

MAGNO JOSÉ DUARTE CÂNDIDO

**MORFOFISIOLOGIA E CRESCIMENTO DO DOSSEL E DESEMPENHO
ANIMAL EM *PANICUM MAXIMUM* CV. MOMBAÇA SOB LOTAÇÃO
INTERMITENTE COM TRÊS PERÍODOS DE DESCANSO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL

2003

MAGNO JOSÉ DUARTE CÂNDIDO

**MORFOFISIOLOGIA E CRESCIMENTO DO DOSSEL E DESEMPENHO
ANIMAL EM *PANICUM MAXIMUM* CV. MOMBAÇA SOB LOTAÇÃO
INTERMITENTE COM TRÊS PERÍODOS DE DESCANSO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 14 de fevereiro de 2003.

Prof. Mário Fonseca Paulino
(Conselheiro)

Prof. Dilermando Miranda da Fonseca

Dr. Carlos Augusto de Miranda Gomide

Dr. Domingos Sávio Queiroz

Prof. José Alberto Gomide
(Orientador)

A Deus,

por tudo que tem me proporcionado, especialmente pelo que não sou capaz de reconhecer.

À minha mãe, Mariene,

pela atenção infinita e em todos os momentos.

Às minhas irmãs, Magda e Manuelina,

por terem sempre um ombro amigo para me acolher.

À minha namorada, Jacqueline,

por tudo que já vivemos, partilhamos e sonhamos...

“Ainda que eu tivesse o dom da profecia, o conhecimento de todos os mistérios e de toda a ciência; ainda que eu tivesse toda a fé, a ponto de transportar montanhas, se não tivesse o amor, eu não seria nada”.

(1 Coríntios 13,2)

Uma homenagem à minha terra e ao meu povo

Eu sou de uma terra que o povo padece
Mas nunca esmorece, procura vencê,
Da terra adorada, que a bela caboca
De riso na boca zomba no sofrê.

Não nego meu sangue, não nego meu nome,
Olho para fome e pergunto: o que há?
Eu sou brasileiro fio do Nordeste,
Sou cabra da peste, sou do Ceará.

Tem munta beleza minha boa terra,
Derne o vale à serra, da serra ao sertão.
Por ela eu me acabo, dou a própria vida,
É terra querida do meu coração.

Meu berço adorado tem bravo vaquêro
E tem jangadeiro que domina o má.
Eu sou brasileiro fio do Nordeste,
Sou cabra da peste, sou do Ceará...

Trecho do poema “Sou cabra da peste”, de Antônio Gonçalves da Silva – o Patativa do Assaré (1909 - 2002).

AGRADECIMENTO

Ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de estudo.

Ao professor José Alberto Gomide, o grande exemplo de cientista e artífice das pastagens.

Ao professor Paulo Roberto Mosquim, um grande exemplo de professor, pesquisador e ser humano.

Ao professor Mário Fonseca Paulino, pela abertura e profissionalismo com que contribuiu para a realização desta tese.

Aos doutores Domingos Sávio Queiroz e Carlos Augusto de Miranda Gomide, pelas valiosas sugestões e pela sábia discussão durante a defesa desta tese.

A todos os funcionários da CEPET/UFV, nas pessoas dos diretores José Humberto Dutra (Bill) e Francisco Cláudio Lopes de Freitas, pela presteza e acolhida.

Aos professores Carlos Alberto Martinez y Huaman, Dilermando Miranda da Fonseca, Domício do Nascimento Júnior, José Antônio Obeid, Marco Antônio Oliva Cano e Rasmão Garcia, pela contribuição na minha formação profissional e humanística.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Zootecnia, pela convivência harmoniosa.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, Fernando, Monteiro, Raimundo, Vera, Valdir e Wellington, pela presteza e colaboração nas análises químicas.

Ao amigo Emerson, pela ajuda na condução dos trabalhos de campo.

À minha amiga Glória, por estar sempre por perto, ainda que fisicamente distante.

À Kênia e ao Diolino, pela amizade tão recente e, ao mesmo tempo, tão profunda e verdadeira.

À Ana Clara, por ter resistido até o fim, como companheira dos momentos simplórios, importantes e difíceis na República "Ei, marrei!".

Ao amigo Walter, pelo socorro providente na análise estatística.

Aos queridos irmãos nordestinos que passaram por Viçosa, na minha estada: Anésio, Andréa, Cândida, Cláudio Belmino, Dagoberto, Evaldo, Josué, Leopoldo, Liv, Luzineide, Márcio Cléber, Salmito e Sílvia, com os quais desfrutei de muita solidariedade e partilhei muita saudade...

Aos colegas Alexandre (Bodão), Alice, André Magalhães, Carlos Maurício, Cláudio Mistura, Fabianno Carvalho, Jaílson (Ratinho), Luciano Melo, Fernanda Cipriano, Marco Aurélio e Miguel Gontijo, pelos momentos descontraídos usufruídos durante as aulas e intermináveis horas de estudo.

Aos amigos Adriano, Albertina, Alexia, Alfredo Backes, Carlinha, Carmem Lúcia, Ceará, Daniela, Davileide, Edenilson, Evilásio, Fábio, Fernanda, Gélson, Guálter e Ermelinda, Guga, Joanis, Patrícia, Pahlevi e Georgiana, Paulo, Pollianna, Sarita, Thieberson e Vicente Gontijo, que me fizeram lembrar por alguns momentos que existe muito mais além da ciência no dia-a-dia de Viçosa.

Aos demais colegas e amigos.

A todos que intercederam e/ou se dispuseram a contribuir para que esse momento se concretizasse.

BIOGRAFIA

MAGNO JOSÉ DUARTE CÂNDIDO, filho de Manoel Cândido Sobrinho e Maria Duarte de Oliveira Cândido, nasceu em Fortaleza, Ceará, em 23 de setembro de 1975. Com quinze dias de vida, foi residir em Assaré-CE, depois em Aurora-CE, Baturité-CE e Fortaleza-CE, onde concluiu o ensino fundamental e o médio.

Em 1993, ingressou na Universidade Federal do Ceará - UFC, onde, em 1997, obteve o título de Engenheiro Agrônomo, colando grau em 20 de dezembro de 1997.

Em março de 1998, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa - UFV, concentrando seus estudos na área de Forragicultura e Pastagens, defendendo a dissertação em 15 de dezembro de 1999.

