0,006947 ABa (0,0011)	0,005485 AB (0,0008)
450	0,008298 Aa (0,0012)	0,001707 ABb (0,0005)	0,007999 Aa (0,0013)	0,007516 Aa (0,0011)	0,008397 Aa (0,0011)	0,006783 A (0,0008)
Média	0,005099 a (0,000592)	0,001558 b (0,000266)	0,005649 a (0,000637)	0,005239 a (0,000534)	0,005696 a (0,000543)	

[Aa] *Letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si (P<0,05)*
Números entre parênteses representam o erro-padrão da média

2.3.3.2 Freqüência de desfolhação de folhas expandidas

Em relação à freqüência de desfolhação de folhas expandidas, houve efeito de ritmo de crescimento (P=0,0013), época do ano (P<0,0001) e da interação ritmo de crescimento x época do ano (P<0,0001). Durante o final da primavera e verões 1 e 2 a freqüência de desfolhação de folhas expandidas foi menor em pastos não adubados relativamente àqueles adubados (Tabela 8). No outono/inverno não houve diferença entre tratamentos (P<0,05). De maneira geral, os menores valores de freqüência de desfolhação de folhas expandidas foram registrados nas épocas de baixa disponibilidade de fatores ambientais de crescimento, representadas pelo outono/inverno e início da primavera.

Tabela 7 - Freqüência de desfolhação de folhas expandidas (n° desfolhações.folha^{-1}.dia^{-1}) em pastos de capim-marandu mantidos a 30 cm de altura por meio de lotação contínua e submetidos a ritmos de crescimento induzidos por fertilização nitrogenada de janeiro de 2007 a abril de 2008

Ritmos de Crescimento (kg/ha de N)	**Verão 1**	**Outono/ Inverno**	**Início de Primavera**	**Final de Primavera**	**Verão 2**	**Média**
Sem adubação	0,01171 Bab	0,007312 Ab	0,004285 Bc	0,01467 Ba	0,01355 Ca	0,0103 C
	(0,0020)	(0,0010)	(0,0010)	(0,0019)	(0,0018)	(0,0009)
150	0,01904 Aa	0,005808 Ab	0,005712 Bb	0,0203 Aa	0,01971 Ba	0,01411 B
	(0,0020)	(0,0010)	(0,0010)	(0,0019)	(0,0018)	(0,0009)
300	0,01747 Ab	0,007694 Ac	0,00994 Ac	0,02084 Aab	0,02556 Aa	0,0163 AB
	(0,0020)	(0,0010)	(0,0010)	(0,0019)	(0,0018)	(0,0009)
450	0,02032 Aa	0,007956 Ab	0,008761 Ab	0,02209 Aa	0,02515 Aa	0,01686 A
	(0,0020)	(0,0010)	(0,0010)	(0,0019)	(0,0018)	(0,0009)
	0,01713 b	0,007193 c	0,007174 c	0,01947 a	0,02099 a	
Média	(0,001002)	(0,000521)	(0,000538)	(0,000947)	(0,000928)	

[Aa] Letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si (P<0,05)
Números entre parênteses representam o erro-padrão da média

2.3.3.3 Freqüência de desfolhação de folhas em expansão

A freqüência de desfolhação de folhas em expansão variou com o ritmo de crescimento (P=0,028), época do ano (P<0,0001) e com a interação ritmo de crescimento x época do ano (P=0,0388). A freqüência de desfolhação de folhas em expansão foi maior em pastos adubados em relação a pastos não adubados, exceção feita às épocas de outono/inverno e início de primavera, quando não houve diferença entre tratamentos.

Tabela 8 - Freqüência de desfolhação de folhas expansão (n° desfolhações.folha^{-1}.dia^{-1}) em pastos de capim-marandu mantidos a 30 cm de altura por meio de lotação contínua e submetidos a ritmos de crescimento induzidos por fertilização nitrogenada de janeiro de 2007 a abril de 2008

Ritmos de Crescimento (kg/ha de N)	**Verão 1**	**Outono/ Inverno**	**Início de Primavera**	**Final de Primavera**	**Verão 2**	**Média**
Sem adubação	0,01487 Ba (0,0020)	0,00839 Ab (0,0011)	0,007182 Bb (0,0017)	0,02096 Aa (0,0025)	0,0185 Ba (0,0017)	0,01398 B (0,0008)
150	0,0221 Ab (0,0020)	0,007006 Ac (0,0011)	0,009059 ABc (0,0017)	0,0262 Aab (0,0025)	0,02768 Aa (0,0017)	0,01841 A (0,0008)
300	0,02241 Ab (0,0020)	0,009517 Ac (0,0011)	0,01063 ABc (0,0017)	0,02591 Aab (0,0025)	0,02857 Aa (0,0017)	0,01941 A (0,0008)
450	0,01818 ABb (0,0020)	0,009238 Ac (0,0011)	0,01294 Abc (0,0017)	0,02728 Aa (0,0025)	0,02867 Aa (0,0017)	0,01926 A (0,0008)
Média	0,01939 b (0,001015)	0,008538 c (0,000542)	0,009955 c (0,000839)	0,02509 a (0,001233)	0,02585 a (0,000861)	

[Aa] *Letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si (P<0,05)*
Números entre parênteses representam o erro-padrão da média

2.3.4 Severidade de desfolhação de perfilhos estendidos

A severidade de desfolhação de perfilhos estendidos variou com o ritmo de crescimento (P=0,0488) e com a época do ano (P=0,0018). Maiores valores de severidade de desfolhação foram registrados nos pastos adubados relativamente a pastos não adubados (Figura 7). Os menores valores de severidade de desfolhação foram registrados durante o início da primavera, os quais foram cerca de 20% menor em relação àqueles registrados durante os verões 1 e 2 e final de primavera (Figura 8).

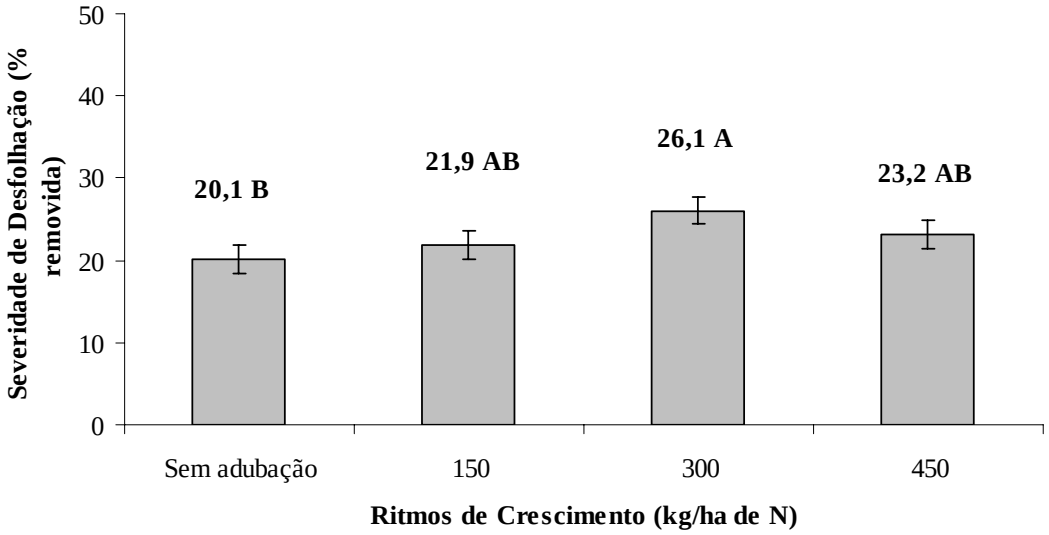


Figura 7 – Severidade de desfolhação de perfilhos estendidos (%) em pastos de capim-marandu mantidos a 30 cm de altura por meio de lotação contínua e submetidos a ritmos de crescimento induzidos por fertilização nitrogenada de janeiro de 2007 a abril de 2008

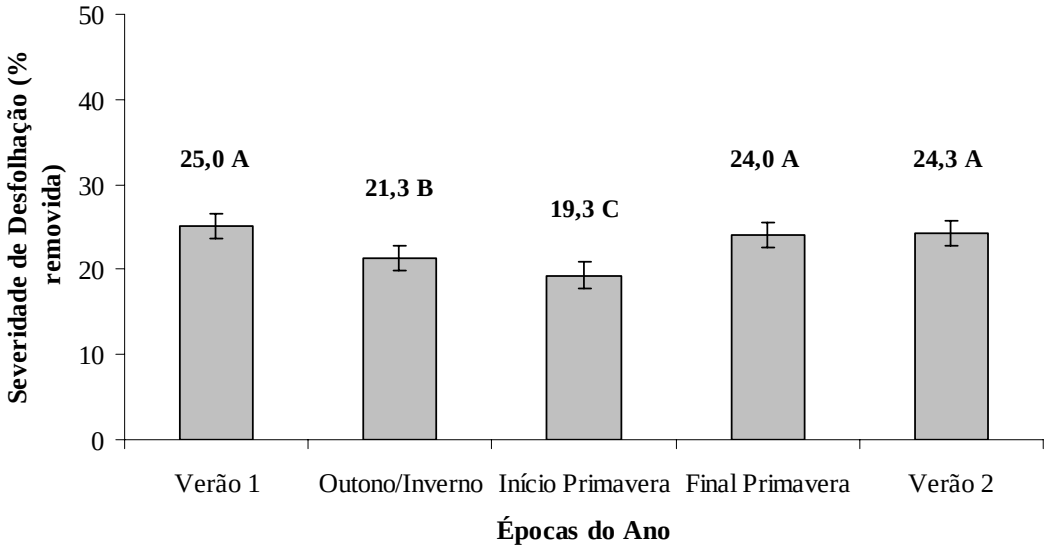


Figura 8 – Severidade de desfolhação de perfilhos estendidos (%) em pastos de capim-marandu mantidos a 30 cm por meio de lotação contínua de janeiro de 2007 a abril de 2008

2.3.5 Severidade de desfolhação de folhas

A severidade de desfolhação de folhas variou apenas com a época do ano (P<0,0001), com o menor valor tendo sido registrado no início da primavera (Figura 9).

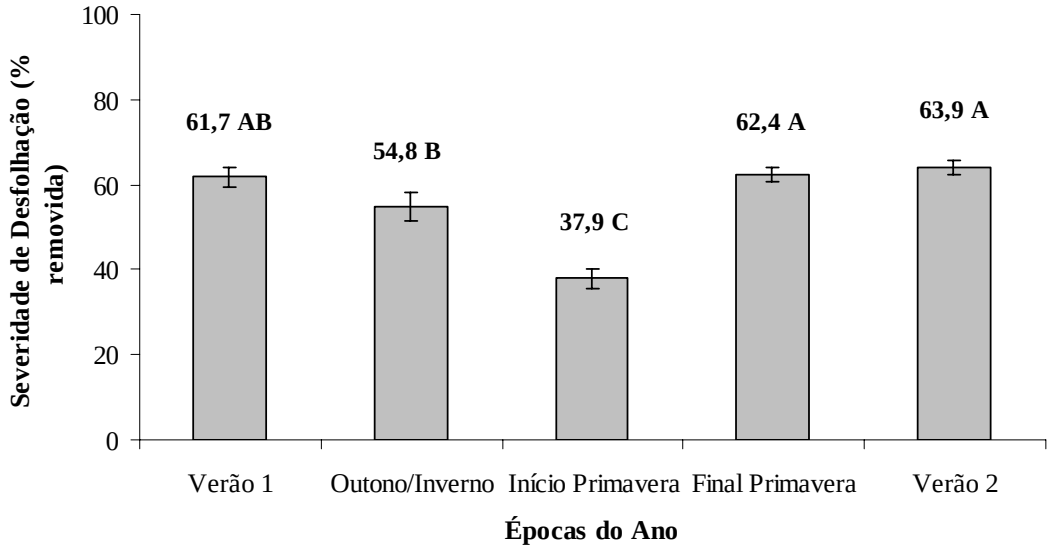


Figura 9 – Severidade de desfolhação de folhas (%) em pastos de capim-marandu mantidos a 30 cm de altura por meio de lotação contínua de janeiro de 2007 a abril de 2008

2.3.5.1 Severidade de desfolhação de folhas senescentes

Para folhas senescentes a severidade de desfolhação também variou apenas com a época do ano (P=0,0041). O menor valor foi registrado no início da primavera em relação àqueles registrado durante o final de primavera e verão 2 (Figura 10).

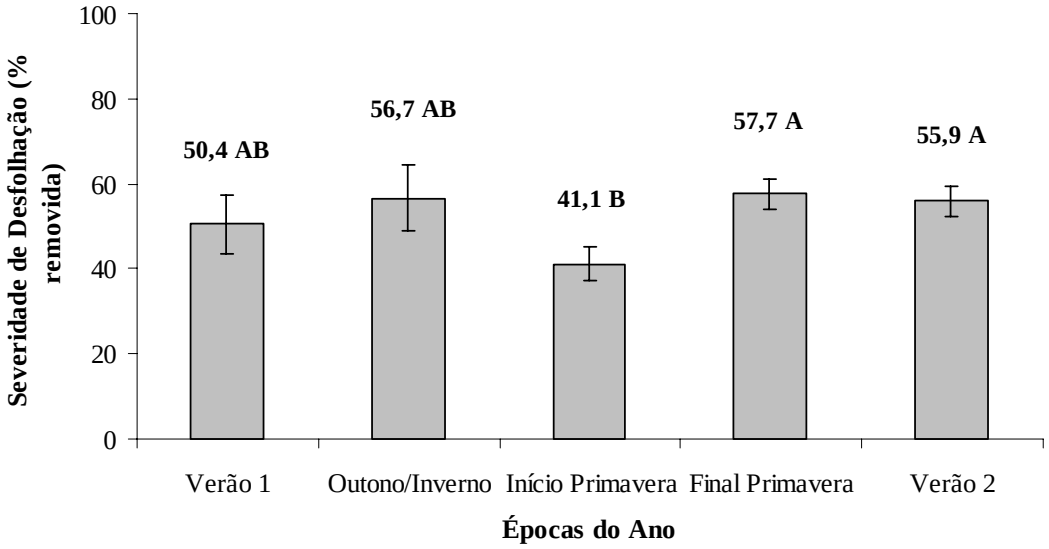


Figura 10 – Severidade de desfolhação de folhas senescentes (%) em pastos de capim-marandu mantidos a 30 cm de altura por meio de lotação contínua de janeiro de 2007 a abril de 2008

2.3.5.2 Severidade de desfolhação de folhas expandidas

A severidade de desfolhação de folhas expandidas variou com o ritmo de crescimento (P=0,0066) e época do ano (P<0,0001), não tendo sido influenciada pela interação ritmo de crescimento x época do ano (P>0,05). Pastos não adubados apresentaram menores valores de severidade de desfolhação de folhas expandidas que pastos adubados (Figura 11), sendo o menor valor de severidade de desfolhação registrado no início da primavera (Figura 12).

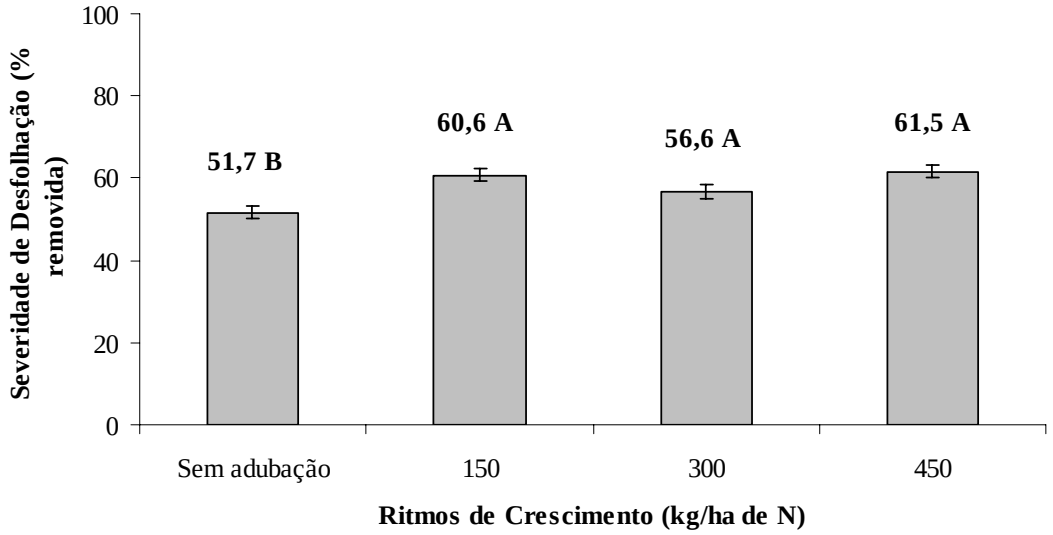


Figura 11 – Severidade de desfolhação de folhas expandidas (%) em pastos de capim-marandu mantidos a 30 cm de altura por meio de lotação contínua e submetidos a ritmos de crescimento induzidos por fertilização nitrogenada de janeiro de 2007 a abril de 2008

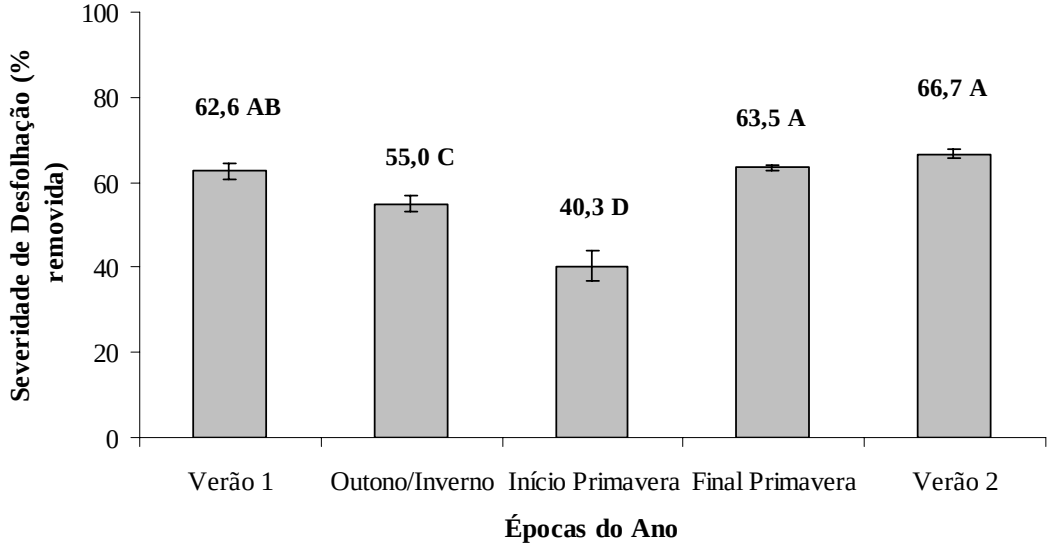


Figura 12 – Severidade de desfolhação de folhas expandidas (%) em pastos de capim-marandu mantidos a 30 cm de altura por meio de lotação contínua de janeiro de 2007 a abril de 2008

2.3.5.3 Severidade de desfolhação de folhas em expansão

Assim como para folhas expandidas, a severidade de desfolhação de folhas em expansão variou apenas com o ritmo de crescimento (P=0,0008) e com a época do ano (P<0,0001). Pastos não adubados apresentaram menores valores de severidade de desfolhação que pastos adubados (Figura 13), sendo que os valores mais baixos foram registrados no início da primavera e outono/inverno (Figura 14).