Em março de 2000, iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa - UFV, concentrando seus estudos na área de Forragicultura e Pastagens, defendendo a tese em 14 de fevereiro de 2003.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO	IX
ABSTRACT	XII
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. FATORES ABIÓTICOS E O CRESCIMENTO VEGETAL	4
2.1.1. <i>Radiação solar</i>	5
2.1.2. <i>Umidade</i>	6
2.1.3. <i>Nutrientes</i>	7
2.1.4. <i>Temperatura</i>	9
2.2. MORFOFISIOLOGIA DO CRESCIMENTO DE PLANTAS FORRAGEIRAS	10
2.2.1. <i>Morfogênese de gramíneas</i>	11
2.2.2. <i>Estrutura do dossel e aquisição de fatores abióticos</i>	15
2.2.3. <i>Fotossíntese de folhas individuais</i>	17
2.2.4. <i>Fotossíntese e crescimento do dossel</i>	18
2.3. PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGEM SOB PASTEJO	20
2.3.1. <i>Respostas morfofisiológicas da planta forrageira à desfolhação</i>	20
2.3.2. <i>Intensidade e frequência de desfolhação</i>	23
2.3.3. <i>Métodos de pastejo</i>	25
2.3.4. <i>Oferta de forragem e o rendimento animal</i>	27
2.3.5. <i>Qualidade e estrutura do dossel e o desempenho animal</i>	28
2.3.6. <i>Eficiência de utilização da forragem produzida sob pastejo</i>	31
3. LITERATURA CITADA	33
CAPÍTULO I	45
MORFOFISIOLOGIA DO DOSSSEL DE <i>PANICUM MAXIMUM</i> CV. MOMBAÇA SOB LOTAÇÃO INTERMITENTE COM TRÊS PERÍODOS DE DESCANSO	45
1. INTRODUÇÃO	45
2. MATERIAL E MÉTODOS	49

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
<i>Fluxo de biomassa</i>	58
<i>Características estruturais</i>	64
<i>Comparação de métodos para estimativa da massa de forragem</i>	72
<i>Características estruturais do resíduo pós-pastejo</i>	73
4. CONCLUSÕES.....	74
5. LITERATURA CITADA	74
CAPÍTULO II.....	80
ANÁLISE DO CRESCIMENTO DO DOSSEL DE <i>PANICUM MAXIMUM</i> CV. MOMBAÇA SOB LOTAÇÃO INTERMITENTE COM TRÊS PERÍODOS DE DESCANSO	80
1. INTRODUÇÃO	80
2. MATERIAL E MÉTODOS	83
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	85
<i>Crescimento 1</i>	85
<i>Intercepção da RFA, IAF e MSFV sob efeito dos períodos de descanso</i>	90
<i>Índices de crescimento do dossel sob efeito dos períodos de descanso</i>	94
<i>Uma visão crítica</i>	96
<i>Aplicação prática dos índices de crescimento</i>	97
4. CONCLUSÕES.....	99
5. LITERATURA CITADA	99
CAPÍTULO III	103
VALOR NUTRITIVO E DESEMPENHO ANIMAL EM <i>PANICUM MAXIMUM</i> CV. MOMBAÇA SOB LOTAÇÃO INTERMITENTE COM TRÊS PERÍODOS DE DESCANSO	103
1. INTRODUÇÃO	103
2. MATERIAL E MÉTODOS	106
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	111
<i>Valor nutritivo da dieta</i>	111
<i>Consumo x desaparecimento de forragem</i>	115
<i>Desempenho e Rendimento animal</i>	118
4. CONCLUSÕES.....	123
5. LITERATURA CITADA	124
CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	128
ADAPTAÇÃO DA TEORIA ÀS GRAMÍNEAS CESPITOSAS DO TIPO C ₄	130
LITERATURA CITADA	132

RESUMO

CÂNDIDO, Magno José Duarte, D.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2003. **Morfofisiologia e crescimento do dossel e desempenho animal em *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente com três períodos de descanso.** Orientador: José Alberto Gomide. Conselheiros: Mário Fonseca Paulino e Paulo Roberto Mosquim.

Três experimentos foram conduzidos na Central de Experimentação, Pesquisa e Extensão do Triângulo Mineiro (CEPET/UFV), de novembro de 2000 a março de 2001, para avaliar a morfogênese, as características estruturais e o crescimento do dossel e o desempenho de novilhos em pastejo em *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente e taxa de lotação variável, com os períodos de descanso (PD) definidos em função do tempo necessário para a expansão de 2,5; 3,5 e 4,5 novas folhas por perfilho. A área experimental foi dividida em cinco ou seis piquetes por tratamento, caracterizando um delineamento inteiramente casualizado com cinco ou seis repetições. Foram utilizados 15 novilhos mestiços (holandês x zebu), como animais de prova, além de outros como animais de equilíbrio. Cinco animais de prova, pastejaram durante seis dias em cada um dos piquetes do respectivo tratamento. Animais de equilíbrio foram adicionados, quando necessário, para garantir que ao final do 6^o dia de pastejo o índice de área foliar (IAF) estivesse próximo de 2,0. Os piquetes receberam adubação em cobertura de N, P₂O₅ e K₂O, na dose de 100; 25 e 100 kg/ha, dividida em duas aplicações, no início e meado do período experimental. No estudo de morfofisiologia, acompanhou-se, durante diferentes PDs, a evolução da morfogênese da cv. Mombaça,

estimando-se as taxas de aparecimento, alongamento e senescência de folhas (TApF, TAlF e TSF, respectivamente), a taxa de alongamento das hastes (TAIH) e a taxa de acúmulo de forragem (TAF). Ao final de cada PD (antes da entrada dos animais) e logo após o período de pastejo, foram avaliadas: altura do dossel, massa seca de forragem verde (MSFV), massa seca de lâminas foliares verdes (MSLV), massa seca de colmos verdes (MSCV) e relação folha/colmo. Ao final de cada período de pastejo também foi estimada a densidade populacional de perfilhos (DPP). O estudo de análise de crescimento constou de duas fases: Crescimento 1, após a roçada de uniformização em novembro de 2000; e Crescimento 2, após alguns ciclos de pastejo sob efeito dos três PDs. Foram efetuadas amostragens em piquetes com idades variando de cinco até 45 dias a intervalo médio de seis dias, efetuando-se leituras da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e do índice de área foliar (IAF), utilizando-se de um Sistema de Análise do Dossel (SunScan da Delta-T Devices Ltd.). Concomitantemente, nos mesmos piquetes, foi estimada a MSFV. Tomando-se os dados de MSFV e área foliar (AF), foram ajustados modelos polinomiais de segundo grau em função da idade e a partir dessas equações, estimaram-se os valores instantâneos das taxas de crescimento relativo (TCR) e de assimilação líquida (TAL) e da razão de área foliar (RAF), para cada idade. Como primeira avaliação do experimento de desempenho animal, foram efetuadas pesagens dos animais de prova, no início e final de cada ciclo de pastejo. Após alguns ciclos de pastejo, foram avaliados também a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e a composição químico-bromatológica da dieta amostrada por pastejo simulado e o consumo de forragem, utilizando-se o óxido crômico como indicador externo para estimativa da produção fecal. No estudo de morfofisiologia, verificou-se efeito dos PDs sobre as características morfogênicas e estruturais, principalmente aquelas relacionadas com o alongamento das hastes, como TAIH, taxa de produção de hastes, MSCV, MSCV residual e relação folha/colmo. O PD de 2,5 folhas, foi o único a exercer algum controle sobre o processo de alongamento das hastes no suceder de vários ciclos de pastejo. Observou-se ainda forte plasticidade do dossel em resposta aos PDs, com grande participação da TAlF (7,56 cm/perf × dia) e da DPP (acima de 350 perf/m²) como componentes da produção nos piquetes sob menor PD e da TAIH (0,29 cm/perf × dia) naqueles sob maior PD. A técnica do fluxo de biomassa mostrou-se ainda promissora para a estimativa da MSFV. A estrutura do dossel foi fortemente alterada pelos PDs, com seu prolongamento acarretando maior altura e maior

MSFV por ciclo de pastejo. Contudo, a partir da expansão da terceira folha, após o alcance do IAF crítico, o aumento na MSFV foi devido em grande parte ao aumento na MSCV, determinando acentuada redução na relação folha/colmo. A plasticidade fenotípica é também inferida do continuado incremento da MSFV mesmo após o alcance do IAF crítico. Foi verificada ainda elevada TCR (até 0,17 g/g × dia) no crescimento após roçada de uniformização, mostrando o grande potencial de produção dessa cultivar. Por sua vez, a redução drástica na RAF evidenciou intensificação do alongamento das hastes durante a rebrotação. No Crescimento 2, a queda na TCR do dossel sob PD de 4,5 folhas foi menos acentuada. Tal dossel apresentou ainda maior capacidade de produção (MSFV final acima de 11 ton/ha × ciclo). Quanto à performance dos novilhos em resposta à estrutura condicionada por cada um dos três PDs adotados, depreendeu-se que os mesmos foram capazes de pastejar seletivamente, visto não terem sido detectadas substanciais diferenças de valor nutritivo da dieta amostrada por pastejo simulado. Contudo, essa presumida alteração no comportamento ingestivo acarretou grandes diferenças no desempenho dos novilhos e no rendimento animal por hectare. O mais longo PD comprometeu o desempenho animal (433 g/novilho × dia) e o rendimento de massa do animal vivo (MAV) por área ao longo de 125 dias de avaliação de desempenho nas águas (363 kg/ha), a despeito de sua maior MSFV. Por outro lado, a desfolhação mais freqüente manteve a estrutura do dossel favorável ao desempenho (704 g/novilho × dia) e ao rendimento animal (546 kg MAV/ha), repercutindo em maior precocidade dos novilhos em pastejo. Donde se conclui que o período de descanso em piquetes da cultivar Mombaça de *Panicum maximum* não deve exceder o tempo necessário para a expansão de 2,5 novas folhas por perfilho.

ABSTRACT

CÂNDIDO, Magno José Duarte, D.S., Universidade Federal de Viçosa, February 2003.
Canopy morphophysiology and growth and animal performance on *Panicum maximum* cv. Mombaça under intermittent stocking of three rest periods.
Adviser: José Alberto Gomide. Committee Members: Mário Fonseca Paulino and Paulo Roberto Mosquim.

To assess the growth, morphogenetic and structural traits of *Panicum maximum* cv. Mombaça canopies and the performance of grazing steers, three experiments were carried out at Central de Experimentação, Pesquisa e Extensão do Triângulo Mineiro (CEPET/UFV), from November 2000 to March 2001. The grazing method was the intermittent stocking, adopting variable stocking rate, with rest period (RP) defined in terms of the time for the expansion of 2.5; 3.5 and 4.5 new leaves per tiller. The experimental area was divided into five or six paddocks per treatment, observing a completely randomized design with five or six replicates. 15 Holstein-Zebu crossbred steers, were used as testers, besides some others used as put and taken. Five testers grazed each paddock of the respective treatment during six days. Put and taken steers were used, when necessary, to obtain a residual leaf area index (LAI) of 2.0, by the 6th grazing day. 500 kg/ha of a N-P-K fertilizer mixture (20-5-20) was broadcasted over the paddocks, divided into two applications, the first one applied at the beginning and the second one applied at middle of the experiment. In the morphophysiology trial, morphogenesis of cv. Mombaça was assessed, to estimate leaf appearance rate (LApR), leaf elongation rate (LER), leaf senescence rate (LSR), culm elongation rate (CER) and

net herbage accumulation rate (NHAR). The following structural variables: canopy height, green herbage dry mass (GHDM), green leaf blade dry mass (GLDM), green culm dry mass (GCDM) and leaf/culm ratio were estimated by the end of each RP and grazing period. Also, tiller population density (TPD) was assessed after each grazing period. Growth analysis study considered two stages: Growth 1, after mowing the area and Growth 2, after some grazing cycles. Herbage mass was assessed from 1×1 m samples cut at 0.20 m above soil level at six days intervals, over 45 regrowth days. Concomitantly, leaf area index (LAI) and interception of photosynthetically active radiation were assessed from readings with a Canopy Analysis System (SunScan, Delta-T Devices Ltd.). Quadratic functions were adjusted to values of GHDM and leaf area (LA) figures, against sample ages. From these equations, instantaneous estimates were obtained for relative growth rate (RGR), and net assimilation rate (NAR), relative to each plant age. Leaf area ratio (LAR) was estimated from GHDM and LA figures. To investigate the animal performance, tester animals were weighed out at the beginning and ending of each grazing cycle. After some grazing cycles, forage samples simulating animal diet were collected for analysis of their *in vitro* dry matter digestibility and chemical composition. Forage intake was assessed from the faecal output/indigestibility ratio, faecal output being estimated by the Cr_2O_3 dilution technique. Morphogenetic and structural traits were sharply affected by the RP, mainly those ones related to culm, such as CER, culm production rate, GCDM, residual GCDM and leaf/culm ratio. The short 2.5 leaves RP was the one to exert some control upon culm elongation process over succeeding grazing cycles. Marked canopy plasticity was also verified, as affected by the RPs. LER ($7.56 \text{ cm/tiller} \times \text{day}$) and TPD (around 350 tillers/m^2) were the determinant regrowth components in 2.5 leaves canopy and CER ($0.29 \text{ cm/tiller} \times \text{day}$) was an important regrowth component in the 4.5 leaves canopy regrowth. Also, morphogenesis appears as a promising technique to estimate GHDM. Other canopy structural traits were affected by RPs, too. The longer the RP, the higher the canopy height and the GHDM. However, by the time of the third leaf expansion and afterwards, some time beyond critical LAI, the GCDM makes the main contribution to GHDM, promoting marked leaf/culm ratio reduction. In the growth analysis trial, a marked phenotypic plasticity of canopies was observed, with GHDM increments beyond the critical LAI. High RGR figures (up to $0.17 \text{ g/g} \times \text{day}$) were estimated in Growth 1, denoting the high growth potential of the cultivar. On the other hand, marked reduction

in LAR, implies intensification of culm elongation during regrowth period. RGR reduction of 4.5 leaves canopy was smoother in Growth 2. It was concluded that the long 4.5 leaf canopy was the most productive (final GHDM beyond 11 ton/ha). Regarding the effect of RP on animal performance, it was concluded that grazing ruminants, by means of selective grazing, are capable to warrant the quality of their diet. Still, animal performance and yield varied with RP. The longest RP reduced animal performance (433 g/steer × day) and yield (363 kg BW/ha) during 125 days of assay during the rainy season, despite its higher GHDM. On the other hand, the most frequent defoliation, with a favorable canopy structure, favored animal performance (704 g/steer × day) and yield (546 kg BW/ha). As a whole, it is concluded that *Panicum maximum* cv. Mombaça paddocks rest period should not exceed the time for the expansion of 2.5 new leaves per tiller.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A atividade agropecuária tem sido, nos últimos anos, um dos principais setores responsáveis pelo crescimento econômico do Brasil, tendo representado, de 1994 a 1999, 27,4% do PIB nacional, em média (Furtuoso & Guilhoto, 2002a). Em 2000, o agronegócio brasileiro movimentou R\$ 307 bilhões (Furtuoso & Guilhoto, 2002b). Nos primeiros nove meses de 2002, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2002), a taxa de crescimento do agronegócio foi 6,5%, sendo ultrapassada apenas pelos setores de extração mineral e comunicações.