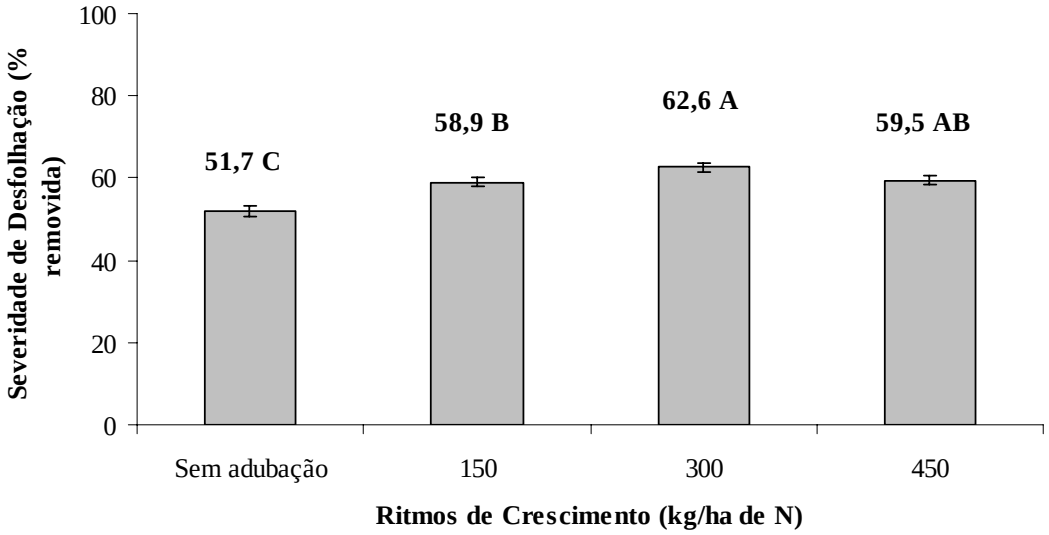


Figura 13 – Severidade de desfolhação de folhas expansão (%) em pastos de capim-marandu mantidos a 30 cm por meio de lotação contínua e submetidos ritmos de crescimento induzidos por fertilização nitrogenada de janeiro de 2007 a abril de 2008

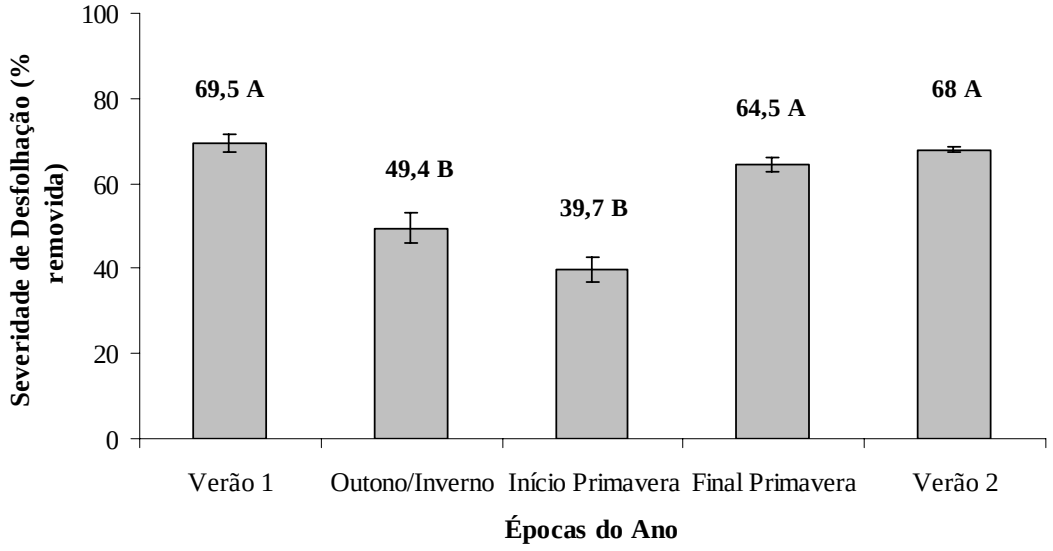


Figura 14 – Severidade de desfolhação de folhas expansão (%) em pastos de capim-marandu mantidos a 30 cm por meio de lotação contínua de janeiro de 2007 a abril de 2008

2.4 Discussão

Plantas individuais em pastagens estão sujeitas a desfolhações intermitentes cuja severidade e freqüência dependem, principalmente, do tipo de animal, densidade de lotação e método de pastejo empregados (WADE; CARVALHO, 2000). Nos casos de lotação contínua com taxa de lotação variável, uma variável estrutural da pastagem é utilizada como meta para ser mantida constante (e.g. IAF, altura, massa de forragem). Nessa condição, a freqüência de desfolhação está intimamente ligada à velocidade de crescimento da pastagem (que pode ser modificada por meio de fatores externos como irrigação e, no caso deste experimento, adubação nitrogenada) e à densidade de lotação animal empregada (WADE, 1991). Para plantas de clima tropical informações referentes à freqüência de desfolhação de folhas e perfilhos individuais são escassas, sendo a maioria dos trabalhos existentes realizados sob lotação rotativa utilizando intervalos de pastejo fixos e pré-estabelecidos, nos quais o que se mede é a duração dos ciclos de pastejo e não a freqüência de desfolhação das plantas (GONÇALVES, 2002). A análise da freqüência e severidade de desfolhação de folhas e perfilhos fornecem subsídios para a realização de ajustes mais apurados no manejo do pastejo de forma a permitir aumento na eficiência de utilização da forragem produzida (Lemaire et al., 2009).

Para um pasto mantido em um IAF constante por meio de ajustes freqüentes na densidade de lotação durante determinado período de tempo, como proposto por Mazzanti e Lemaire (1994), a proporção de tecidos foliares removidos pelos animais depende diretamente da densidade de lotação, a qual determina o intervalo médio entre dois eventos de desfolhação de folhas individuais (LEMAIRE; AGNUSDEI, 2000) ou o seu inverso, a freqüência de desfolhação. Segundo Lemaire et al. (2009), a freqüência de desfolhação é altamente relacionada com a densidade de lotação animal, ferramenta esta comumente utilizada para o controle da meta de manejo sob condições de lotação contínua.

Neste experimento a meta de manejo dos pastos foi estabelecida tomando-se por base a altura e não o IAF dos pastos e, de modo geral, durante todas as épocas, a densidade de lotação empregada nos pastos não adubados foi menor que aquela empregada em pastos adubados, exceção feita à época de outono/inverno (Tabela 3). Durante essa época do ano não foram registradas diferenças entre tratamentos em densidade de lotação e, por conseqüência, também não foram registradas diferenças em freqüência de desfolhação. Esse fato ocorreu porque, apesar da maior quantidade de N utilizada para gerar os ritmos de crescimento mais acelerados nos pastos adubados, não havia disponibilidade de água no solo (Figura 2) e nem de temperatura (Figura 1) para assegurar aumento em crescimento das plantas.

A freqüência de desfolhação de perfilhos e de folhas foi influenciada pelo ritmo de crescimento das plantas. Para freqüência de desfolhação de perfilhos, de maneira geral, foram registrados menores valores em pastos não adubados relativamente a pastos adubados em todas as épocas do ano, com exceção do outono/inverno (Tabela 4). Quando considerada a hierarquia ou o nível de inserção das folhas na avaliação de freqüência de desfolhação, constatou-se que folhas senescentes e expandidas, posicionadas nos estratos mais inferiores do dossel forrageiro, apresentaram variações em freqüência de desfolhação semelhantes àquelas ocorridas para perfilhos, ou seja, pastos não adubados diferindo dos adubados. Valores menores foram registrados para a freqüência de desfolhação de folhas senescentes, variando de 0,0008 desfolhação.folha^{-1}.dia^{-1} em pastos não adubados no outono/inverno a 0,0084 desfolhação.folha^{-1}.dia^{-1} em pastos adubados com 450 kg/ha de N no verão 2. Por outro lado, os valores de freqüência de desfolhação de folhas expandidas, presentes desde a região mais baixa até a superior do dossel, foram maiores, variando de 0,0043 desfolhação.folha^{-1}.dia^{-1} em pastos não adubados no início da primavera a 0,0215 desfolhação.folha^{-1}.dia^{-1} em pastos adubados com 450

kg/ha de N no verão 2. No entanto, para folhas em expansão, a freqüência de desfolhação foi semelhante entre pastos adubados e não adubados durante todas as épocas do ano, exceção feita ao verão (verões 1 e 2). Os valores registrados variaram de 0,0072 para pastos não adubados no início da primavera a 0,0287 desfolhação.folha^{-1}.dia^{-1} para pastos adubados com 450 kg/ha de N no verão 2, indicando valores semelhantes de freqüência de desfolhação para folhas em expansão e folhas expandidas e superiores àqueles registrados para folhas senescentes. Esses maiores valores encontrados para essas duas categorias de folhas pode ter sido conseqüência de ambas estarem posicionadas nos estratos superiores do dossel forrageiro e, por essa razão, serem as primeiras a serem consumidas pelos animais quando lhes é dada a oportunidade de seleção. Esse fato foi previamente apontado por Lemaire et al. (2009), que relataram que as chances de desfolhação são maiores para as duas folhas mais jovens do perfilho em relação às mais velhas, simplesmente pela sua posição no dossel forrageiro. Resposta semelhante foi encontrada por Agnusdei (1999) avaliando pastos mistos de *Lolium multiflorum, Paspalum dilatatum e Cynodon dactylon*, Hodgson (1966), Grant et al. (1983) e Barthram e Grant (1984) avaliando *Lolium perenne* e Parsons et al. (1991a) e Carrère (1994) avaliando pastos consorciados de *Lolium perenne* e *Trifolium repens*. Segundo Hodgson (1990), outro aspecto relacionado com esse padrão de desfolhação é que a probabilidade de desfolhação de qualquer folha (ou parte da folha) que teve seu alongamento finalizado decresce progressivamente com o tempo, uma vez que a mesma tende a ser sobreposta por folhas mais jovens e de melhor valor nutritivo.

Além da freqüência, outro aspecto importante da desfolhação é a severidade com que a mesma é realizada. Os valores de severidade de desfolhação de perfilhos estendidos variaram de 20,1% em pastos não adubados a 26,1% em pastos que receberam 300 kg/ha de N, sendo que os outros pastos apresentaram valores intermediários. Em relação às épocas do ano, maiores valores foram registrados no verão 1 (25%) e os menores no início da primavera (19,3%). Esses valores são inferiores àqueles normalmente relatados para plantas de clima temperado, 50% em média (AGNUSDEI, 1999), o que deve estar relacionado com o fato de que gramíneas de clima tropical como o capim-marandu possuem um componente morfológico importante no crescimento que as gramíneas de clima temperado não têm; o alongamento de colmos vegetativos. Este interfere significativamente na estrutura do pasto e nos processos de apreensão de forragem, podendo ter sido o responsável pelos menores valores de severidade de desfolhação de perfilhos estendidos registrados neste experimento, uma vez que dificulta a apreensão de forragem pelo animal

(BARTHRAM; GRANT, 1984; CHACON; STOBBS, 1976, CARVALHO et al. (2001), podendo reduzir a profundidade do bocado desferido pelo mesmo.

Grandes diferenças em severidade de desfolhação têm sido relatadas, com valores variando de 15 até 70% (AGNUSDEI, 1999). Wade (1991) demonstrou que a altura do perfilho estendido (altamente relacionada com a altura da superfície do dossel) e a densidade volumétrica do dossel (relacionada com a densidade populacional de perfilhos) são as principais características do dossel a determinar a máxima taxa diária de remoção de forragem do pasto por vacas leiteiras. No entanto, muitas vezes, folhas do estrato inferior da pastagem são as maiores, e, desse modo, determinantes do comprimento do perfilho estendido. Desse modo, essas folhas nem sempre estão facilmente disponíveis aos animais. Wade et al. (1989), em experimento com vacas leiteiras em pastagens de azevém perene manejadas sob lotação contínua e intermitente, demonstraram que a proporção da altura inicial do relvado removida a cada pastejo permaneceu relativamente constante e ao redor de 35%, independentemente da altura inicial do pasto e do método de pastejo empregado. Valores semelhantes foram encontrados por Mazzanti e Lemaire (1994) em trabalho com festuca (*Festuca arundinacea* L.) manejada sob lotação contínua, onde se avaliou a proporção do comprimento do perfilho removida após o pastejo. Valores mais elevados foram encontrados por Burlinson et al. (1991) e Laca et al. (1992), cerca de 50%, tanto para ovinos como para bovinos mantidos em pastagens artificiais de gramíneas de clima temperado. Severidades de desfolhação de 43% para ovinos e 52% para bovinos, ambos em pastagens naturais de plantas forrageiras de clima temperado, foram encontrados por Betteridge et al. (1994). Desse modo, a grande diferença entre as plantas estudadas está no componente colmo, pois em plantas de clima temperado esse componente praticamente não existe ou é muito curto durante a fase vegetativa de desenvolvimento, o que faz com que o animal consiga aumentar a profundidade do bocado sem que haja restrição física.

Com relação às folhas, a severidade de desfolhação não variou com os ritmos de crescimento avaliados, apenas com as épocas do ano. O verão 2 foi a época em que foram registrados os maiores valores dessa variável, enquanto que os menores foram registrados no início da primavera, redução média de 63,9% para 37,9% do comprimento da lâmina foliar, respectivamente. A primavera possui uma peculiaridade que a difere das demais épocas do ano, uma vez que sua metade inicial é bem diferente de sua metade final. No início da primavera, devido à seca e baixas temperaturas do outono/inverno, as perdas por senescência superam a

produção de novos tecidos (crescimento) (MESQUITA, 2008). Desse modo, ocorre aumento da quantidade de folhas em senescência e modificação de seu posicionamento no dossel forrageiro, com as mesmas passando a ocupar estratos mais superficiais do dossel, ou seja, participarem em maior proporção da camada explorada pelos animais em pastejo (PEREIRA, 2009). Em decorrência desses fatos os animais promovem a seleção de folhas de melhor valor nutritivo, podendo diminuir a profundidade da camada explorada e, conseqüentemente, a profundidade de bocados. Já no final da primavera, em função do aumento em precipitação e de temperatura (Figura 1), as plantas retomam o processo de perfilhamento e de crescimento intensos, diminuindo drasticamente a senescência relativamente ao crescimento (MESQUITA, 2008), restabelecendo a condição de estrutura caracterizada pela predominância de folhas e ausência de material senescente nos estratos superficiais do dossel forrageiro (PEREIRA, 2009).

No caso de folhas expandidas e em expansão, ou seja, aquelas presentes nas camadas mais superiores do dossel forrageiro, a severidade de desfolhação variou com os ritmos de crescimento avaliados. Para folhas expandidas, a severidade de desfolhação foi menor nos pastos não adubados que em pastos adubados. Já para folhas em expansão, os menores valores foram registrados nos pastos não adubados e naqueles adubados com 150 kg/ha de N. Esses resultados podem ser reflexo da seletividade animal sobre essas folhas mais jovens, de melhor valor nutritivo. Contudo, inferências sobre seletividade e valor nutritivo devem ser baseadas em experimentos de comportamento animal e análises bromatológicas, avaliações essas que não fizeram parte do protocolo experimental deste trabalho.

A utilização da fertilização nitrogenada promoveu a aceleração de crescimento dos pastos de capim-marandu manejados a 30 cm sob lotação contínua, e essa aceleração foi efetiva no aumento da densidade de lotação animal. Esse aumento na densidade de lotação animal proporcionou aumentos na freqüência de desfolhação, tanto de perfilhos quanto de folhas. No entanto, a utilização da fertilização nitrogenada foi pouco efetiva no incremento da severidade de desfolhação desses pastos. Grandes variações foram registradas entre as épocas do ano para as duas variáveis, porém nas épocas de baixo crescimento não houve diferença entre os pastos. Desse modo, a utilização da fertilização nitrogenada para aumento na freqüência de desfolhação nas épocas favoráveis de crescimento se mostrou uma ferramenta eficiente, não tendo efeito pronunciado em relação à exploração vertical do dossel forrageiro por parte dos animais.

2.5 Conclusões

O uso de nitrogênio aumenta a freqüência de desfolhação de folhas, indicando que seu uso estratégico pode favorecer não apenas o aumento em produção de forragem, mas, também, aumento da eficiência de utilização da forragem produzida em pastos manejados sob condições de lotação contínua.

Referências

AGNUSDEI, M. **Analyse de la dynamique de la morphogenèse foliaire et de la défoliation de plusieurs espèces de graminées soumises à um pâturage continu dans une communauté végetale de la pampa humide (Argentine).**1999. 108p. (Docteur Thèse) - L'Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy-Metz, 1999.

ANDRADE, F.M.E. **Produção de forragem e valor alimentício do capim-Marandu submetido a regimes de lotação contínua por bovinos de corte.** 2003. 125 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

BARBOSA, R.A.; NASCIMENTO Jr., D.; EUCLIDES, V.P.B. SILVA, S. C., ZIMMER, A. H., TORRES-JUNIOR, R. A. A. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidades e freqüência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 329-340, 2007a.

BARTHRAM, G.T.; GRANT, S.A. Defoliation of ryegrass-dominated sward by sheep. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.39, p.211-219, 1984.

BARTHRAM, G.T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: HILL FARMING RESEARCH ORGANIZATION. **Biennial report…** Midlothian, 1985. p. 29-30.

BETTERIDGE, K.; COSTALL, D.A.; HUTCHING, S. M. Ragwort (Senecio jacobaea) controlled by sheep in a hill country bull beef systems. In: NEW ZEALAND PLANT PROTECTION CONFERENCE, 47.,1994. local **Proceedings...**, 1994. p. 53-57,

BRASIL. Ministério da Agricultura. Serviço Nacional de Pesquisa Agronômica. Comissão de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo.** Rio de Janeiro,. 1960. 634p. Boletim, 12),

BURLINSON, A.J.; HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. Sward canopy structure and the bite dimensions and bite weight of grazing sheep. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 46, p. 29-38, 1991.

CARNEVALLI, R.A.; SILVA, S. C.; BUENO, A. A. O. et al Herbage production and grazing losses in Panicum maximum cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, St Lucia, v. 40, p. 165-176, 2006.

CARRÈRE, P. **Défoliation d'une association prairiale graminée (Lolium perenne L.) légumineuse (Trifolium repens L.) pâturée par des ovins. Impact su la croissance et l'utilisation de l'herbe.** 1994.118p. Thèse (Docteur Sciences) - Université de Paris-Sud, Orsay, 1994.

CARVALHO, P.C.F.; RIBEIRO FILHO, H.; POLI, C.H.E.C.; MORAES, A.; DELAGARDE, R. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: PEDREIRA, C.G.S.; DA SILVA, S.C. (Ed.). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 853-871.

CARVALHO, P.C.F.; TRINDADE, J.K.; da SILVA, S.C.; BREMM, C.; MEZZALIRA, J.C.; NABINGER, C.; AMARAL, M.F.; CARASSAI, I.J.; MARTINS, R.S.; GENRO, T.C.M.; GONÇALVES, E.N.; AMARAL, G.A.; GONDA, H.L.; POLI, C.H.E.C.; SANTOS, D.T. Consumo de forragem por animais em pastejo: analogias e simulações em pastoreio rotativo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM – INTENSIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTO, 2009. Piracicaba. **Anais**... Piracicaba: FEALQ, , 2009. p. 61-93.

CHACON, E.; STOBBS, T.H. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behavior of cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 27, p. 709-727, 1976.

DA SILVA, S.C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Ecofisiologia da produção animal em pastagens e suas implicações sobre o desempenho e a produtividade de sistemas pastoris. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 4., 2007, Viçosa. **Anais ...** Viçosa: Editora Suprema, 2007. p. 1-48.

DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive leaves on a Cocksfoot tiller. Effect of nitrogen and cutting regime. **Annals of Botany**, Oxford, v. 85, p. 645-653, 2000a.

DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive grass leaves on a tiller. Ontogenic development and effect of temperature. **Annals of Botany**, Oxford, v.85, p.635-643, 2000b.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA. Produção de Informação, Brasília, 1999. 412 p.

GONÇALVES, A.C. **Características morfogênicas e padrões de desfolhação em pastos de capim-Marandu submetidos a regimes de lotação contínua.** 2002. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

GRANT, S.A.; BARTHRAM, G. T.; TORVELL, L.; KING,J.; SMITH, H. K. Sward management, lamina turnover and tiller population density in continuously stocked Lolium perenne-dominated swards. **Grass and Forage Science,** Oxford, v. 38, n. 4, p. 333-344, 1983.

HODGSON, J. The frequency of defoliation of individual tillers in a set-stocked swards. **Journal of the British Grassland Society**, Warwickshire, v.21, p.258-263, 1966.

HODGSON, J. Variations in the surface characteristics of the sward and short-term rate of herbage intake by calves and lambs. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 36, p. 49- 57, 1981.

HODGSON, J. The significance of sward characteristics in the management of temperate sown pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 15., 1985, Kyoto. **Proceedings…** Kyoto, 1985. p.63-66.

HODGSON, J. **Grazing management:** science into practice. New York ;Essex: Longman Scientific & Technical, Longman Group, 1990. 203 p.

HU, Y. **A comparative study of defoliation in Holcus lanatus and Lolium perenne pastures grazed by sheep**. 1992.85p. Thesis (Master) – Massey University, Palmerston North, 1993.

LACA, E.A.; UNGAR, E.D.; SELIGMAN, N.; DEMMENT, M.W. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 47, p. 91-102, 1992.

LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; NABINGER, C.; CARVALHO; P. C. F. (Ed.).**Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Curitiba. Wallingford: CAB International, 2000. p. 265-288.

LEMAIRE, G.; da SILVA, S.C.; AGNUSDEI, M.; WADE, M.; HODGSON, J. Interactions between leaf lifespan and defoliation frequency in temperate and tropical pastures: a review. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.64, p. 341-353, 2009.

LITTELL, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W.; WOLFINGER, R.D. **SAS system for mixed models**. Cary: SAS Institute, 1996. 633 p.

MAZZANTI, A.; LEMAIRE, G. Effect of nitrogen fertilization on the herbage production of tall fescue swards grazed continuously with sheep. 2. Consumption and efficiency of herbage utilization. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 49, p. 352-359, 1994.

MESQUITA, P. **Dinâmica do acúmulo de forragem em pastos de Brachiaria brizantha cv. Marandu submetidos à lotação contínua e ritmos de crescimento contrastantes.** 2008. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

PARSONS, A.J.; PENNING, P.D.; LOCKYER, D.R. Uptake, cucling and fate of nitrogen in grass-clover swards continuously grazed by sheep. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 116, p. 47-61, 1991a.

PEREIRA, L.E.T. **Morfogênese e estrutura do dossel de pastos de capim-marandu submetidos à lotação contínua e ritmos morfogênicos contrastantes**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

SBRISSIA, A.F. **Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim-Marandu sob lotação contínua.** 2004. 171 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

WADE, M.H. **Factors affecting the availability of vegetative *Lolium perenne* L. to grazing dairy cows with special reference to sward characteristics, stocking rate and grazing method**. 1991. 57p. Thèse(Docteur)- Université de Rennes, Rennes, 1991.

WADE, M H.; CARVALHO, P.C.F. Patterns of defoliation and herbage intake on pastures. In: HODGSON, J.; LEMAIRE, G.; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F; NABINGER, C. (Ed.). **Grasslands ecophysiology and grazing ecology**. CAB International, Curitiba, 2000. p.233-248.

WADE, M.H.; PEYRAUD, J.L.; LEMAIRE, G.; CAMERON, E.A. The dynamics of daily area and depth of grazing and herbage intake of cows in a five day paddock system. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 16., 1989. Nice. **Proceedings…**. Nice, 1989. p. 1111-1112.

WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.; CANTARELLA, H. Forrageiras. In: RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. p. 263–273. (IAC. Boletim Técnico, 100).

WOLFINGER, R.D. Covariance structure selection in general mixed models. **Communications in Statistics Simulation and Computation**, Philadelphia, v. 22, n. 4, p. 1079-1106, 1993.

3 USO DE NITROGÊNIO E EFICÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DA FORRAGEM EM PASTOS DE CAPIM-MARANDU MANEJADOS SOB LOTAÇÃO CONTÍNUA E RITMOS DE CRESCIMENTO INDUZIDOS POR FERTILIZAÇÃO NITROGENADA

Resumo

A fertilização nitrogenada tem sido utilizada como alternativa para melhorar a eficiência de utilização da forragem produzida em pastos de gramíneas forrageiras de clima temperado manejados sob lotação contínua. Contudo, para plantas forrageiras de clima tropical esse tipo de informação é muito restrito, e o nitrogênio utilizado apenas como promotor de crescimento e aumento de produção. O objetivo deste trabalho foi avaliar os padrões de desfolhação e quantificar a eficiência de utilização da forragem produzida em pastos de capim-marandu manejados a 30 cm sob lotação contínua e submetidos a ritmos de crescimento gerados pela aplicação das doses 150, 300 e 450 kg/ha.ano de N, mais o controle (sem adubação). Os tratamentos foram alocados às unidades experimentais (piquetes de 1200 m^2) segundo um delineamento de blocos completos casualizados, com quatro repetições. Foram coletados dados de 30 perfilhos por piquete em ciclos de 28 dias. Após 28 dias, novos perfilhos eram selecionados e um novo ciclo de avaliações realizado. Foram avaliadas as seguintes variáveis-resposta de janeiro de 2007 a abril de 2008: densidade de lotação animal, intervalo de desfolhação de folhas, duração de vida de folhas, probabilidade de desfolhação de folhas durante o período de vida das folhas e eficiência de utilização. Pastos mantidos sob ritmos de crescimento mais acelerados mantiveram maior densidade de lotação animal relativamente àqueles mantidos sob ritmos de crescimento mais lentos, o que gerou menores intervalos de desfolhação de folhas nos pastos adubados (150, 300 e 450 kg/ha de N) em relação aos não adubados. Por outro lado, pastos mantidos sob ritmos de crescimento mais acelerados apresentaram menor duração de vida das folhas, reduzindo, assim, o período possível de colheita antes de início do processo de senescência. Dessa forma, apesar do aumento em freqüência de desfolhação causado pelas maiores densidades de lotação nos pastos adubados, houve diminuição correspondente em tempo de vida da folha, o que resultou em pequena variação em eficiência de utilização da forragem produzida. Todas as variáveis mensuradas foram influenciadas pela época do ano, indicando efeito pronunciado da disponibilidade de fatores climáticos de crescimento sobre a produção de forragem e eficiência de colheita da forragem produzida. No início da primavera, devido à grande duração de vida das folhas, mesmo os longos intervalos de desfolhação ocorridos proporcionaram probabilidades de desfolhação durante a vida das folhas semelhantes àquelas registradas em épocas caracterizadas por intervalos de desfolhação curtos (final da primavera e verão 2). Nas épocas em que a disponibilidade de fatores de crescimento foi baixa (outono/inverno e início da primavera), a eficiência de utilização também foi baixa em relação às épocas de melhores condições ambientais. Para o capim-marandu manejado sob lotação contínua, a utilização de nitrogênio não resultou em aumento em eficiência de utilização da forragem produzida, uma vez que o aumento em freqüência de desfolhação foi compensado pela redução em duração de vida das folhas.

Palavras-chave: Duração de vida das folhas; Freqüência de desfolhação; Nitrogênio; Manejo do pastejo; Lotação contínua

Abstract

Nitrogen fertilisation has been used as an alternative to enhance utilisation efficiency of continuously stocked temperate grass swards. However, for tropical grasses, this kind of information is scarce and nitrogen utilised only as a means of enhancing growth and increasing herbage production. The objective of this experiment was to evaluate the patterns of defoliation and quantify the utilisation efficiency of the produced herbage on continuously stocked marandu palisadegrass swards managed at 30 cm and subjected to nitrogen-induced growth rhythms created by the application of 150, 300 and 450 kg/ha.year of N, plus the control (non-fertilisation). Treatments were allocated to experimental units (1200 m^2 paddocks) according to a randomised complete block design, with four replications. Data were collected from a set of 30 tillers per paddock during 28-day evaluation cycles. After 28 days, a new set of tillers was selected and a new evaluation cycle performed. From January 2007 until April 2008 the following response variables were evaluated: stocking density, defoliation interval, leaf lifespan, probability of leaf defoliation during its lifespan and utilisation efficiency. Swards fertilised with 300 and 450 kg/ha of N supported larger stocking density than those non-fertilised or fertilised with 150 kg/ha of N, resulting in shorter defoliation intervals of leaves on fertilised than on non-fertilised swards. On the other hand, swards fertilised with high rates of nitrogen application (300 and 450 kg/ha) showed shorter leaf lifespan than those with low rates (non-fertilised and fertilised with 150 kg/ha), reducing the period available for harvest before commencement of senescence. As a result, in spite of the increase in defoliation frequency caused by the higher stocking densities used on fertilised swards, there was a corresponding decrease in leaf lifespan that caused small variation in utilisation efficiency. All measured variables were influenced by season of the year, highlighting the pronounced effect of environmental factors on herbage accumulation and utilisation efficiency. In early spring, when the largest values of defoliation interval were recorded, probability of defoliation of leaves during their lifespan was similar to those recorded during late spring and summer 2, when smallest values of defoliation interval were recorded, a result of the large values of lifespan recorded at times of low plant growth. At times of the year when availability of climatic growth factors was low (autumn/winter and early spring), utilisation efficiency was also low relative to more favourable times (late spring and summer). For marandu palisadegrass managed under continuous stocking, the use of nitrogen fertiliser did not result in increased utilisation efficiency of the produced herbage, since the increase in leaf defoliation frequency was compensated for by reduction in leaf lifespan.

Keywords: Leaf lifespan; Defoliation frequency; Nitrogen; Grazing management; Continuous stocking

3.1 Introdução

Dentro de um sistema de exploração pecuária baseado em pastagens, plantas forrageiras desempenham uma função extremamente importante tanto para a rentabilidade como para a sustentabilidade do sistema (Da SILVA; SBRISSIA, 2001). Isso porque o custo de produção de forragem, na mesma unidade de medida, chega a ser 1/3 daquele originado a partir de outras fontes de alimento como silagem, feno e alimentos concentrados (LAZENBY, 1981). Dentro desse contexto, há também a necessidade de se trabalhar de forma sustentável. Práticas de manejo sustentável dependem de adequação no balanço de nutrientes com o intuito de encontrar níveis adequados de produção de matéria seca e nutrientes suficientes para a produção animal (JARVIS, 2000). Esse mesmo autor salienta que plantas forrageiras são, geralmente, muito efetivas na maximização da absorção e incorporação de diferentes formas de nutrientes disponíveis no solo.

O nitrogênio foi o primeiro nutriente a ser reconhecido como essencial para o crescimento das plantas (RUSSELL, 1961), e é aceito como um dos mais importantes e também um dos mais deficientes, o que acaba, por vezes, limitando a produção vegetal (BLACK, 1957). Sollenberger et al. (2002) relataram que o nitrogênio é o nutriente mais limitante na maioria dos ecossistemas tropicais e subtropicais de pastagens. É sabido que aumentos consideráveis em produção são conseguidos por meio de fertilização nitrogenada e, no caso de pastagens, devido ao seu menor custo de produção, a rentabilidade do sistema pode ser ainda maior.

Aumentos em produção de forragem gerados pela utilização de fertilizantes nitrogenados devem ser acompanhados de aumentos em taxa de lotação para que o material extra produzido seja consumido pelos animais e não seja perdido. A taxa de lotação é considerada como o fator mais importante do manejo de pastagens afetando tanto o desempenho de plantas como de animais (HERNÁNDEZ GARAY et al., 2004). Desse modo, a colheita passa a ter um significado especial quando se considera o manejo de pastagens e a produtividade animal, sendo o sucesso do sistema altamente dependente da eficiência desse processo.

Sob lotação contínua, aumento na eficiência de utilização da forragem produzida foi conseguido por meio do uso de fertilização nitrogenada em trabalho com *Festuca arundinaceae* (MAZZANTI; LEMAIRE, 1994). Esses autores mostraram que pastos com deficiência de nitrogênio resultaram em baixa utilização (57%) quando comparados àqueles em que o suprimento de N foi ótimo (73%). Isso foi explicado pelo maior intervalo entre desfolhações nos pastos deficientes em N (28 dias contra 20 dias no suprimento ótimo de N), conseqüência da

menor taxa de lotação utilizada para manter o pasto no mesmo IAF. Resultados semelhantes para plantas tropicais são escassos, particularmente para o capim-marandu, espécie que ocupa a grande maioria das áreas de pastagens plantadas no país e é manejada, normalmente, sob lotação contínua.

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de nitrogênio sobre os padrões de desfolhação e a eficiência de utilização da forragem produzida em pastos de capim-marandu mantidos a 30 cm de altura por meio de lotação contínua.