Por sua vez, dentro do contexto do agronegócio e de acordo com dados da Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária - CNA (2002), dos R\$ 97,25 bilhões gerados com as vendas dos vinte e cinco principais produtos agropecuários brasileiros em 2001, R\$ 20,47 bilhões, ou 21% do total, foram gerados pelo agronegócio da carne bovina, atingindo o primeiro lugar da lista. Em quinto lugar, com um volume de vendas de R\$ 7,19 bilhões (7,39% do total) situou-se o agronegócio do leite.

Evidencia-se, assim, a importância da pecuária de corte e de leite no contexto da economia nacional, o que só pôde ser obtido com a mudança de mentalidade dos produtores, adotando a escrituração zootécnica, o manejo sanitário e a intensificação do uso da fonte de alimento mais barata para os rebanhos, o pasto. No caso do rebanho bovino de corte, 99,57% da dieta é oriunda de pastagens (Bürgi & Pagotto, 2002).

A intensificação do uso das pastagens no Brasil tem recebido importante contribuição de estudos sobre as relações de causa-efeito entre os diversos

compartimentos que caracterizam os processos de produção e utilização da forragem nos ecossistemas de pastagens. Nesse tocante, foi de fundamental importância a integração dos principais processos de crescimento de plantas forrageiras do tipo C₃ no estágio vegetativo e formação da sua estrutura, apresentada por intermédio do agora clássico Diagrama de Chapman & Lemaire durante o Congresso Internacional de Pastagens, em 1993, na Austrália e Nova Zelândia (Figura 1).

Sintetizando o que representa tal diagrama, pode-se afirmar que a capacidade de produção de forragem em uma pastagem está intrinsecamente ligada às condições de ambiente prevalentes e às práticas de manejo adotadas. Assim, fatores como temperatura, luz, água e nutrientes condicionam o potencial de crescimento da vegetação, em decorrência de alterações nas características morfogênicas e, conseqüentemente, estruturais do dossel, repercutindo no índice de área foliar (IAF). O manejo também interfere nessas variáveis, mediante o efeito da desfolhação sobre a área fotossintetizante do dossel, além de efeitos do pisoteio, compactação etc.

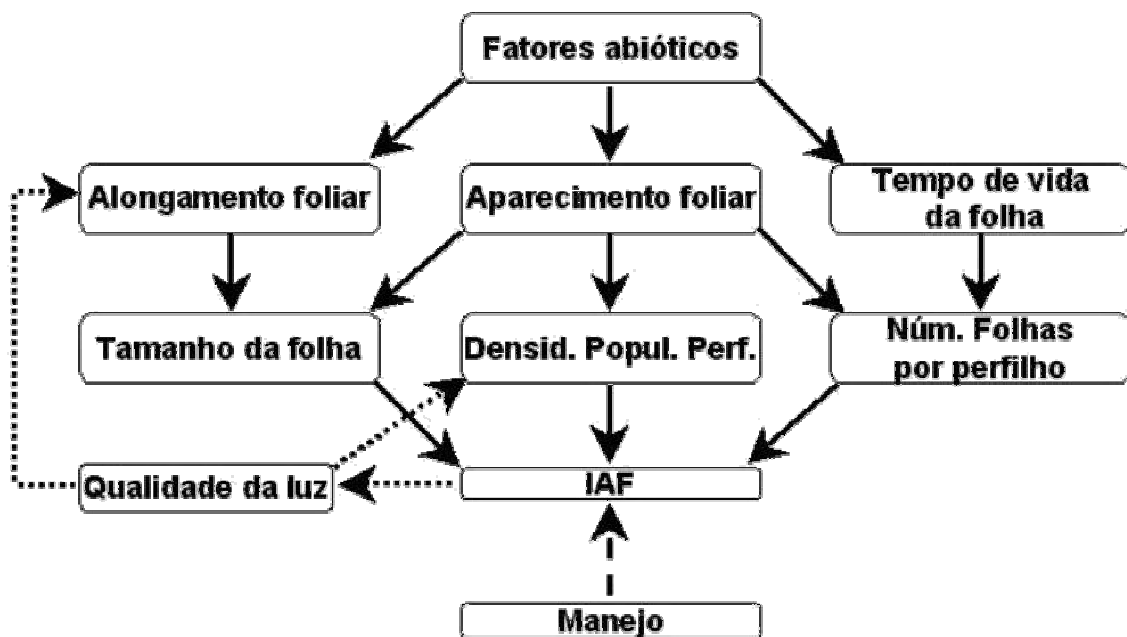


Figura 1 - Relação entre variáveis morfogênicas e características estruturais em relvado de gramínea do tipo C₃, na fase vegetativa (CHAPMAN e LEMAIRE, 1993).

Dentre as inúmeras alternativas de manejo de pastagens, o método de pastejo a ser adotado ainda é fonte de grandes controvérsias, mesmo no meio científico. Isso decorre, dentre outros aspectos, do modo empírico como têm sido definidos os tratamentos a serem aplicados, condicionando as respostas obtidas. Na lotação intermitente, uma das principais fontes de empirismo tem sido a definição do período de descanso. A partir de

estudos morfogênicos, evidenciou-se que o número de novas folhas vivas mantidas por perfilho em rebrotação após a desfolhação assume constância razoável para cada espécie ou cultivar (Hunt, 1965; Corsi et al., 1994; Marriot et al., 1999; Gomide & Gomide, 2000; Oliveira et al., 2000). Considerando-se que tal característica é de mais fácil visualização na prática que a restauração das reservas orgânicas, restauração da área foliar, intercepção da radiação fotossinteticamente ativa, maximização da taxa de crescimento da cultura, elaborou-se a hipótese de que o manejo de uma gramínea sob lotação intermitente no estágio vegetativo poderia adotar períodos de descanso baseados no número adequado de novas folhas expandidas por perfilho.

Portanto, esse estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a morfogênese, as características estruturais e o crescimento do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça e o desempenho de novilhos em pastejo sob lotação intermitente, observando períodos de descanso definidos pelo número de novas folhas expandidas por perfilho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Qualquer pastagem, natural, melhorada ou cultivada, deve ser entendida como um ecossistema, cuja estrutura inclui componentes bióticos e abióticos, de cujo equilíbrio depende sua sustentabilidade. Por essa razão, qualquer ação do homem visando ao controle do ecossistema de pastagem deve ser feita a partir de uma abordagem sistêmica, considerando a interação de seus componentes. É importante também considerar que, dos fatores envolvidos no ecossistema de pastagem, há aqueles controláveis pelo homem, como a pressão de pastejo, disponibilidade de nutrientes e fornecimento de água via irrigação, e outros não-controláveis, como radiação solar, temperatura e pluviosidade. Portanto, o conhecimento de como os indivíduos presentes no ecossistema interagem na busca e utilização desses fatores permite ao homem interferir de modo a aumentar a eficiência dessa utilização por aqueles indivíduos de maior interesse econômico, dentro de certos limites.