3.2 Material e métodos

O trabalho foi conduzido de janeiro de 2007 a abril de 2008 na Unidade Experimental de Plantas Forrageiras - UEPF - do Departamento de Zootecnia da E.S.A. “Luiz de Queiroz”, pertencente à Universidade de São Paulo. A área está localizada a 546 m de altitude, nas coordenadas geográficas aproximadas de 22º42’ de latitude sul e 47º37’ de longitude oeste, município de Piracicaba, estado de São Paulo. O relevo da área experimental é suave a moderadamente ondulado, e o solo classificado como Nitossolo Vermelho eutroférrico, com horizonte A moderado e textura variando de argilosa a muito argilosa (EMBRAPA, 1999). Para fins de avaliação da fertilidade do solo foram realizadas amostragens na camada de 0–20 cm antes do início do período experimental. A análise de solo revelou valores satisfatórios de pH e teores de nutrientes (Tabela 1) relativamente às exigências da espécie em estudo (WERNER; PAULINO; CANTARELLA, 1996), a *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf. cv Marandu, não havendo, portanto, necessidade de realização de adubações outras que não a nitrogenada.

Tabela 1 – Resultado da análise química de solo da área experimental

Bloco	**pH**	**MO**	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**	**Al**	**H+Al**	**SB**	**T**	**V**
		(g dm^{-3})	(mg dm^{-3})	(mmol$_C$ dm^{-3})							(%)
I	5,2	43,7	50,7	8,3	57,5	19,2	0,0	37,0	85,0	122,0	69,7
II	5,2	44,2	57,8	8,3	58,8	17,8	0,0	38,0	84,8	122,7	69,0
III	5,0	39,8	64,5	5,5	56,5	14,3	0,0	48,3	76,3	124,5	61,0
IV	4,8	38,7	75,5	4,5	70,0	12,8	1,2	53,8	87,0	140,7	62,2
Médias	5,1	41,6	62,1	6,7	60,7	16,0	0,3	44,3	83,3	127,5	65,5

O clima da região, de acordo com a classificação de Koppen, é o Cwa, mesotérmico úmido subtropical de inverno seco, com temperaturas médias inferiores a 18ºC no mês mais frio e superiores a 22ºC na época mais quente (BRASIL, 1960). Os dados climáticos referentes ao período experimental foram coletados no Posto Meteorológico da ESALQ (Figura 1), distante cerca de 500 m da área experimental, e foram utilizados para o cálculo do extrato do balanço hídrico mensal considerando-se uma capacidade de armazenamento de água no solo de 50 mm (Figura 2).

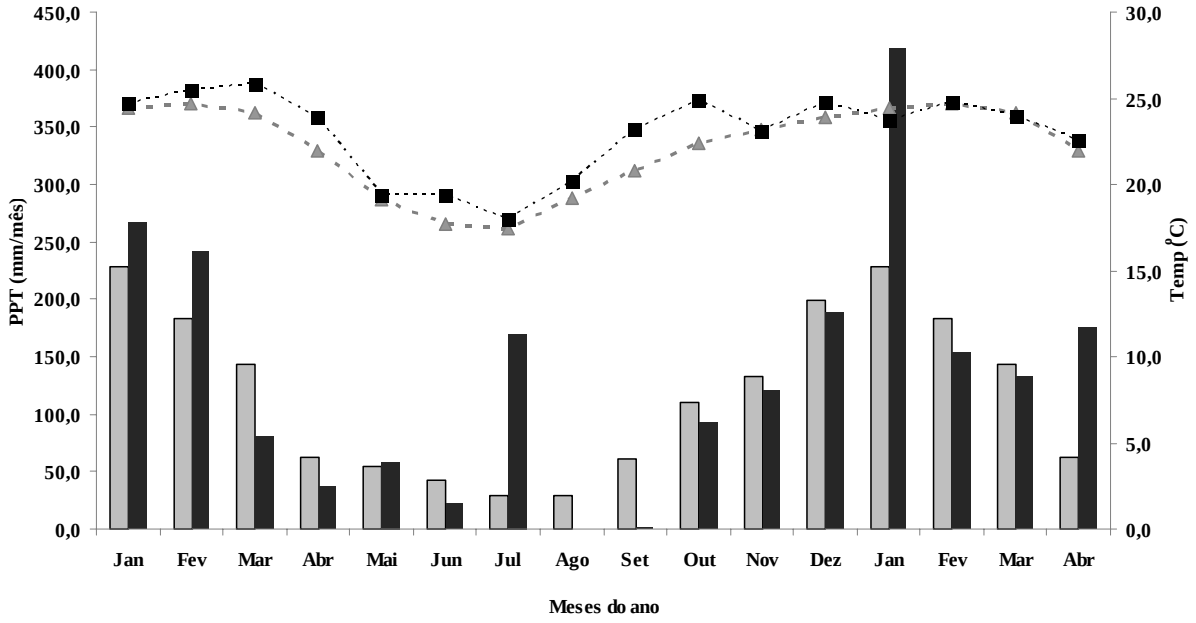


Figura 1 – Médias mensais históricas (1997 a 2007) ( ) e do período experimental ( ), respectivamente, de precipitação (PPT, mm/mês) e temperatura (Temp, ^{o}C) - janeiro de 2007 a abril de 2008

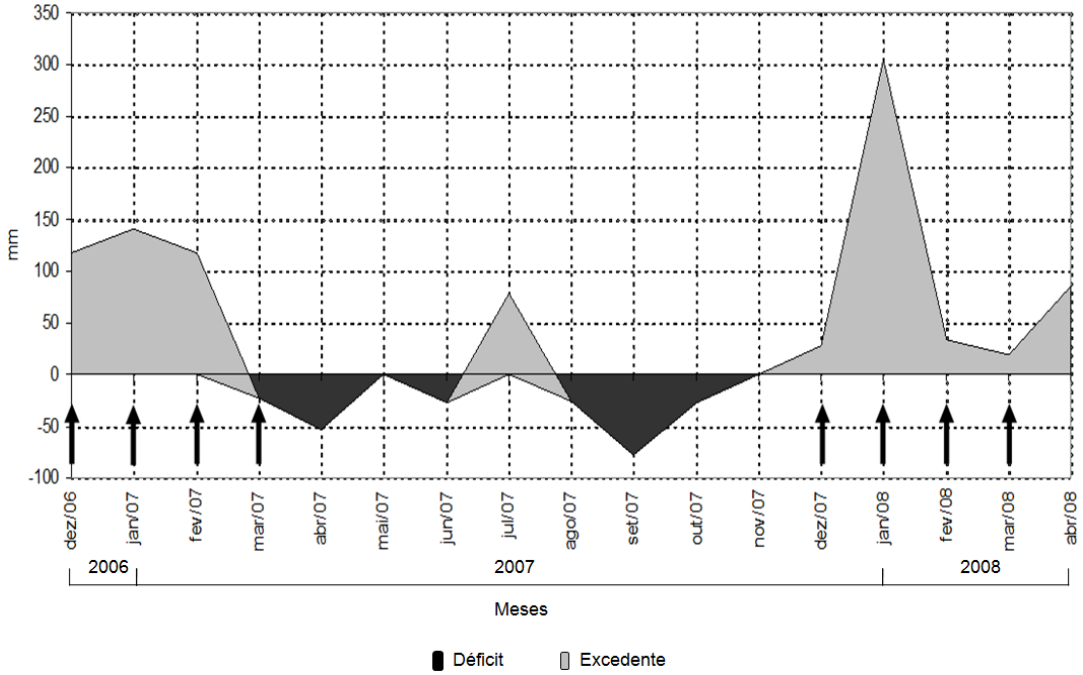


Figura 2 – Extrato do balanço hídrico mensal de dezembro de 2006 a abril de 2008. Setas indicam as épocas de aplicação de fertilizante nitrogenado

A área experimental foi subdividida em blocos com quatro piquetes de 1200 m² cada, totalizando 16 piquetes e uma área de aproximadamente 2,0 ha (Figura 3).

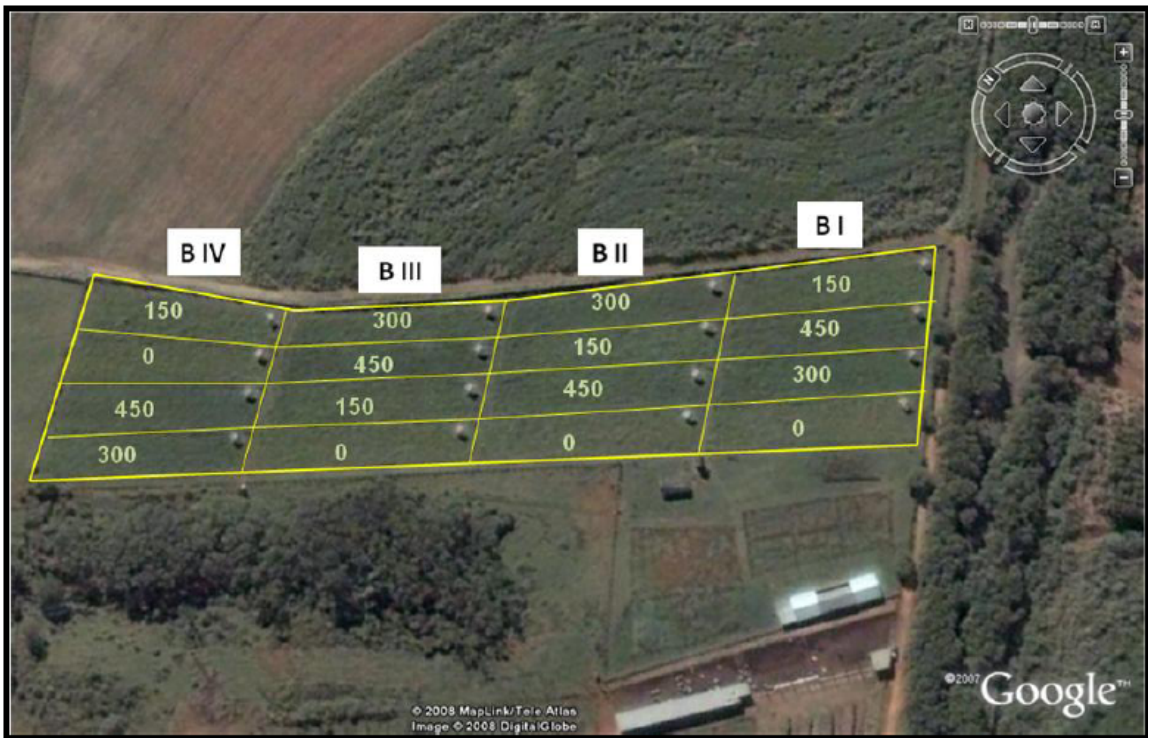


Figura 3 – Croqui da área experimental em imagem de satélite (Fonte: Software Google Earth – acesso online em 01/03/2010); BI, BII, BIII e BIV: blocos 1 a 4, com os respectivos tratamentos (Sem adubação (0), 150, 300 e 450 kg de N/ha) em cada parcela

Em abril de 2006, antes do início do experimento e como forma de uniformização da área, os piquetes foram rebaixados por meio de pastejo e posteriormente roçados a uma altura de 10 cm do solo. Após roçada, a altura dos pastos começou a ser monitorada semanalmente e, quando atingiu cerca de 20 cm, passou a ser monitorada duas vezes por semana até o final do experimento. A cada procedimento de avaliação eram tomadas 100 leituras por piquete utilizando-se um bastão medidor (“sward stick”) (BARTHRAM, 1985) ao longo de quatro linhas transectas (25 pontos por transecta) em formato de zig-zag (Figura 4). Adotou-se como meta de manejo a altura média dos pastos de 30 cm, admitindo-se variação de 10% (27 a 33 cm). Essa meta de altura foi baseada nos trabalhos de Gonçalves (2002), Andrade (2003) e Sbrissia (2004) em seqüência anterior de experimentos na mesma área experimental, que demonstraram estabilidade de acúmulo de forragem na faixa de altura entre 20 e 40 cm e maior ganho de peso por unidade de área nos pastos mantidos a 30 cm. Animais começaram a ser adicionados aos piquetes à medida que o limite inferior de variação da meta de manejo era alcançado (27 cm), o que ocorreu somente a partir de outubro de 2006. O início das avaliações e do período

experimental, contudo, ocorreu somente a partir de janeiro de 2007, e se estendeu até abril de 2008, permitindo o acompanhamento de duas estações de crescimento consecutivas (2006/2007 e 2007/2008). A altura média dos pastos ao longo do período experimental foi 29,7 cm, variando de 27,8 a 31,0 cm (Figura 5).

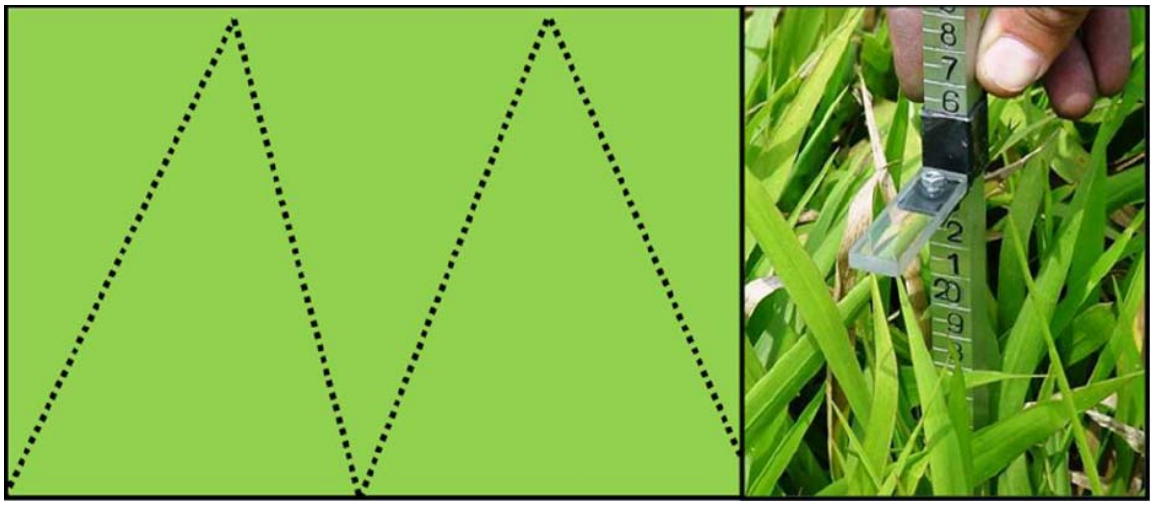


Figura 4 – Sentido do caminhamento na avaliação da altura do dossel e aparelho “sward stick” (BARTHRAM, 1985) utilizado para realização das medições

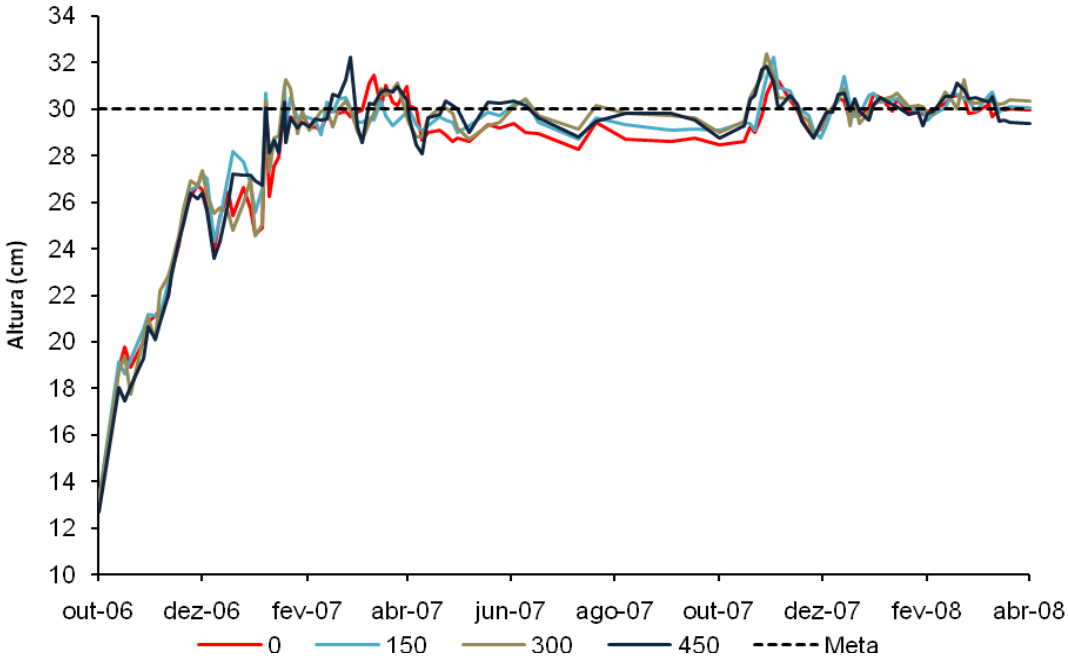


Figura 5 – Altura média (cm) dos pastos de capim-marandu manejados sob lotação contínua de outubro de 2006 a abril de 2008

O pastejo foi realizado por novilhas das raças Nelore e Canchim, com peso corporal médio inicial variando de 250 a 280 kg. O método de pastejo utilizado foi o de lotação contínua com taxa de lotação variável, sendo que animais foram adicionados ou retirados dos piquetes de acordo com a necessidade para manutenção da meta de altura. Os animais foram pesados imediatamente antes do início e regularmente a cada quatro semanas durante todo o experimento após jejum de 12 horas de água e alimento, e os dados utilizados para o cálculo da densidade de lotação empregada.