2.1. FATORES ABIÓTICOS E O CRESCIMENTO VEGETAL

O rendimento de massa seca de forragem (kg/ha) está diretamente relacionado com a atividade fotossintética do dossel, já que a mesma provê a estrutura de esqueletos carbônicos que constituirão todos os compostos orgânicos da planta e toda a energia necessária para os seus processos fisiológicos. A fotossíntese, por seu turno, é regulada pela disponibilidade quali-quantitativa dos fatores abióticos, especialmente radiação solar, temperatura, água e nutrientes.

2.1.1. RADIAÇÃO SOLAR

A radiação solar é a fonte primária de energia para a vida na terra, regulando não somente a fotossíntese, mas também o desenvolvimento vegetal, como a dormência e a germinação de sementes, o tropismo, a morfogênese e o florescimento (Larcher, 1995).

A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) incidente em regiões temperadas é de, aproximadamente, $2000 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \times \text{s}$ a pleno sol durante o verão (Mckenzie et al., 1999). Na Região Intertropical, esse valor é bastante superior, tendo sido registrados valores próximos a $2500 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \times \text{s}$ a pleno sol no município de Capinópolis-MG ($18^\circ 41' \text{ S}$, $49^\circ 34' \text{ O}$) em 30 de novembro de 2000 (observação pessoal).

Além da maior quantidade de RFA incidente, o potencial de rendimento forrageiro na Região Intertropical também é elevado em função do mecanismo fotossintético característico das gramíneas ali predominantes (espécies do tipo C_4), que lhes permite eficiência de conversão da RFA em massa seca da ordem de 4-5 g/MJ, enquanto as espécies C_3 produzem no máximo 3 g/MJ de RFA incidente (Lawlor, 1995a).

Ainda que a RFA incidente no topo do dossel seja bastante elevada, sua intercepção pelas camadas sucessivas de folhas acarreta redução exponencial da radiação em direção ao solo, fazendo com que as folhas próximas deste recebam quantidade de RFA bem inferior, cuja conseqüência é minimizada pelo fato de tais folhas serem de idade mais avançada (Parsons et al., 1988a) não mais contribuindo substancialmente para a fotossíntese do dossel (Woledge, 1973; Parsons et al., 1983a).

Apesar da faixa da radiação solar fotossinteticamente ativa variar de 400 a 700 nm, os pigmentos foliares usam com eficiência variada a radiação dentro deste espectro. Assim, não somente a quantidade de RFA reduz-se ao longo do perfil do dossel, mas também sua composição espectral é alterada em maior ou menor intensidade, dependendo da densidade, ângulo médio e propriedades ópticas da folhagem.

Essas alterações na quantidade e qualidade da luz ao longo do perfil do dossel, não afetam somente a capacidade fotossintética das folhas, mas podem, também, desencadear processos morfofisiológicos de ajustamento da planta ao novo ambiente luminoso. Assim é que, por exemplo, folhas sob luminosidade reduzida apresentam maior área foliar específica (AFE) (Silsbury, 1970; Grant et al., 1981; Dias-Filho, 1999 e 2000), menor número de estômatos por área (Woledge, 1971), maior quantidade de *grana* nos cloroplastos e maior número de tilacóides por *granum* (Björkman, 1981). Em termos de qualidade de luz, a alteração mais notável ao longo do perfil do dossel se

refere à relação vermelho/vermelho extremo (V/VE). Como o comprimento de onda na faixa do vermelho (680-700 nm) é o mais efetivo na fotossíntese, acarretando menor perda energética na forma de calor, a tendência é de redução na relação (V/VE) à medida que as camadas de folhas se sucedem. Em estudos simulando tal condição, foram verificadas várias alterações morfofisiológicas nas plantas. Todavia, o efeito mais contundente da redução na proporção V/VE foi o aumento na taxa de alongamento das hastes (Smith, 1982). Outros trabalhos têm relatado que a redução da relação V/VE sob condição de iluminação artificial acarretou diminuição do perfilhamento (Deregibus et al., 1983 e 1985; Wan & Sosebee, 1998).

2.1.2. UMIDADE

A evapotranspiração potencial da pastagem geralmente excede a precipitação pluvial, ocasionando que a evapotranspiração real é aproximadamente igual à precipitação. Assim, a água é o fator isolado que mais limita a produção primária (Tieszen & Detling, 1983). Além disso, a irregularidade de sua distribuição pode ocasionar, mesmo dentro da estação chuvosa, períodos de déficit hídrico.

O efeito mais imediato da deficiência hídrica é o fechamento dos estômatos (provocando redução na condutância estomática), embora com a intensificação do estresse outros mecanismos se desenvolvam. Isso afeta diretamente o processo fotossintético na fase de absorção do gás carbônico (CO₂), mas não na fase de obtenção de energia para síntese de compostos orgânicos. Portanto, um estresse por excesso de poder redutor dentro da planta pode ocorrer e mecanismos podem ser desencadeados para dissipar o excesso de radiação que a está atingindo (Lawlor 1995a).

Com a redução na condutância estomática, o fluxo de CO₂ para o ciclo de Calvin é alterado, podendo acarretar diminuição na concentração da Ribulose-1,5-bis-fosfato, que limita diretamente a fotossíntese (Lawlor, 1995b). Se o grau de desidratação aumenta, os processos catabólicos tornam-se predominantes, a senescência é acelerada e as folhas mais velhas sofrem dessecação e, posteriormente, abscisão (Larcher, 1995).

Além da redução da condutância estomatal, o déficit hídrico desencadeia a síntese de ácido abscísico (ABA), a partir dos carotenóides das raízes. Esse ácido é em seguida transportado para diferentes partes da planta, onde induz variados efeitos, como o incremento da relação raiz:parte aérea. Lucero et al. (2002) relataram maior partição de carbono para as raízes quando da existência de competição entre sistemas radiculares e

sob condições de estresse hídrico. Ainda sob influência hormonal, características morfológicas específicas se desenvolvem e o processo reprodutivo inicia-se prematuramente (Larcher, 1995).

Quando a turgidez começa a diminuir, são iniciados os processos osmorreguladores. A combinação da síntese de compostos orgânicos nitrogenados e conversão de amido para carboidratos solúveis ocasiona a acumulação de substâncias orgânicas de baixo peso molecular nos compartimentos celulares e no citossol, promovendo o influxo de água. Esses processos ajudam na manutenção do volume celular e, assim, retardam a perda de turgescência no mesófilo e nas células-guardas, o que contribui para a manutenção, por maior tempo, da abertura estomática e da absorção de CO₂ (Larcher, 1995).

Se as plantas murcham, com a continuidade do estresse, suas células se contraem, com proporcional redução do volume celular. O conseqüente aumento da concentração de solutos intracelulares, principalmente íons, limita principalmente as reações secundárias da fotossíntese e da respiração mitocondrial (Lawlor, 1995b; Larcher, 1995). O vacúolo então fragmenta-se em vacúolos menores, os tilacóides dos cloroplastos e as cristas mitocondriais primeiramente aumentam de tamanho e depois desintegram-se, a membrana nuclear se distende e os polirribossomos desintegram-se. Adesão e desintegração de biomembranas são eventos que, ao final de um processo extremo, ocasionam a morte da célula (Larcher, 1995).