Os tratamentos corresponderam a quatro ritmos de crescimento gerados por meio da ausência (controle) e adubação dos pastos com 150, 300 e 450 kg/ha de N utilizando o fertilizante nitrato de amônio em sua forma pura. Nos tratamentos de adubação as doses foram divididas em quatro parcelas iguais e aplicadas nas datas apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Datas e quantidades de nitrogênio aplicado nas unidades experimentais

	Tratamento - Doses utilizadas (kg/ha de N por ano)			
Datas de aplicação	**0**	**150**	**300**	**450**
		2006/2007		
19/12/2006	-	37,50	75	112,50
16/01/2007	-	37,50	75	112,50
23/02/2007	-	37,50	75	112,50
23/03/2007	-	37,50	75	112,50
		2007/2008		
20/12/2007	-	37,50	75	112,50
17/01/2008	-	37,50	75	112,50
14/02/2008	-	37,50	75	112,50
13/03/2008	-	37,50	75	112,50

Para avaliação da freqüência e severidade de desfolhação de perfilhos e folhas foram escolhidos três pontos representativos da condição média do pasto em cada unidade experimental (avaliação visual da altura e massa de forragem no momento da marcação dos perfilhos). Nesses locais foram marcados aleatoriamente 10 perfilhos utilizando-se barras de metal de 2 m de comprimento graduadas a cada 20 cm, os quais foram identificados e numerados por meio de anel plástico (Figura 6).

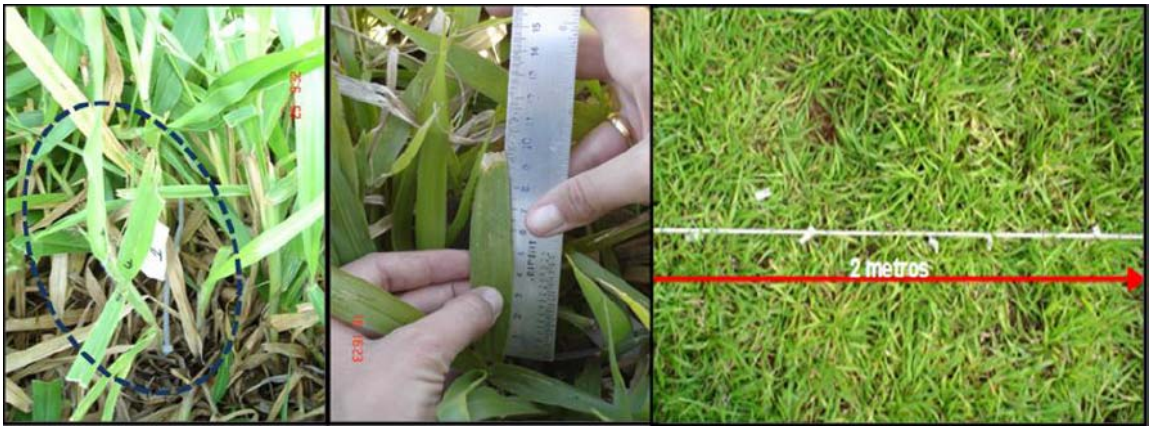


Figura 6 – Detalhe da identificação dos perfilhos e numeração das folhas (foto da esquerda), medida das folhas (centro) e detalhe da régua de marcação de perfilhos (foto direita)

Em função da acelerada renovação de tecidos nas épocas de maior crescimento (final de primavera e verão), os perfilhos foram monitorados a cada três e quatro dias (duas vezes por semana), sendo um novo grupo de perfilhos marcado a cada quatro semanas. Nas estações de menor crescimento (outono/inverno e início de primavera) os perfilhos foram monitorados a cada sete dias, sendo remarcados a cada oito semanas. Assim, cada unidade experimental compreendia 30 perfilhos, totalizando 120 perfilhos por tratamento, monitorados a cada ciclo de coleta de dados (quatro ou oito semanas dependendo da época do ano). Em cada procedimento de avaliação cada perfilho marcado era classificado como basal ou aéreo, intacto ou desfolhado, e tinha seu comprimento estendido medido e o número de folhas vivas quantificado. As folhas eram numeradas e classificadas como intactas ou desfolhadas e como folhas em expansão (sem lígula visível), folhas expandidas (lígula visível ou folhas que não apresentassem crescimento - por vezes a lígula ficava posicionada internamente à bainha, dificultando sua visualização) e folhas senescentes (quando apresentavam alguma porção da lâmina foliar iniciando o processo de senescência). Folhas em que mais de 50% do comprimento do limbo foliar estivesse comprometido pela senescência foram consideradas mortas. O comprimento do limbo foliar foi medido de acordo com o estádio de desenvolvimento das folhas. Para folhas expandidas foi considerado o comprimento da ponta da folha até sua lígula. Para folhas em expansão, o procedimento foi semelhante, porém utilizou-se como referencial de medida a lígula da última folha expandida (DURU; DUCROCQ, 2000b). Para folhas em senescência foi considerado o comprimento da lâmina foliar a partir da lígula até o ponto onde o processo de senescência tinha avançado.

A duração de vida das folhas (DVF) foi calculada multiplicando-se o filocrono pelo número de folhas vivas por perfilho (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). O filocrono é definido como o inverso da taxa de aparecimento de folhas (TApF) (Lemaire e Chapman, 1996) que, por sua vez, corresponde ao número de folhas que aparece por perfilho por unidade de tempo ou unidade de somatória calórica, no caso, folhas por dia ou folhas por graus-dia (GD), respectivamente.

Com base nas avaliações de campo foram calculadas as seguintes variáveis-resposta:

DURAÇÃO DE VIDA DAS FOLHAS (DVF) = filocrono x n° folhas vivas por perfilho
FREQÜÊNCIA DE DESFOLHAÇÃO = nº de eventos de desfolhação / (nº de possíveis eventos de desfolhação x duração da avaliação)
SEVERIDADE DE DESFOLHAÇÃO = [(comprimento inicial – comprimento final) / comprimento inicial]
INTERVALO DE DESFOLHAÇÃO = 1 / freqüência
PROBABILIDADE DE DESFOLHAÇÃO AO LONGO DA VIDA DA FOLHA: DVF / intervalo de desfolhação

A partir das variáveis acima foi calculada a eficiência de utilização da forragem produzida estimando-se qual a porção do comprimento das lâminas foliares que era colhida pelos animais durante a duração de vida da folha conforme o exemplo abaixo:

Dados para exemplo:

Freqüência de desfolhação = 0,05

Severidade de desfolhação = 50%

Duração de vida da folha = 30 dias

1º cálculo: número de possíveis desfolhações (NPD) durante a vida da folha:

NPD = duração de vida da folha x freqüência de desfolhação

Ou seja, NPD = 30 x 0,05 = 1,5

2º cálculo: desmembrar NPD:

Separar o valor numérico de NPD em unidades e frações (soma de valores < 1)

Exemplo:

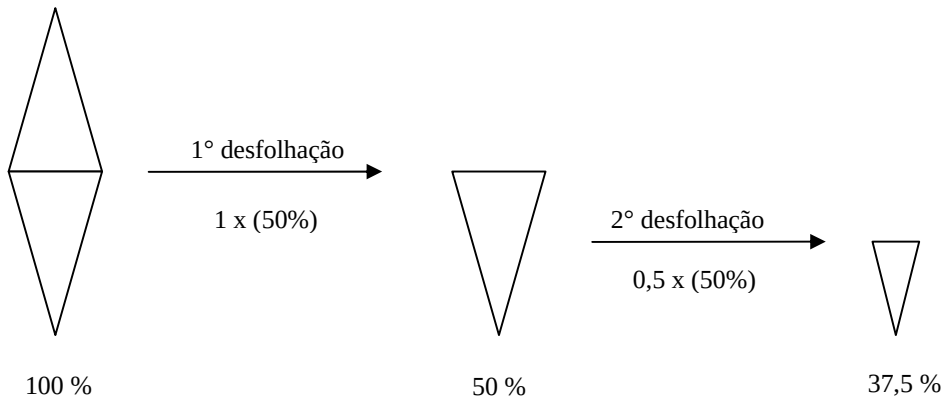
NPD = 1,5 = 1 + 0,5

3º cálculo: redução no comprimento foliar:

Calcular a redução no comprimento foliar com base no NPD desmembrado e na severidade de desfolhação, de forma seqüencial.

NPD = 1 + 0,5

Intensidade = 50%



4º cálculo: cálculo da eficiência de utilização:

Proporção do comprimento inicial removido pelos animais por meio do pastejo:

Eficiência de utilização = 100% - 37,5% = 62,5%

Para fins de análise estatística, os dados foram agrupados em cinco épocas do ano definidas da seguinte maneira: verão 1 (janeiro a março de 2007), outono/inverno (abril a agosto de 2007), início de primavera (setembro a meados de novembro de 2007), final de primavera (meados de novembro e dezembro de 2007) e verão 2 (janeiro a meados de abril de 2008). Antes de serem submetidos à análise de variância, foram testados para avaliar normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade de variância. A análise de variância foi realizada utilizando-se o PROC MIXED (modelos mistos) do pacote estatístico do SAS® (Statistical Analysis System), versão 9.1 para Windows®. Os efeitos de ritmo de crescimento, época do ano e suas interações foram considerados fixos e o efeito de blocos foi considerado aleatório (LITTELL et al., 1996). A escolha da matriz de covariância foi realizada utilizando-se o "Critério de Informação de Akaike" (AIC) (WOLFINGER, 1993), e as médias dos tratamentos estimadas utilizando-se o "LSMEANS". Quando necessária, a comparação entre elas foi realizada por meio da probabilidade da diferença ("PDIFF"), usando o teste "t" de Student e um nível de significância de 5%.

3.3 Resultados

3.3.1 Densidade de lotação animal

A densidade de lotação animal empregada variou com o ritmo de crescimento (P=0,0002), época do ano (P<0,0001) e com a interação ritmo de crescimento x época do ano (P<0,0001). De maneira geral, maiores densidades de lotação foram registradas nos pastos submetidos aos ritmos de crescimento mais acelerados, representados pelos pastos adubados com 300 e 450 kg/ha de N (Tabela 3). Os menores valores de densidade de lotação foram registrados no outono/inverno e, nesse período, a densidade de lotação nos pastos adubados com 150 kg/ha de N foi menor que em pastos não adubados e adubados com 300 e 450 kg/ha de N.

Tabela 3 – Densidade de lotação animal (kg PV.ha^{-1}.dia^{-1}) em pastos de capim-marandu submetidos a lotação contínua e ritmos de crescimento induzidos por fertilização nitrogenada de janeiro de 2007 a abril de 2008

Ritmos de Crescimento (kg/ha de N)	Verão 1	Outono/ Inverno	Início de Primavera	Final de Primavera	Verão 2	Médias
Sem adubação	943 Ba	336 Ab	164 Cb	1135 Ba	1020 Ba	720 C
	(194,3)	(52,6)	(66,6)	(112,5)	(155,9)	(65,5)
150	1459 ABb	122 Bd	346 BCc	1637 Ab	2285 Aa	1170 B
	(194,3)	(52,6)	(66,6)	(112,5)	(155,9)	(65,5)
300	1552 Ab	310 Ad	493 ABc	1671 Ab	2524 Aa	1310 AB
	(194,3)	(52,6)	(66,6)	(112,5)	(155,9)	(65,5)
450	1870 Ab	281 Ad	625 Ac	1842 Ab	2355 Aa	1394 A
	(194,3)	(52,6)	(66,6)	(112,5)	(155,9)	(65,5)
Médias	1456 b	262 d	407 c	1571 b	2046 a	
	(97,1)	(26,3)	(33,3)	(56,3)	(77,9)	

[Aa] *Letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si (P<0,05)*
Números entre parênteses representam o erro-padrão da média

3.3.2 Intervalo de desfolhação de folhas

O intervalo de desfolhação de folhas foi afetado pelo ritmo de crescimento (P=0,0002) e pela época do ano (P<0,0001). O maior intervalo de desfolhação foi registrado em pastos não adubados relativamente àqueles adubados com N (Figura 7). O outono/inverno foi a época em que foram registrados os maiores intervalos de desfolhação de folhas, sendo os menores registrados no final de primavera e verão 2 (Figura 8).

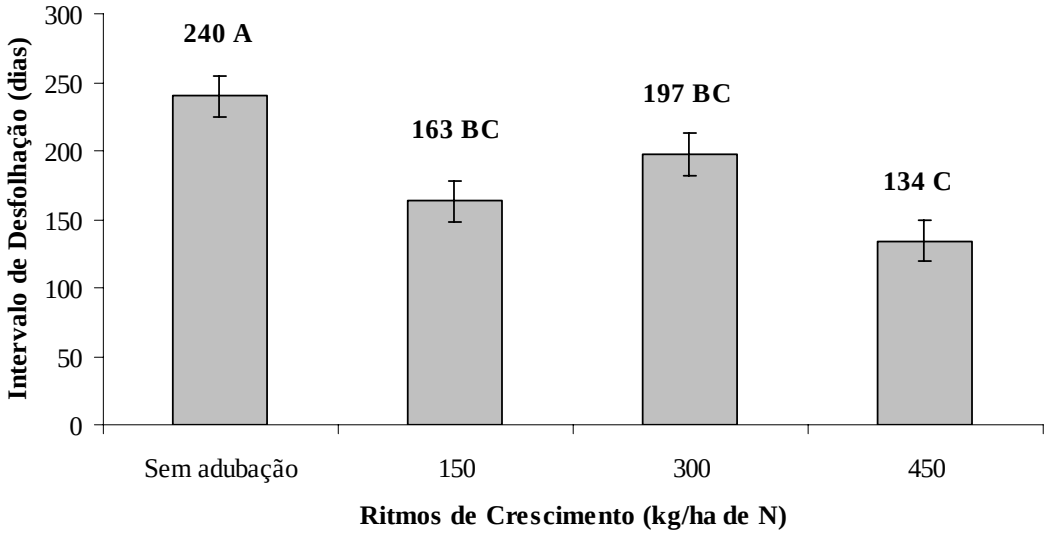


Figura 7 – Intervalo de desfolhação de folhas (dias) em pastos de capim-marandu submetidos à lotação contínua e ritmos de crescimento induzidos por fertilização nitrogenada

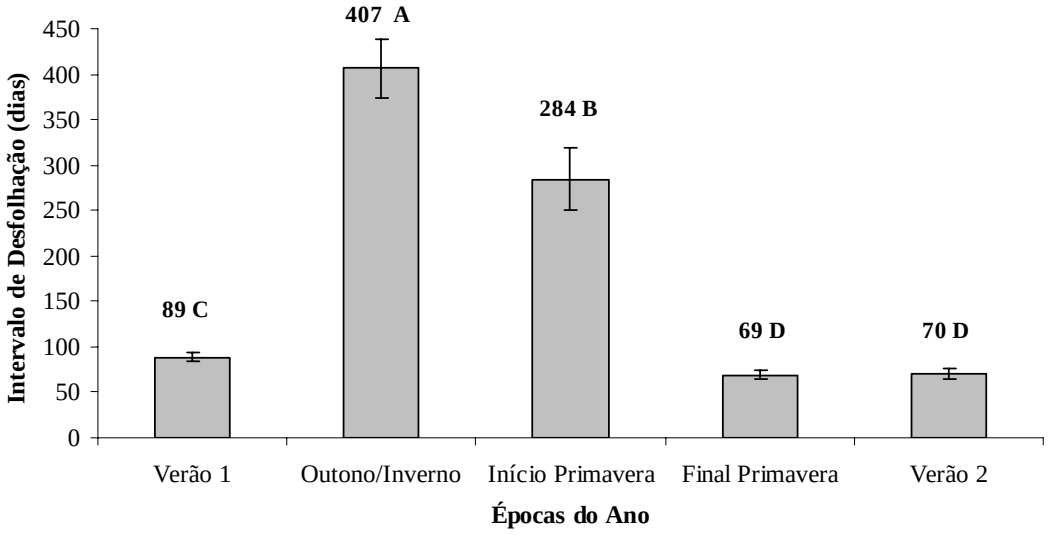


Figura 8 – Intervalo de desfolhação de folhas (dias) em pastos de capim-marandu submetidos à lotação contínua e ritmos de crescimento induzidos por fertilização nitrogenada de janeiro de 2007 a abril de 2008

3.3.3 Duração de vida das folhas

A duração de vida das folhas variou com o ritmo de crescimento (P=0,0003), época do ano (P<0,0001) e também com a interação ritmo de crescimento x época do ano (P<0,0001). Não houve diferença entre duração de vida das folhas para os ritmos de crescimento avaliados durante o início de primavera, época em que foram registrados os maiores valores para essa variável (Tabela 4). De maneira geral, a duração de vida das folhas foi maior em pastos submetidos a ritmos de crescimento mais lentos (não adubados ou adubados com 150 kg/ha de N) relativamente àqueles submetidos a ritmos mais acelerados (adubados com 300 e 450 kg/ha de N). Durante o outono/inverno, a duração de vida das folhas foi maior nos pastos adubados com 150 kg/ha de N relativamente aos demais tratamentos. Nos pastos adubados, a duração de vida das folhas foi maior no início da primavera, seguida do outono/inverno, final de primavera, verão 1 e verão 2. Nos pastos não adubados o padrão foi semelhante, porém com aumento da duração de vida das folhas do final da primavera para o verão 2.