Herbel et al. (1972) ressaltaram que a magnitude do estresse hídrico é afetada pelo tipo de solo e pelo tipo de cultura. O sistema radicular de gramíneas concentra-se nos primeiros 30 cm de solo. Contudo, em solos profundos, pode vir a se aprofundar mais, o que ocasionaria estresse hídrico em anos de seca, em que a pouca água acumulada está retida nas camadas superficiais do solo. Por outro lado, mesmo em condições de limitações hídricas, solos com textura mais argilosa retêm mais umidade, liberando-a para a planta mais vagarosamente, permitindo a sobrevivência das gramíneas perenes.

2.1.3. NUTRIENTES

O manejo da fertilidade do solo, incluindo correção e adubação, é a alternativa mais acessível de intensificação de sistemas de produção animal em pastagens, via manipulação dos fatores abióticos.

Os macro e micronutrientes, que participam de alguma etapa da fotossíntese ou de alguma rota do anabolismo vegetal, contribuem, assim, para o crescimento das plantas.

Além de fornecer nutrientes que efetivamente contribuem com a atividade fotossintética e processos anabólicos da planta, o manejo da fertilidade do solo deve também considerar correções em situações em que o solo apresente características adversas para o aproveitamento satisfatório dos nutrientes ali presentes, como em situações de excesso de acidez ou alcalinidade e de salinidade.

Dentre os macro e micronutrientes, o nitrogênio é o que participa em maior quantidade dos processos de crescimento vegetal. Além dele, o fósforo e o potássio também participam em grande quantidade no metabolismo das plantas. Assim, quando se busca melhorar a fertilidade de um solo, atenção maior deve ser dada ao fornecimento desses três nutrientes, principalmente o nitrogênio. O manejo deste nutriente em particular também deve considerar a sua grande mobilidade no solo, o que requer reposição constante pelo emprego de aplicações escalonadas.

Estudos da aplicação de doses de nitrogênio sobre o rendimento de forragem são inúmeros (Pettit & Deering, 1974; Beaty et al., 1977; Frank & Ries, 1990; Paciullo et al., 1998; Alexandrino, 2000; Mendes, 2000; Garcez Neto et al., 2002; Mistura, 2001; Springer & Taliaferro, 2001). O aumento no rendimento deve-se ao estímulo ao crescimento e alteração na partição de carbono em prol da parte aérea (Marschner, 1995). Estudos de morfofisiologia têm conseguido elucidar de que forma o nitrogênio atua favorecendo o rendimento de forragem na pastagem.

Volenec & Nelson (1984), investigando o efeito de doses baixa e alta de nitrogênio sobre o metabolismo de *Festuca arundinacea*, observaram efeito positivo da adubação nitrogenada em dose mais elevada sobre a concentração de açúcares redutores e não-redutores no meristema intercalar das folhas em expansão. Foi notável também, nesse estudo, a redução de 45% na concentração dos açúcares não-redutores logo no primeiro dia de rebrotação no tratamento com baixa adição do nutriente. Já no tratamento com elevada aplicação, a concentração dos açúcares não-redutores manteve-se no primeiro dia de rebrotação e só reduziu-se a partir do segundo dia e em menor magnitude, em torno de 35%. Ou seja, maior dose de nitrogênio também permitiu que a planta mantivesse alta concentração de açúcares não-redutores (sacarose) por mais tempo no meristema intercalar da folha, o que concorre para maior síntese de proteínas,

maior capacidade fotossintética, maior crescimento da folha e valor nutritivo mais elevado.

Elevada dose de nitrogênio pode causar, em estádios mais avançados da cultura, estresse hídrico decorrente da elevada taxa de transpiração ou por deficiência de outros nutrientes, esta última ocasionada pela partição preferencial de carbono para a parte aérea (Marschner, 1995). Assim é que, muitas vezes, a utilização de outros nutrientes e a aplicação complementar de água promovem acréscimos ainda maiores no rendimento devido ao efeito sinérgico desses fatores de crescimento com o nitrogênio.

MacLeod (1969), citado por Marschner (1995) observou maior rendimento de grãos em cevada com adubação nitrogenada-potássica, havendo interação entre as doses utilizadas. Quando o suprimento de potássio foi baixo (0,25 mM de K_2O) a elevação nas doses de nitrogênio causou rápida redução no rendimento de grãos. À medida que o suprimento de K_2O foi elevado (até 5,0 mM), a elevação concomitante nas doses de nitrogênio provocou elevação e estabilização desse rendimento em níveis superiores.

A associação da adubação nitrogenada com a aplicação de água invariavelmente tem promovido incremento no rendimento das culturas (Colman & Lazenby, 1975), podendo ocasionar, inclusive, efeito sinérgico, ou seja, o crescimento ser superior à soma dos efeitos isolados de cada um dos fatores de crescimento (Link et al., 1995).

O efeito que a adubação apresenta sobre o valor nutritivo da forragem tem sido relatado de modo controverso pela pesquisa e decorre, em grande parte, da falta de ajustamento do calendário de amostragem ao novo padrão de crescimento da vegetação em resposta às doses de adubo. Assim é que Gomide (1994) comentou que o grande benefício da adubação nitrogenada é elevar a capacidade de suporte da pastagem, propiciando elevação no rendimento de produto animal.

2.1.4. TEMPERATURA

A temperatura age sobre a fotossíntese, sobretudo na sua fase bioquímica. A carboxilação e a redução do CO_2 ocorrem lentamente em baixas temperaturas, aumentando rapidamente com a sua elevação, até um valor ótimo. Em temperaturas supra-ótimas, a relação CO_2/O_2 é modificada em favor do oxigênio, comprometendo a atividade de carboxilase da RUBISCO. Em temperaturas muito elevadas, ocorre desorganização das reações de metabolismo do carbono e de transporte de material, o

que, associado ao retardamento dos processos fotoquímicos ligados às membranas, acarreta rápido declínio da fotossíntese (Larcher, 1995).

No entanto, a temperatura ótima para a fotossíntese varia entre espécies vegetais, conforme seus mecanismos fotossintéticos. Segundo Cooper & Taiton (1968), a temperatura ótima para a fotossíntese nas plantas C₃ é de 20°C, enquanto para as C₄, situa-se entre 30 e 35°C. Isso explica o fato de *Pennisetum purpureum*, capaz de alto rendimento forrageiro no verão, ter sua produtividade no inverno inferior, mesmo sob irrigação, à de *Avena sativa* (Gomide, 1994).

Além da temperatura ótima para o crescimento, deve-se considerar também a temperatura basal da planta, ou seja, a temperatura abaixo da qual o crescimento é paralisado. Unruh et al. (1996), trabalhando com oito gramíneas pertencentes a cinco espécies de clima quente, relataram que a temperatura basal das mesmas variou de 0°C, no caso de *Stenotaphrum secundatum*, a 12,3°C, para *Eremochloa ophiuroides*.

Além de seu efeito sobre o crescimento, a temperatura também afeta o valor nutritivo das plantas forrageiras do tipo C₄. Segundo Wilson & Minson (1980), alta temperatura reduz a digestibilidade de todas as frações da planta, especialmente do colmo, mediante seu desenvolvimento e lignificação. De fato, Bade et al. (1985) relataram que o aumento no peso do perfilho de *Panicum coloratum* em decorrência da elevação da temperatura de 30 para 40°C deveu-se, principalmente, ao alongamento das hastes. O aumento na lignificação devido a altas temperaturas ocorre pelo aumento das taxas metabólicas, reduzindo o conteúdo celular de proteína e carboidratos solúveis com concomitante aumento no teor dos carboidratos estruturais (Buxton & Fales, 1994).