Tabela 4 – Duração de vida de folhas (dias) em pastos de capim-marandu submetidos à lotação contínua e ritmos de crescimento induzidos por fertilização nitrogenada de janeiro de 2007 a abril de 2008

Ritmos de Crescimento (kg/ha de N)	**Verão 1**	**Outono/ Inverno**	**Início de Primavera**	**Final de Primavera**	**Verão 2**	**Média**
Sem adubação	72,3 Acd	126,4 ABb	239,3 Aa	64,7 Ad	73,9 Ac	115,3 A
	(4,12)	(5,99)	(34,33)	(2,33)	(2,25)	(6,56)
150	61 Ac	134,9 Ab	306,5 Aa	55,4 Bc	56,2 Bc	122,8 A
	(4,12)	(5,99)	(34,33)	(2,33)	(2,25)	(7,44)
300	48,7 Bc	109,9 BCb	306,9 Aa	48,9 Cc	47,3 Cc	112,3 B
	(4,12)	(5,99)	(34,33)	(2,33)	(2,25)	(6,56)
450	44,2 Bc	100,8 Cb	252,8 Aa	43,5 Dc	41,9 Dc	96,6 C
	(4,12)	(5,99)	(34,33)	(2,33)	(2,25)	(6,56)
Média	56,6 c (2,46)	118 b (3,30)	276,4 a (15,90)	53,1 c (1,79)	54,8 c (1,78)	

[Aa] *Letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si (P<0,05)*
Números entre parênteses representam o erro-padrão da média

3.3.4 Probabilidade de desfolhação ao longo do tempo de vida das folhas

A probabilidade de desfolhação das folhas durante seu período de vida variou somente com a época do ano (P<0,0001), com os menores valores sendo registrados no outono/inverno, seguidos daqueles do verão 1 (Figura 9).

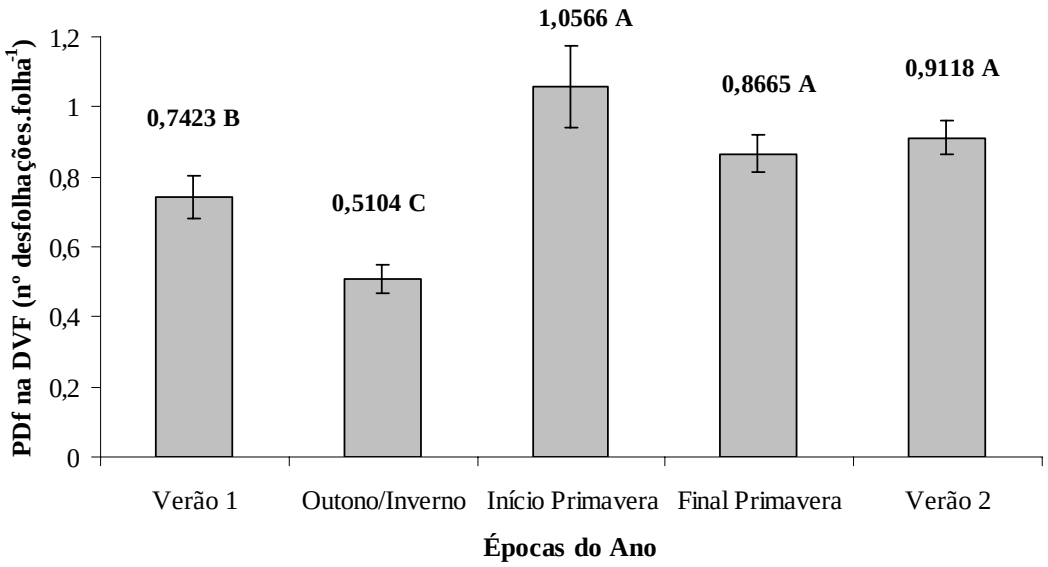


Figura 9 – Probabilidade de desfolhação de folhas na duração de vida das folhas em pastos de capim-marandu submetidos a lotação contínua e ritmos de crescimento induzidos por fertilização nitrogenada de janeiro de 2007 a abril de 2008

3.3.5 Eficiência de utilização da forragem produzida

A eficiência de utilização da forragem produzida foi afetada pelo ritmo de crescimento (P=0,0048) e pela época do ano (P<0,0001). Não houve interação entre ritmo de crescimento e época do ano (P>0,05). Pastos adubados com 150 kg/ha de N apresentaram maior eficiência de utilização que pastos não adubados, não tendo sido detectada diferença entre pastos adubados (Figura 10). Ao longo do ano, os menores valores de eficiência de utilização foram registrados durante o outono/inverno e início da primavera (Figura 11).

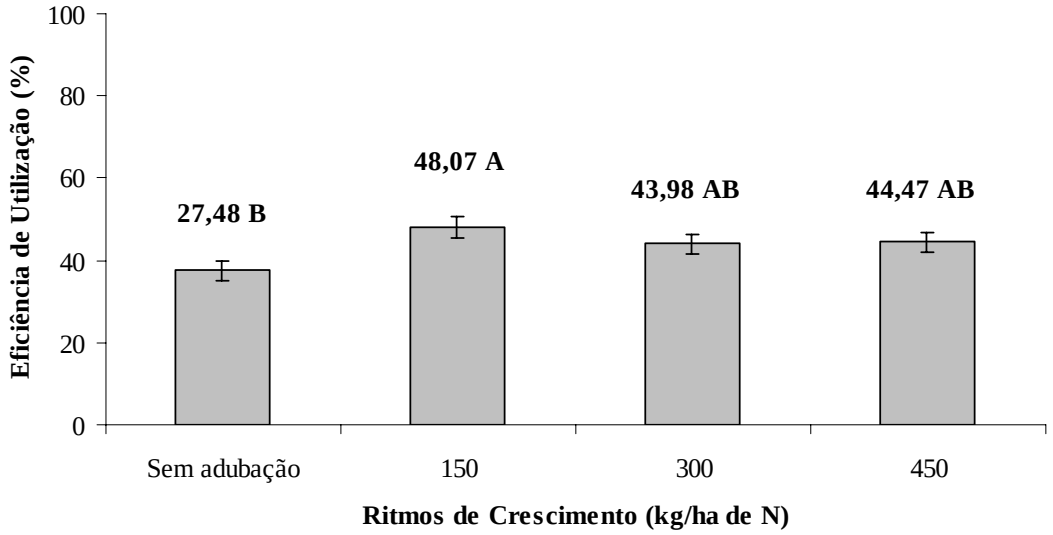


Figura 10 – Eficiência de utilização da forragem produzida (%) em pastos de capim-marandu submetidos a lotação contínua e ritmos de crescimento induzidos por fertilização nitrogenada

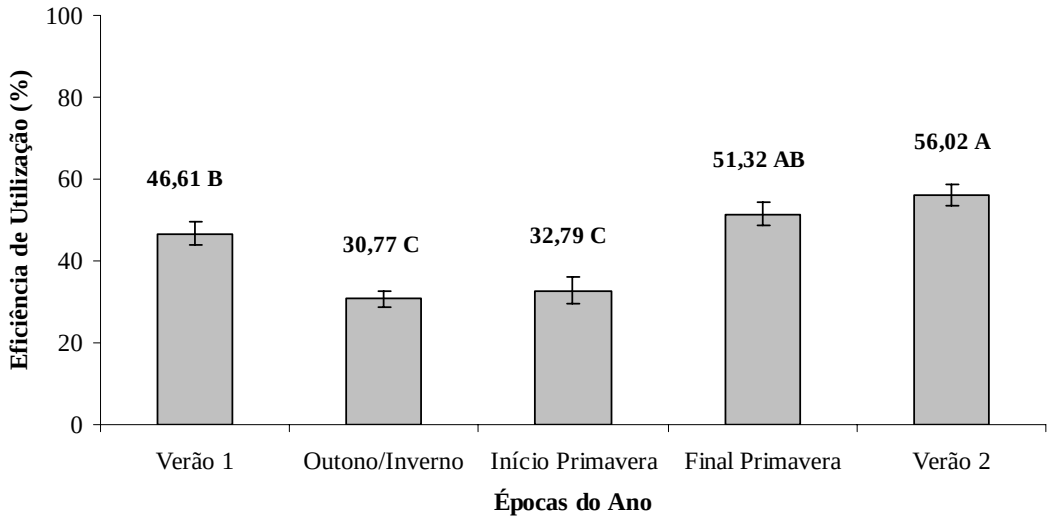


Figura 11 – Eficiência de utilização da forragem produzida (%) em pastos de capim-marandu submetidos a lotação contínua e ritmos de crescimento induzidos por fertilização nitrogenada de janeiro de 2007 a abril de 2008

3.4 Discussão

Plantas individuais em pastagens estão sujeitas a desfolhações sucessivas cuja severidade e freqüência dependem, principalmente, do tipo de animal, densidade de lotação e métodos de pastejo empregados (WADE; CARVALHO, 2000). Cada evento de desfolhação representa para a planta um distúrbio no seu crescimento e, além disso, uma interferência em sua habilidade competitiva dentro da população (LEMAIRE, 2001). Sob condições favoráveis de ambiente, a taxa de crescimento dos pastos aumenta à medida que ocorre aumento da área foliar das plantas, uma vez que, associado a este, ocorre aumento na interceptação da radiação luminosa incidente. O alongamento foliar é resultante da produção de células na região meristemática da folha e é influenciado pelo nitrogênio, pois esse nutriente faz parte de compostos de carbono (TAIZ; ZEIGER, 2009) e também aumenta o número de células em divisão e a velocidade do alongamento celular (MacADAM; VOLENEC; NELSON, 1989). Em pastos manejados sob lotação contínua e meta de manejo constante (*steady state*) esse aumento na velocidade de crescimento das plantas resultante do uso da fertilização nitrogenada faz com que sejam necessários aumentos em densidade de lotação animal como forma de assegurar a manutenção da meta de manejo pré-estabelecida (e.g. altura do dossel forrageiro e IAF) (MAZZANTI; LEMAIRE, 1994; RODRIGUEZ PALMA, 1998; AGNUSDEI, 1999; LEMAIRE et al., 2009). Segundo Mazzanti e Lemaire (1994), com o aumento em densidade de lotação ocorre aumento da freqüência de desfolhação, ou seja, diminuição do intervalo entre desfolhações, resultado também encontrado por Hodgson (1966) e Hodgson e Ollerenshaw (1969) para plantas de clima temperado e corroborado pelos resultados do presente experimento. O fato indica similaridades entre as respostas de plantas de clima temperado e de clima tropical ao pastejo, sugerindo que conceitos originalmente descritos e desenvolvidos para plantas de clima temperado podem ser aplicados também para plantas de clima tropical, respeitando-se suas particularidades.

Quando animais são confinados em uma área limitada e pastejam por curto espaço de tempo, raramente uma folha ou perfilho individual são completamente pastejados em um simples bocado (HODGSON, 1990), indicando que o dossel é rebaixado seguindo uma sucessão de camadas (estratos verticais) e que, portanto, perfilhos ou folhas individuais podem ser desfolhados várias vezes durante o dia. O mesmo autor relata que quando os animais têm acesso a

uma área relativamente grande de pasto (baixa densidade de lotação) e as taxas de acúmulo e consumo de forragem são equilibradas (lotação contínua e meta constante de altura, por exemplo – *steady state*), perfilhos individuais ou grupos de perfilhos são desfolhados a intervalos que variam de 3 a 4 semanas. Por outro lado, quando a densidade de lotação é elevada esse valores são reduzidos, podendo atingir 5 a 6 dias.

O intervalo de desfolhação de folhas variou com o ritmo de crescimento dos pastos, sendo os maiores valores registrados nos pastos não adubados relativamente aos adubados (240 e 165 dias em média, respectivamente). Isso ocorreu em função das menores taxas de aparecimento e alongamento de folhas nos pastos não adubados (PEREIRA, 2009), que resultou em menor crescimento (MESQUITA, 2008) e, conseqüentemente, em menor densidade de lotação (Tabela 3) relativamente a pastos adubados (48,4% em relação a pastos adubados com 450 kg/ha de N).

Maiores intervalos de desfolhação foram registrados no outono-inverno e início da primavera, épocas de menor disponibilidade de fatores climáticos de crescimento (Figuras 1 e 2). Os valores variaram de 69 a 407 dias no final da primavera e outono/inverno, respectivamente. Esses resultados refletem basicamente diferenças na densidade de lotação empregada para manter a meta de manejo dos pastos ao longo do ano (Tabela 3). Nos meses de menor disponibilidade de fatores climáticos o crescimento das plantas foi menor e, conseqüentemente, menores densidades de lotação foram necessárias para manter a meta de manejo dos pastos, o que resultou em maior intervalo de desfolhação (Figura 8).

Além da taxa de lotação, outros fatores são importantes no manejo do pastejo devido à utilização da fertilização nitrogenada. A duração de vida das folhas é uma característica muito importante, pois o material produzido não pode ser armazenado no dossel e deve ser consumido antes que entre em processo de senescência e seja perdido. A partir do momento em que as folhas alcançam a maturidade, o processo de senescência é iminente (HODGSON, 1990). O mesmo autor afirma que folhas senescentes geralmente são preteridas pelos animais em pastejo, deixando de ser consumidas e gerando perdas de forragem. Como a duração de vida das folhas é função do filocrono e do número de folhas vivas por perfilho, e este, por sua vez, é relativamente constante para cada espécie e/ou cultivar de planta forrageira (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996), a duração de vida das folhas é altamente influenciada pelo filocrono, ou seja, pela taxa de aparecimento de folhas, principal característica morfogênica das plantas forrageiras. Nesse contexto, quanto menor

a duração de vida das folhas (maior taxa de aparecimento de folhas), menor a probabilidade de estas serem desfolhadas antes do início do processo de senescência.

A probabilidade de desfolhação de folhas pode ser estimada dividindo-se a duração de vida da folha pelo intervalo entre dois eventos de desfolhação (AGNUSDEI, 1999). No caso do capim-marandu, as probabilidades de desfolhação de folhas variaram somente com as épocas do ano, com os maiores valores tendo sido registrados no final e início da primavera e no verão 2. No final da primavera e no verão 2 a ocorrência de elevada probabilidade de desfolhação se deve ao curto intervalo de desfolhação causado pelas elevadas densidades de lotação necessárias para manter a meta de altura de manejo dos pastos. Esse resultado é consistente com aqueles reportados por Agnusdei (1999), que também encontrou maior probabilidade de desfolhação durante a vida das folhas durante as épocas do ano de maior disponibilidade de fatores climáticos de crescimento, o que esteve associado com maiores valores de densidade de lotação empregados e, conseqüentemente, menor intervalo de desfolhação. Por outro lado, os valores elevados de probabilidade de desfolhação encontrados no início da primavera, época de crescimento reduzido das plantas forrageiras, foram conseqüência da elevada duração de vida das folhas (Tabela 4), fato que compensou o longo intervalo de desfolhação (Figura 8) causado pelas baixas densidades de lotação empregadas (Tabela 3). Dessa forma, a probabilidade de desfolhação das folhas durante seu período de vida no início da primavera não diferiu daquela calculada para o final da primavera e verão 2.

Reduções na duração de vida das folhas foram registradas com a imposição dos ritmos de crescimento, com exceção do início da primavera, época em que houve déficit hídrico acentuado (Figura 2) limitando o crescimento das plantas. De forma geral, folhas mais longevas foram encontradas nos pastos não adubados ou adubados com 150 kg/ha de N (Tabela 4). A duração de vida das folhas nos pastos adubados com as maiores doses de N foi cerca de 30% menor em relação àqueles não adubados ou adubados com 150 kg/ha de N, fato indicativo de início mais precoce do processo de senescência em pastos adubados com N (PEREIRA, 2009), o que poderia compensar parcial ou totalmente os benefícios do menor intervalo de desfolhação propiciado pela adubação nitrogenada.

Essa redução em duração de vida das folhas com a utilização da fertilização nitrogenada tem implicações importantes para o manejo do pastejo. Como relatado por Craine e Reich (2001), em muitas situações a duração de vida das folhas apresenta-se negativamente correlacionada com

a concentração de N e com o suprimento de nutrientes sob condições de crescimento adequadas, como disponibilidade de luz e temperaturas favoráveis. Desse modo, valores reduzidos de duração de vida das folhas em habitats produtivos seria uma conseqüência inevitável da maximização do crescimento (RYSER; URBAS, 2000) e da potencialização da habilidade competitiva das plantas (BRISKE, 1996). Altas taxas de crescimento são conseguidas à custa de altas taxas fotossintéticas, porém com elevadas perdas respiratórias e por senescência (SBRISSIA; Da SILVA, 2001). Esses autores salientaram que esses processos têm uma implicação importante para a utilização da forragem produzida, já que a perda excessiva de tecidos vegetais pelo processo de senescência implica, obrigatoriamente, em baixa eficiência de utilização. De maneira contrária, uma menor taxa de crescimento (menores taxas fotossintéticas e respiratórias) opera no sentido de reduzir a perda de material por senescência, aumentando, dessa forma, a utilização da forragem produzida (PARSONS et al., 1983).