2.2. MORFOFISIOLOGIA DO CRESCIMENTO DE PLANTAS FORRAGEIRAS

O crescimento da vegetação depende da intercepção da RFA pelo dossel, da eficiência de uso da RFA interceptada e da partição de assimilados entre raiz e parte aérea. Desses processos, a intercepção da RFA é dependente, em grande parte, do IAF do dossel, o qual é condicionado pelo balanço entre os processos morfogênicos e pelo arranjo estrutural deles decorrente. Isso demonstra o papel central da morfogênese, definida por Lemaire & Chapman (1996) como a dinâmica de geração e expansão de órgãos vegetais no tempo e no espaço, sobre o rendimento de massa seca do dossel.

2.2.1. MORFOGÊNESE DE GRAMÍNEAS

As principais variáveis morfogênicas a definir a estrutura e rendimento do dossel são a taxa de alongamento foliar (TAIF), a taxa de aparecimento foliar (TApF) e o tempo de vida da folha (TVF).

A TAIF parece ser a variável morfogênica que, isoladamente, mais se correlaciona diretamente com a massa seca da forragem (Horst et al., 1978) e é afetada de forma variada pelos fatores de ambiente e de manejo. Peacock (1975) relatou alta correlação entre temperatura média diária e TAIF para *Lolium perenne* cv. S24. Bélanger (1996) também observou relação linear direta entre TAIF de *Phleum pratense* e temperatura, na faixa de 9 a 18°C. Gastal et al. (1992) ressaltou que tal correlação ocorre quando não há limitação de nitrogênio, ocorrendo ainda efeito sinérgico do nitrogênio com a temperatura sobre a TAIF de *Festuca arundinacea*, até o limite de 23°C. No seu estudo, para qualquer temperatura, a TAIF sob a maior dose de nitrogênio foi três vezes a do controle. A TAIF da folha emergente parece estar relacionada à taxa de alongamento no início da expansão do primórdio foliar (Pearse & Wilman, 1984), tal peculiaridade sendo válida para todos os fatores de crescimento. O efeito do nitrogênio, por exemplo, em favorecer a TAIF (Bélanger, 1998; Garcez Neto et al., 2002) parece estar relacionado à disponibilidade desse nutriente por ocasião do início do desenvolvimento do primórdio foliar (Skinner & Nelson, 1995) e seria consequência da elevação no número de células na zona meristemática (Volenc & Nelson, 1984).

Por outro lado, a radiação solar apresenta efeito controverso sobre o crescimento foliar. Ainda que a capacidade fotossintética das folhas seja superior sob luz mais intensa (Woledge, 1973 e 1977) isso necessariamente não implica em maior TAIF, devido ao mecanismo de adaptação das plantas ao ambiente luminoso, reduzindo sua área foliar específica (Dias-Filho, 1999 e 2000), na maior parte das vezes. Assim é que Gastal et al. (1992) observaram ligeira redução na TAIF com o aumento da intensidade luminosa em *Festuca arundinacea*. Na prática, vários ensaios de pastejo sob lotação contínua têm relatado elevação na TAIF com aumento da altura do dossel (Grant et al., 1983; Binnie & Chestnutt, 1994; Fagundes et al., 1999) ou da oferta de forragem (Grant et al., 1981; Almeida et al., 2000a), o que pode ser atribuído ao sombreamento mútuo desencadeando aumento na área foliar específica dos perfilhos (Dias-Filho, 1999 e 2000).

O efeito da desfolhação sobre a TAlF parece estar mais relacionado à interação da intensidade de desfolhação com a disponibilidade de compostos orgânicos para recomposição da área foliar. Davidson & Milthorpe (1966) relataram redução na taxa de expansão foliar nas plantas cortadas em relação às intactas. Atribuíram tal fato à diminuição na disponibilidade de carboidratos para o crescimento subsequente da lâmina foliar. Relataram ainda que quando o status externo de nutrientes era alto, o efeito primário da desfolhação foi a rápida depleção da fonte de carboidratos para o crescimento foliar, mormente quando da remoção das folhas emergentes em relação às expandidas. Quando o suprimento externo de nutrientes era baixo, a remoção de lâminas foliares expandidas, fontes de nutrientes lábeis, foi mais prejudicial à rebrotação.

A TApF é variável morfogenética de grande importância, por afetar as três principais características estruturais do dossel: tamanho da folha, densidade populacional de perfilhos (DPP) e número de folhas vivas por perfilho (Chapman & Lemaire, 1993).

A temperatura parece ser o fator climático que mais afeta a TApF (Anslow, 1966). Davies & Thomas (1983) verificaram relação linear direta da TApF de *Lolium perenne* com a temperatura do solo até o limite de 17°C. Acima desse valor, a TApF não foi afetada. Segundo Anslow (1966), a temperatura ótima para maximizar a TApF das gramíneas do tipo C₃ estaria em torno de 25°C.

A adubação nitrogenada também favorece a TApF, como foi verificado para *Panicum maximum* cv. Tanzânia por Garcez Neto et al. (2002) embora, segundo Bélanger (1998), seu efeito sobre essa variável seja menos intenso que sobre a TAlF. Anslow (1966) ressaltou ainda que o efeito do nitrogênio em acelerar a TApF está condicionado às condições de luminosidade favoráveis à assimilação de CO₂, pois a disponibilidade de carboidratos é fundamental para a elevação da TApF. Nesse sentido, a desfolhação por si só não parece afetar a TApF. Todavia, sob desfolhação muito severa e associada a ambiente pouco iluminado, a rebrotação passa a depender das reservas orgânicas, isto é, a TApF é comprometida se o nível de reservas orgânicas for baixo e a desfolhação muito intensa.

Uma característica morfológica de grande influência sobre a TApF é o comprimento da bainha da qual ela emerge (Duru & Ducrocq, 2000a). Wilson & Laidlaw (1985) relataram que o comprimento da bainha aumenta com a massa de forragem, o que acarreta redução na TApF, mas maior comprimento final das lâminas

foliares. Van Esbroeck et al. (1997) também relataram que a TApF reduziu-se em *Panicum virgatum* cv. Álamo quando o nível de inserção da folha elevou-se de um para sete, cujo comprimento final da lâmina também elevou-se. A partir desse nível de inserção, o comprimento final da folha voltou a reduzir-se. Resultado semelhante foi relatado por Gomide & Gomide (2000), que observaram maior comprimento das folhas de nível de inserção intermediário em cultivares de *Panicum maximum*, devido ao maior comprimento do pseudocolmo. Já as lâminas de mais elevado nível de inserção voltaram a ter maior TApF e menor comprimento final, em função da elevação do meristema apical, resultante do processo de alongamento das hastes, encurtando a distância que a lâmina deve percorrer até emergir do pseudocolmo. Portanto, é o balanço entre as taxas de alongamento da lâmina e das hastes que determina a dinâmica do filocrono ao nível de perfilho (Skinner & Nelson, 1994 e 1995).