Lemaire e Chapman (1996) definiram eficiência de utilização de forragem em sistema de pastejo como sendo a proporção da forragem acumulada que é removida pelos animais antes de entrar em senescência, processo este dependente da proporção do comprimento da folha que escapa da desfolhação e deixa de ser colhida. Esses autores citaram que para a otimização da eficiência de utilização é necessário o conhecimento da duração de vida das folhas na pastagem e de outros fatores influenciando a freqüência e a severidade de desfolhação. A partir desses dois dados, é possível estimar a eficiência de utilização da forragem produzida. Porém, o efeito da fertilização nitrogenada no consumo de forragem não tem sido estudado em detalhes (MAZZANTI; LEMAIRE, 1994), principalmente com plantas de clima tropical, sendo que alguns estudos têm examinado somente a resposta global da produção animal em diferentes níveis de aplicação de nitrogênio (HOLMES, 1968; GORDON, 1974). Aumento na eficiência de utilização da forragem produzida foi conseguido por meio do uso da fertilização nitrogenada em trabalho com *Festuca arundinaceae* (MAZZANTI; LEMAIRE, 1994). Esses autores mostraram que pastos com deficiência de nitrogênio resultaram em baixa utilização da pastagem (57%) quando comparado com pastos manejados com suprimento ótimo de N (73%). Isso foi explicado pelo fato de que com baixo suprimento de N o intervalo entre desfolhações foi maior (28 dias contra 20 dias no suprimento ótimo de N) como conseqüência da menor taxa de lotação utilizada para manter o pasto no mesmo IAF.

A fertilização nitrogenada possuiu um amplo efeito na estrutura do dossel forrageiro sob lotação contínua, pois, além de acelerar o crescimento da pastagem, também modifica a densidade populacional de perfilhos e a distribuição vertical da massa de forragem (MAZZANTI et al, 1994), variáveis de grande influência no consumo de forragem (HODGSON, 1981; BLACK; KENNEY, 1984; LANTINGA, 1985; L'HUILLIER et al., 1986). Aumentos no crescimento, senescência, densidade volumétrica (PEREIRA, 2009) e densidade populacional de perfilhos (CAMINHA, 2009) do capim-marandu foram encontrados com a utilização de fertilização nitrogenada em experimentos realizados de forma concomitante na mesma área experimental, mas tiveram como contrapartida diminuição na duração de vida das folhas (Tabela 4).

Demment e Laca (1993) mostraram que pastos mais altos favorecem maior profundidade e, conseqüentemente, maior massa de bocado. Para uma mesma altura mantida nos pastos, aumentos em densidade volumétrica da forragem (kg/ha.cm de MS) fazem com que ocorra um aumento na massa do bocado desferido pelo animal em pastejo. Segundo Carvalho (1997), esse aumento no tamanho do bocado faz com que o animal reduza a taxa de bocados e, conseqüentemente, o número de estações alimentares explorado e o tempo de pastejo, uma vez que a saciedade é alcançada mais rapidamente. Reduções em taxa de bocados, número de estações alimentares utilizadas e no tempo de procura por sítios potenciais de pastejo (maior tempo de permanência nas estações alimentares) influenciam direta e negativamente a freqüência de desfolhação de perfilhos e folhas num pasto, aumentando, assim, o intervalo de desfolhação. Em contrapartida, para a manutenção de uma mesma altura de dossel pré-estabelecida, há a necessidade de incrementos na densidade de lotação animal nos pastos adubados, fazendo com que ocorra uma redução nos intervalos de desfolhação. O fato demonstra a ocorrência de respostas compensatórias em termos de padrões de desfolhação quando se utiliza fertilização nitrogenada, as quais resultaram em valores de eficiência de utilização relativamente estáveis da forragem produzida (Figura 10). Diferença em eficiência de utilização foi registrada somente entre pastos não adubados e aqueles adubados com 150 kg/ha de N. Isso ocorreu em função do menor intervalo de desfolhação nos pastos adubados com 150 kg/ha de N (Figura 7), uma vez que não houve diferença em duração de vida das folhas (Tabela 4). Menores eficiências de utilização foram registradas para as épocas de crescimento reduzido (Figura 11). Os valores encontrados neste experimento foram inferiores àqueles reportados por Gonçalves (2002) para o mesmo

capim sob lotação contínua (69,4%) e por Mazzanti e Lemaire (1994) para festuca (73%), também sob lotação contínua.

O trabalho de Mazzanti e Lemaire (1994) com festuca em que foi demonstrado o efeito benéfico da fertilização nitrogenada sobre a eficiência de utilização da forragem produzida possui uma diferença conceitualmente importante em relação ao presente trabalho. No caso da festuca a premissa básica assumida no manejo dos pastos foi a manutenção de um valor de IAF constante. Já para o capim-marandu a premissa foi a manutenção de um valor de altura do dossel constante. Como os valores de IAF variam ao longo do ano em função de disponibilidade de radiação luminosa e de características do crescimento das plantas forrageiras (alongamento de colmos vegetativos), significa que a manutenção de valores fixos de IAF corresponderia a manter pastos mais baixos nas épocas de maior crescimento e mais altos nas épocas de menor crescimento, condição totalmente distinta do que foi realizado no presente experimento. A manutenção da altura de manejo dos pastos ao longo de todo o ano pode ter diminuído as variações em densidade de lotação que deveriam ter ocorrido caso a meta de manejo fosse estipulada em termos de IAF constante, o que diminuiu o gradiente de variação e de resposta do intervalo de desfolhação frente à adubação nitrogenada, resultando em ausência de efeito sobre a eficiência de utilização dos pastos. O fato explica a discrepância entre os resultados de Mazzanti e Lemaire (1994) para festuca e aqueles encontrados no presente experimento com capim-marandu. Em trabalho concomitante a este, na mesma área experimental, Mesquita (2008) encontrou grande variação nos valores de IAF dos pastos submetidos aos ritmos de crescimento avaliados. Pastos não adubados apresentaram valores de IAF menores que pastos adubados, o que indica que se o alvo de manejo fosse a manutenção de um valor constante de IAF os pastos não adubados teriam que ter sido mantidos mais altos que os pastos adubados e, como conseqüência, valores ainda menores de densidade de lotação empregados, o que geraria um diferencial ainda maior em termos de intervalo de desfolhação entre pastos adubados e não adubados, favorecendo o aumento de eficiência de utilização pelo uso de fertilizante nitrogenado.

Com base no exposto e diferentemente do que se conhece para plantas forrageiras de clima temperado (LEMAIRE et al., 2009), o uso de fertilizante nitrogenado como forma de aumentar a eficiência de utilização da forragem produzida pode não ser uma alternativa factível em função da diminuição na duração de vida das folhas. No presente experimento, o menor tempo de vida das folhas (Tabela 4) compensou o menor intervalo de desfolhação de folhas

(Figura 7), resultando em probabilidades de desfolhação semelhantes para todos os ritmos de crescimento avaliados (Figura 9). Como conseqüência, não foram detectadas diferenças em eficiência de utilização da forragem produzida (Figura 10), indicando que a única maneira de aumentar a eficiência de utilização dos pastos de capim-marandu manejados sob lotação contínua seria estabelecer uma meta de manejo mais baixa, no caso inferior a 30 cm de altura. No entanto, inferências sobre melhorias na eficiência de utilização de forragem produzida nessas condições necessitam ser baseadas em experimentos em que alturas mais baixas do dossel forrageiro sejam avaliadas, sugerindo a necessidade de mais estudos.

3.5 Conclusões

As repostas à adubação nitrogenada são compensatórias, de forma que aumentos em freqüência de desfolhação são compensados por redução da vida das folhas, indicando que a alternativa para aumentar a eficiência de utilização dos pastos de capim-marandu manejados sob lotação contínua seria trabalhar com metas de manejo mais baixas.

Referências

AGNUSDEI, M. **Analyse de la Dynamique de la Morphogenèse Foliaire et de la Défoliation de Plusieurs Espèces de Graminées Soumises à um Pâturage Continu dans une Communauté Végetale de la Pampa Humide (Argentine).**1999. 108p. Thèse(Docteur) - L'Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy-Metz, 1999.

ANDRADE, F.M.E. **Produção de forragem e valor alimentício do capim-Marandu submetido a regimes de lotação contínua por bovinos de corte. 2003.** 125 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

BARTHRAM, G.T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: HILL FARMING RESEARCH ORGANIZATION. **Biennial report**. Midlothian, 1985. p. 29-30.

BLACK, C.A. **Soil plant relationship**. New York: s.n. 1957, 792p.

BLACK, J.L.; KENNEY, P.A. Factors affecting diet selection by sheep. II. Height and density of pasture. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.35, p. 565-578, 1984.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Serviço Nacional de Pesquisa Agronômica. Comissão de Solos. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, 1960. 634p. (Boletim, 12)

BRISKE, D.D. Strategies of plant survival in grazed systems: A functional interpretation. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. London: CAB International, 1996. p. 37- 67.

CAMINHA, F.O. **Densidade populacional, padrões demográficos e dinâmica da população de perfilhos em pastos de capim-marandu submetidos a lotação contínua e ritmos de crescimento contrastantes.** Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009. 83 p.

CARVALHO, P.C.F. A estrutura da pastagem e o comportamento ingestivo de ruminantes em pastejo. In: JOBIM, C.C.; SANTOS, G.T.; CECATO, U. (Ed.). In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1., 1997. Maringá. **Anais**... Maringá: UEM, 1997. p. 25-52.

CRAINE, J.M.; REICH, P.B. Elevated CO2 and nitrogen supply alter leaf longevity of grassland species. **New Phytologist**, Lancaster, n. 150, p. 397-403, 2001.

DA SILVA, S.C.; SBRISSIA, A.F. A planta forrageira no sistema de produção. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 17., 2000, Piracicaba. **Anais**... Piracicaba: FEALQ, v. 1, p. 3-20, 2001.

DEMMENT, M.W.; LACA, E.A. The grazing ruminant: Models and experimental techniques to relate sward structure and intake. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 7.,1993. Edmonton. **Proceedings**... [S.l. : s.n.], [1993]. 1993. p. 439-460.

DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive grass leaves on a tiller. Ontogenic development and effect of temperature. **Annals of Botany**, Oxford, v.85, p.635-643, 2000b.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA. Produção de Informação, Brasília, 1999. 412 p.

GONÇALVES, A.C. **Características morfogênicas e padrões de desfolhação em pastos de capim-Marandu submetidos a regimes de lotação contínua.** 2002. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

GORDON, F. J. The use of nitrogen fertilizer on grassland for milk production. In: The role of Nitrogen in Grassland Productivity. **Proceedings** of the Fertilizer Society, York, 142, 14-24, 1974.

HERNANDEZ GARAY, A.; SOLLENBERGER, L.E.; McDONALD, D.C., RUEGSEGGER G. J., KALMBACHER R. S., MISLEVY P. Nitrogen fertilization and stocking rate affect Stargrass pasture and cattle performance. **Crop Science**, Madison, v.44, n.3, p.1348-1354, 2004.

HODGSON, J. The frequency of defoliation of individual tillers in a set-stocked swards. **Journal of the British Society**, Warwickshire, v.21, p.258-263, 1966.

HODGSON, J. Variations in the surface characteristics of the sward and short-term rate of herbage intake by calves and lambs. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 36, p. 49-57, 1981.

HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. Essex; New York,: Longman Scientific & Technical, Longman Group, 1990. 203 p.

HODGSON, J.;OLLERENSHAW, J.H. The frequency and severity of defoliation of individual tillers inset-stocked swards. **Journal of British Grassland Society**, Warwickshire, v.24, p.226-234, 1969.

HOLMES, W. The use of nitrogen in the management of pastures for cattle. **Herbage Abstracts**, Parkes, v.38, p.265-277, 1968.

JARVIS, S.C. Soil-plant-animal interactions and impact on nitrogen and phosphorous cycling and re-cycling in grazed pastures. In: HODGSON, J.; LEMAIRE, G.; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F; NABINGER, C. (Ed.). **Grasslands ecophysiology and grazing ecology**. CAB International, Curitiba, , 2000. p.215-234.

LANTINGA, E.A. **Productivity of grassland under continuous and rotational grazing**. 1985. 111p. thesis (PhD) - University of Wageningen, Wageningen, 1985.

LAZENBY, A. Nitrogen relationships in grassland ecosystems. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 14., 1981, Lexington. **Proceedings….** Bouldre: Westview Press, 1981. p.56-63.

LEMAIRE, G. Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Proceedings**… Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 29-37.

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

LEMAIRE, G.; da SILVA, S.C.; AGNUSDEI, M.; WADE, M.; HODGSON, J. Interactions between leaf lifespan and defoliation frequency in temperate and tropical pastures: a review. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.64, p. 341-353, 2009.

L'HUILLIER, P. J.; POPPI, D. P.; FRASER, T.J. Influence of structure and composition of ryegrass and prairie grass-white clover sward on the horizon and diet harvested by sheep. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.41, p.259-267, 1986.

LITTELL, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W.; WOLFINGER, R.D. **SAS system for mixed models**. Cary: SAS Institute, 1996. 633 p.

MacADAM, J.W.; VOLENEC, J.J.; NELSON, C.J. effects of nitrogen on mesophyll cell division and epidermal cell elongation in tall fescue leaf blades. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 89, p. 549-556, 1989.

MAZZANTI, A.; LEMAIRE, G. Effect of nitrogen fertilization on the herbage production of tall fescue swards grazed continuously with sheep. 2. Consumption and efficiency of herbage utilization. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 49, p. 352-359, 1994.

MAZZANTI, A.; LEMAIRE, G.; GASTAL, F. The effect of nitrogen fertilization upon the herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. 1. Herbage growth dynamics. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 49, n. 3, p. 352-359, 1994.

MESQUITA, P. **Dinâmica do acúmulo de forragem em pastos de Brachiaria brizantha cv. Marandu submetidos à lotação contínua e ritmos morfogênicos contrastantes.** 2008. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

PARSONS, A.J.; LEAFE, E.L.; COLLETT, B.; PENNING, P.D.; LEWIS, J. The physiology of grass production under grazing. II. Fhotosynthesis, crop growth and animal intake of continuously-grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 20, p. 127-139, 1983.

PEREIRA, L.E.T. **Morfogênese e estrutura do dossel de pastos de capim-marandu submetidos à lotação contínua e ritmos morfogênicos contrastantes.** 2009. 111p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

RYSER, P.; URBAS, P. Ecological significance of leaf life span among Central European grass species. **Oikos**, Lund, n. 91, p. 41-50, 2000.

RODRIGUEZ PALMA, R. **Fertilizacion nitrogenada de um pastizal de la Pampa Deprimida: crescimiento y utilizacion Del forraje bajo pastoreo de vacunos.** 1998. 135p. Thesis(MG.S)-,Facultad de Ciências Agrárias, Universidad Nacional de Mar Del Plata, Argentina, 1998.

RUSSELL, E.W. **Soil conditions and plant growt**, 9th ed., London, 1961. 688p.

SBRISSIA, A.F. **Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim-Marandu sob lotação contínua.** 2004. 171 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SBRISSIA, A.F.; DA SILVA, S.C. O ecossistema de pastagens e a produção animal In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais**... Piracicaba: SBZ, 2001. p. 731-754.

SOLLENBERGER, L.E.: DUBEUX JR., J.C.B. SANTOS, H.Q. ; MATHEWS, B.W. Nutrient cycling in tropical pasture ecosystems.. In : BATISTA , A.M.V. . (Ed.) **Proceedings…** Recife :Brazilian Soc. Animal Sci., 29 July–1 Aug. 2002. Sociedade Brasileira de Zootecnia, Brasilia, Brazil 2002. p. 151–179.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

WADE, M.H.; CARVALHO, P.C.F. Patterns of defoliation and herbage intake on pastures. In: HODGSON, J.; LEMAIRE, G.; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F; NABINGER, C. (Ed.). **Grasslands ecophysiology and grazing ecology**. Curitiba: CAB International, 2000. p.233-248.

WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.; CANTARELLA, H. Forrageiras. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. (IAC. Boletim Técnico, 100). p. 263–273.

WOLFINGER, R.D. Covariance structure selection in general mixed models. **Communications in Statistics Simulation and Computation**, Philadelphia, v. 22, n. 4, p. 1079-1106, 1993.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ecossistemas de pastagens são complexos e estão continuamente se ajustando às diferentes formas e severidades de desfolhação (SBRISSIA; DA SILVA, 2001). Segundo os autores, essa complexidade advém dos mecanismos singulares pelos quais a planta (vivendo em comunidade) interage com o solo, com o animal e com o meio ambiente. Nesse contexto, a planta forrageira é apenas um dos componentes de uma cadeia enorme de fatores de produção, de forma que a simples mudança no tipo ou espécie de planta, de maneira isolada, não assegura, necessariamente, aumentos na produção e produtividade. Sendo assim, torna-se necessário o entendimento acerca das respostas tanto de plantas como de animais a mudanças na estrutura do dossel forrageiro ocasionadas pelas estratégias de desfolhação empregadas.

Segundo Da Silva (2009), o pastejo corresponde à ação de colheita da forragem produzida pelos animais. Desse modo, manejá-lo significa manejar o processo de colheita da forragem produzida e disponível nos pastos, o que requer conhecimento para identificar o momento correto de início do processo e as características da forragem nesse ponto que afetam e determinam o consumo e o desempenho animal. Sistemas de produção animal em pastagens têm em comum a peculiaridade de ser o próprio animal que faz a colheita de seu alimento visando atender suas necessidades de manutenção e expressar seu potencial produtivo (NABINGER; PONTES, 2001). Portanto, esses sistemas devem ser baseados não somente na produção vegetal (acúmulo de forragem, que é aumentada com a utilização da fertilização nitrogenada) e na conversão do alimento em produto animal, mas, principalmente, na busca por elevados índices de eficiência de colheita da forragem produzida (utilização).

A eficiência de utilização da forragem produzida pode ser definida como a proporção do crescimento das plantas que é removida pelos animais em pastejo antes que se inicie o processo de senescência, sendo, portanto, dependente da proporção do comprimento da folha que escapa à desfolhação e senesce (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Dessa forma, a eficiência de utilização é determinante da produtividade animal em pastagens e pode ser ajustada por meio de alterações na freqüência e severidade de desfolhação das plantas durante o processo de pastejo (manejo). Neste experimento, o uso da fertilização nitrogenada foi efetivo na geração de contrastes de

crescimento dos pastos, favorecendo a geração de dados contrastantes de freqüência e severidade de desfolhação.

Adubações nitrogenadas influenciam indiretamente na freqüência de desfolhação de perfilhos e folhas individuais devido a seu efeito positivo sobre o crescimento da planta forrageira, que leva à necessidade de aumentar a densidade de lotação para manutenção das condições e controle da estrutura do relvado de pastos manejados sob lotação contínua (MAZZANTI; LEMAIRE, 1994). É essa maior densidade de lotação que acaba por elevar a freqüência de desfolhação observada nessas circunstâncias. No presente experimento, padrão de resposta semelhante foi registrado para a freqüência de desfolhação tanto de perfilhos quanto de folhas. Nas épocas em que não houve limitação de fatores climáticos de crescimento como os verões 1 e 2 e o final da primavera, os pastos adubados apresentaram maior freqüência de desfolhação que os pastos não adubados. Como já mencionado, isso é resultado direto de uma maior densidade de lotação animal empregada nos pastos adubados para a manutenção da altura proposta para o experimento, que foi de 30 cm.

Lemaire e Chapman (1996) definiram severidade de desfolhação como sendo a proporção do comprimento inicial da folha que é removido durante o período de pastejo. Essa definição parece mais apropriada que aquela de Wade (1991), pois em plantas de clima tropical o colmo vegetativo é um componente limitante do consumo (DA SILVA; CARVALHO, 2005). Ao medir apenas as folhas, admite-se a importância da restrição física representada pelo posicionamento dos colmos sobre a profundidade de desfolhação e caracteriza-se a severidade de pastejo como sendo relativa à remoção de área foliar apenas, de forma análoga ao que ocorre em plantas de clima temperado em que o meristema apical permanece sempre muito próximo do nível do solo durante sua fase de desenvolvimento vegetativo. Neste experimento, a severidade de desfolhação de perfilhos estendidos apresentou diferenças somente em relação aos pastos adubados com 300 kg/ha de N (26%) e os que não receberam adubação (20%). Durante as épocas de baixo crescimento dos pastos, a severidade de desfolhação de perfilhos e folhas foi reduzida (média de 63 para 38% do comprimento do perfilho ou folha), fato indicativo de que as menores densidades de lotação animal impostas nessas épocas do ano proporcionaram menor competição entre os animais, e os mesmos selecionaram mais a sua dieta, buscando alimento nas camadas mais superiores do dossel, onde se encontravam as folhas de melhor valor nutritivo.

É fato conhecido que forragem não colhida não pode ser armazenada no campo; a maioria das folhas verdes que são deixadas nos perfilhos após desfolhação entra em processo de senescência durante o intervalo de corte ou pastejo, não sendo recuperadas posteriormente. Sendo assim, alternativas que busquem evitar perdas excessivas de material produzido são de grande interesse potencial para o manejo de pastagens, uma vez que permitem aumentar a eficiência do processo de produção animal em pasto. Desse modo, otimização da eficiência de utilização requer uma compreensão da duração de vida das folhas e de outros fatores influenciando o processo de colheita da forragem produzida, como a freqüência e a severidade de desfolhação (DA SILVA; SBRISSIA, 2001).

O uso do nitrogênio, além de acelerar o crescimento do capim-marandu sob lotação contínua e, com isso, aumentar indiretamente a freqüência de desfolhação por meio de aumento na densidade de lotação animal dos pastos, também proporcionou sensível redução na duração de vida das folhas, resultado diferente do obtido por Mazzanti e Lemaire (1994) para festuca (*Festuca arundinacea* L.) manejada de forma análoga, porém com meta de IAF e não de altura constante. A aplicação de nitrogênio resultou em maiores valores de IAF (Mesquita, 2008), de forma que se a meta de manejo tivesse sido definida em termos de valor constante de IAF a altura dos pastos não adubados deveria ter sido mais alta, o que seguramente resultaria em menor densidade de lotação e, conseqüentemente, menor freqüência de desfolhação, favorecendo o contraste entre pastos adubados e não adubados com relação à eficiência de utilização. Reduções em duração de vida das folhas têm implicações importantes no manejo do pastejo, uma vez que para que haja aumento da eficiência de utilização devem ser acompanhadas de aumentos correspondentes em freqüência de desfolhação de folhas (redução no intervalo de desfolhação). Com isso, aumentos na probabilidade de desfolhação de folhas durante a duração de vida das mesmas seriam conseguidos, aumentando a eficiência de utilização da forragem produzida, evitando perdas por senescência.

Como demonstrado por Mazzanti e Lemaire (1994), em trabalho com festuca manejadada sob lotação contínua, práticas agronômicas que interferem no ritmo morfogênico das plantas como a adubação nitrogenada afetam de maneira importante a eficiência de utilização dos pastos. Porém, para o capim-marandu, a ação desse fator proporcionou redução na duração de vida das folhas de forma concomitante ao aumento em freqüência de desfolhação de folhas, resultando em pequena variação na eficiência de utilização da forragem produzida. Desse modo, a utilização da

adubação nitrogenada na tentativa de maximizar a eficiência de utilização para essa planta, nas condições deste experimento, não se mostrou efetiva. O fato indica que aumentos em eficiência de utilização poderiam ser gerados apenas por meio de redução da altura de manejo dos pastos.

Referências

DA SILVA, S.C.; SBRISSIA, A.F. A planta forrageira no sistema de produção. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 17, 2001, Piracicaba. **Anais**... Piracicaba: FEALQ, 2001. v. 1 p. 3-20.

DA SILVA, S.C.; CARVALHO, P.C.F. Foraging behaviour and herbage intake in the favourable tropics/sub-tropics. In: MCGILLOWAY, D.A. (Org.). **Grassland:** a global resource. Wageningen: Wageningen Academic Publ., 2005. chap. 6, p. 81-95.

DA SILVA, S.C. Conceitos básicos de sistemas de produção animal em pasto. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 25., 2009, Piracicaba, **Anais**... Piracicaba: FEALQ, 2009. v. 1, p. 07-35.

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

MAZZANTI, A.; LEMAIRE, G. Effect of nitrogen fertilization on the herbage production of tall fescue swards grazed continuously with sheep. 2. Consumption and efficiency of herbage utilization. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 49, p. 352-359, 1994.

MESQUITA, P. **Dinâmica do acúmulo de forragem em pastos de Brachiaria brizantha cv. Marandu submetidos à lotação contínua e ritmos de crescimento contrastantes.** 2008. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

NABINGER, C.; PONTES, L. S. Morfogênese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais**... Piracicaba: SBZ, 2001. p. 755-771.

SBRISSIA, A.F.; DA SILVA, S.C. O ecossistema de pastagens e a produção animal In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais**... Piracicaba: SBZ, 2001. p. 731-754.

WADE, M.H. **Factors affecting the availability of vegetative *Lolium perenne* L. to grazing dairy cows with special reference to sward characteristics, stocking rate and grazing method.** 1991. 57p. Thèse (Docteur) - Université de Rennes, Rennes, 1991.

5 CONCLUSÕES

O uso de nitrogênio em pastos manejados sob lotação contínua e mantidos a 30 cm de altura promove aumento da freqüência de desfolhação de folhas e perfilhos, porém acompanhado de redução da duração de vida da folha, o que resulta em redução da eficiência de utilização da forragem produzida. Dessa forma, aumentos em eficiência de utilização somente poderão ser obtidos com alturas mais baixas de manejo.

APÊNDICES

Tabela 1 – Freqüência de desfolhação de perfilhos estendidos (% área pastejada.dia^{-1}) em pastos de capim-marandu mantidos a 30 cm de altura por meio de lotação contínua e submetidos a ritmos de crescimento induzidos por fertilização nitrogenada de janeiro de 2007 a abril de 2008

Ritmos de Crescimento (kg/ha de N)	Verão 1	Outono/ Inverno	Início de Primavera	Final de Primavera	Verão 2	Média
Sem adubação	1,020 Cb	0,6783 Abc	0,2779 Bc	1,804 Aa	1,708 Ca	1,098 B
	(0,2349)	(0,1163)	(0,1832)	(0,3072)	(0,1762)	(0,0867)
150	1,844 ABb	0,5046 Ac	0,4512 Bc	2,542 Aab	2,478 Ba	1,564 A
	(0,2349)	(0,1163)	(0,1832)	(0,3072)	(0,1762)	(0,0867)
300	1,540 BCbc	0,723 Ad	1,033 Acd	2,144 Ab	3,041 Aa	1,696 A
	(0,2349)	(0,1163)	(0,1832)	(0,3072)	(0,1762)	(0,0867)
450	2,304 Aa	0,6702 Ac	1,241 Ab	1,970 Aab	2,690 ABa	1,775 A
	(0,2349)	(0,1163)	(0,1832)	(0,3072)	(0,1762)	(0,0867)
Média	1,677 b	0,644 c	0,7508 c	2,115 a	2,479 a	
	(0,1174)	(0,0581)	(0,0916)	(0,1536)	(0,0881)	

[Aa] *Letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si (P<0,05)*
Números entre parênteses representam o erro-padrão da média

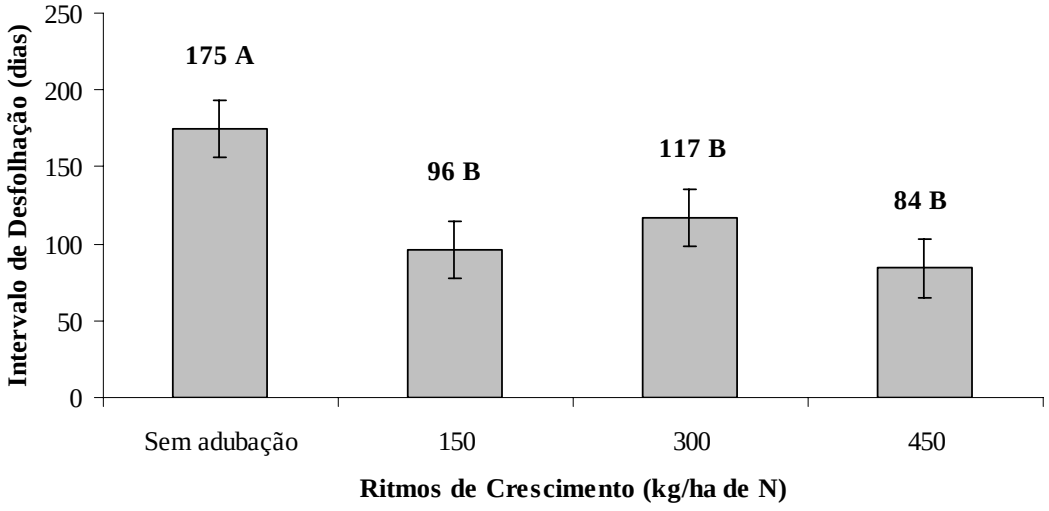


Figura 1 – Intervalo de desfolhação de perfilhos (dias) em pastos de capim-marandu submetidos à lotação contínua e ritmos de crescimento contrastantes

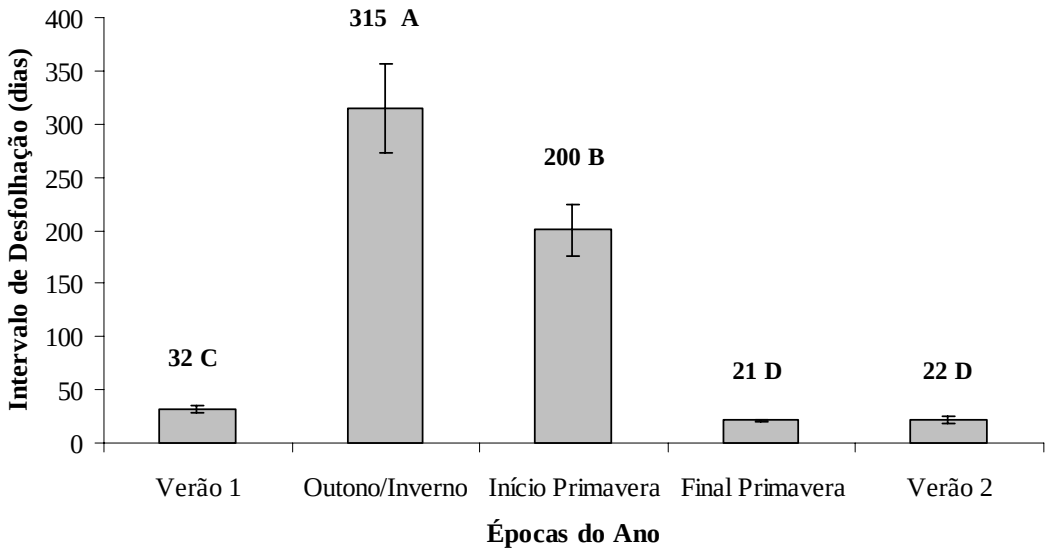


Figura 2 – Intervalo de desfolhação de perfilhos (dias) em pastos de capim-marandu submetidos à lotação contínua e ritmos de crescimento contrastantes de janeiro de 2007 a abril de 2008

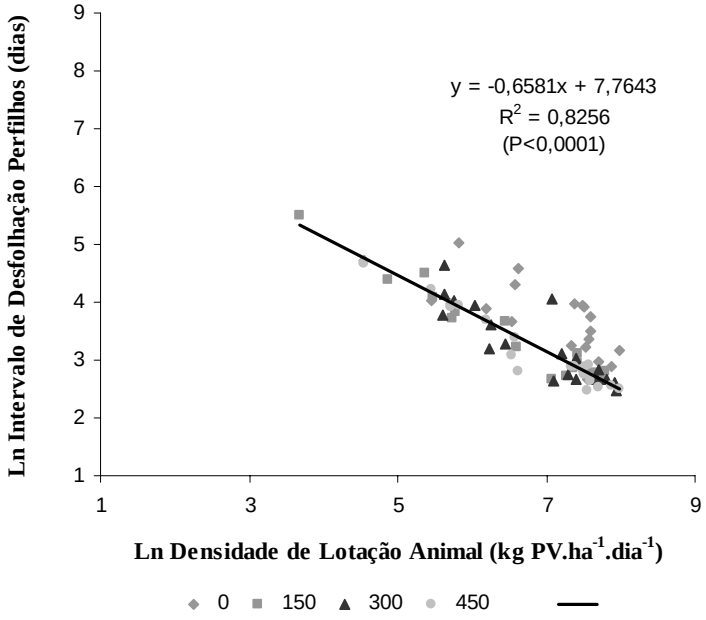
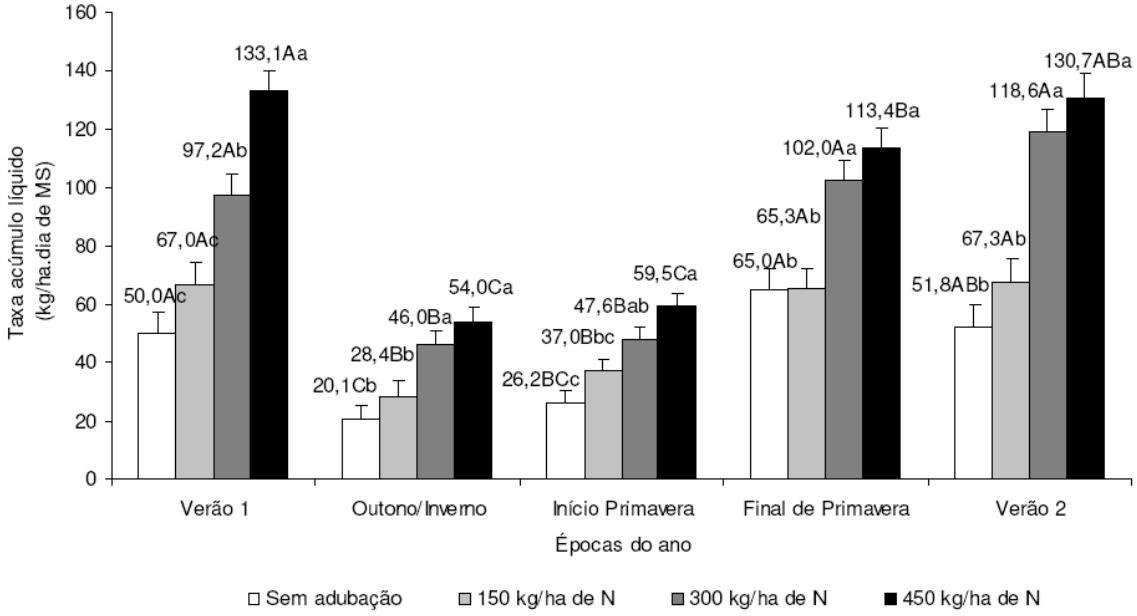


Figura 3 – Relação entre intervalo de desfolhação de perfilhos e densidade de lotação animal em pastos de capim-marandu submetidos a lotação contínua e ritmos de crescimento induzidos por fertilização nitrogenada de janeiro de 2007 a abril de 2008



Letras minúsculas comparam médias de tratamentos dentro de época do ano
Letras maiúsculas comparam médias de época do ano dentro de tratamentos

Figura 4 – Taxa de acúmulo líquido (kg/ha.dia de MS) em pastos de capim-marandu submetidos a lotação contínua e ritmos de crescimento induzidos por fertilização nitrogenada de janeiro de 2007 a abril de 2008