Apesar da aparente vantagem em se manter a estrutura do dossel com folhas em nível de inserção intermediário, mais compridas, acarretando, conseqüentemente, maior rendimento de forragem pastejável, conjectura-se que tais folhas, em função de seu porte avantajado, tendo uma nervura central mais rígida a fim de suportar seu peso, apresentem menor valor nutritivo. De qualquer maneira, pelo menos o horizonte de pastejo não seria limitado, o que ocorre quando da continuidade do processo de crescimento, se o alongamento das hastes não for controlado. Por outro lado, se o alongamento for controlado, suaviza-se a redução no comprimento final das folhas de nível de inserção superior.

A outra característica morfogênica de grande importância é o TVF, principalmente quando se considera que tecidos senescentes são menos apreciados pelo animal e portanto, têm menor valor forrageiro, representando maior perda de biomassa vegetal, ao mesmo tempo em que não são capazes de fotossintetizar e contribuir para o crescimento da vegetação. Assim, a quantidade de tecido senescente pode ser usada para estimar o grau de ineficiência de utilização da forragem produzida numa pastagem.

O TVF é, geralmente, inversamente relacionado com a TApF. Portanto, os fatores que promovem aceleração na TApF, reduzem o TVF, e vice-versa. Assim é que Bélanger (1998) relatou redução no TVF de *Phleum pratense*, quando da aplicação de nitrogênio em relação ao controle, no crescimento primaveril. Inesperadamente, durante o verão não foi observado tal comportamento. Duru & Ducrocq (2000b), investigando o crescimento e a senescência de folhas sucessivas na cultivar Lude de *Dactylis*

glomerata, observaram que, ao longo de três anos, o número médio de folhas senescentes elevou-se de 3,44 no tratamento sem adubação para 4,44 sob condição de adubação nitrogenada.

Por sua vez, maior radiação solar, que promove elevação na TApF, parece reduzir a TSF. Os dados de Bélanger (1998) sugerem protelamento da senescência de folhas de *Phleum pratense* durante a primavera em relação ao verão, provavelmente pela maior incidência de RFA na primeira estação. A partir dessa informação, pode-se inferir que a maior TSF relatada por Binnie & Chestnutt (1994) e por Bircham & Hodgson (1983) nos dosséis mantidos mais altos sob lotação contínua seria em decorrência do maior sombreamento mútuo dos mesmos, reduzindo a incidência de luz no seu interior. Fagundes et al. (1999) também relataram maior proporção de material morto no dossel mantido mais alto sob lotação contínua.

Da interação das variáveis morfogênicas, resulta a conformação estrutural do dossel e seu rendimento de massa seca. A TAlF seria a variável mais diretamente relacionada com o rendimento de massa seca, devido à sua influência sobre o tamanho final da folha e ao fato da TApF e da TVF serem, geralmente, inversamente relacionadas. Nesse sentido, a elevação no rendimento de massa seca do dossel com a adubação nitrogenada, poderia ser atribuída principalmente ao efeito desse nutriente muito mais sobre a TAlF que sobre a TApF (Bélanger, 1998). Contudo, há que se ter em mente que a capacidade de perfilhamento, principalmente em dossel ainda não muito denso ou de idade avançada, é outro grande componente do rendimento (Nelson & Zarrouh, 1981) e é afetada indiretamente pela TApF. Nesse tocante, Davies & Thomas (1983) mencionaram que a taxa de produção de massa seca por perfilho foi controlada pela TApF e Davies (1974) observou maior potencial de produção nos genótipos cuja TApF foi menos afetada pela desfolhação. Ryle (1964), por sua vez, relatou que tanto o aumento da dose de nitrogênio quanto da temperatura promoveram o perfilhamento, sendo que o efeito da temperatura foi indireto, por intermédio da elevação na TApF.

O balanço entre as características estruturais do dossel condicionadas pela morfogênese determina o seu IAF. Bélanger (1996) observou a manifestação de vários mecanismos compensatórios, repercutindo no IAF do dossel de cultivares de *Phleum pratense*. As cultivares tardias apresentaram menor TAlF e TApF similar às precoces, resultando em menor comprimento foliar por perfilho. No entanto, a maior DPP das cultivares tardias, no segundo ano de estudo, resultou em IAF similar ao das precoces.

2.2.2. ESTRUTURA DO DOSSEL E AQUISIÇÃO DE FATORES ABIÓTICOS

Características estruturais do dossel, como IAF, ângulo médio e densidade da folhagem, estão estreitamente relacionadas com a taxa de crescimento da vegetação, uma vez que crescimento pode ser considerado como resultado da aquisição de carbono e nitrogênio e sua utilização; e a senescência, cujo saldo é o acúmulo de forragem (Laca & Lemaire, 2000).

Dentre os recursos a serem adquiridos, a RFA interceptada pelo dossel, sofrendo alterações em termos qualitativos e quantitativos (Campbell, 1981), é de fundamental importância para determinar a capacidade fotossintética do mesmo e, conseqüentemente, a intensidade de todos os processos metabólicos da comunidade vegetal. O arranjo estrutural dos componentes da parte aérea da planta determina a capacidade de aquisição da RFA e, por conseguinte, dos demais fatores abióticos pela mesma e a forma como se processa o seu crescimento determinará o arranjo e distribuição dos componentes da parte aérea, determinando, portanto, uma interdependência entre estrutura e crescimento do dossel (Laca & Lemaire, 2000).

Enquanto a intercepção da RFA não atinge o valor de 95%, o IAF e o ângulo médio da folhagem definem a taxa de crescimento da vegetação. O ângulo foliar médio, em relação ao solo, bastante variável entre as comunidades vegetais, é o principal fator a determinar o coeficiente de extinção de luz (k). Quanto mais horizontais forem as folhas, maior será o k e, assim, o IAF crítico - definido por Brougham (1958) como o primeiro valor de IAF em que 95% da RFA é interceptada - será reduzido, ao passo que num dossel de folhas mais eretas, o k será reduzido, e maiores serão o IAF crítico e a massa de forragem correspondente (Jönsson, 2001). Sheehy & Cooper (1973) determinaram os coeficientes de extinção para cultivares de hábitos de crescimento contrastantes. A cultivar S170 de *Festuca arundinacea* e a cultivar S37 de *Dactylis glomerata*, ambas de hábito de crescimento mais ereto, apresentaram valores de 0,23 e 0,34, respectivamente. Já o k da cultivar S345 de *Dactylis glomerata* foi de 0,91, refletindo hábito de crescimento mais prostrado.

Faurie et al. (1996), investigando a partição e utilização de luz em dossel misto de *Lolium perenne* + *Trifolium repens*, relataram menor eficiência de utilização da RFA incidente (EUR) pela segunda espécie. Os autores justificaram a menor EUR pela maior quantidade de RFA incidente interceptada, por unidade de área, pelas suas lâminas

foliares, as quais caracteristicamente são planófilas. Além da melhor distribuição da RFA no perfil do seu dossel, as erectófilas podem apresentar uma vantagem adicional, advindo do melhor aproveitamento da radiação refletida pela folhagem, cuja inclinação aguda permitiria incidência da RFA sobre outras folhas e não somente o retorno imediato para a atmosfera. O resultado de tal estrutura é a mais eficiente ocupação do espaço físico acima do solo. Corroborando esta assertiva, Rhodes (1971b) relatou que as linhagens da cultivar S321 de *Lolium* spp. mais produtivas foram as de hábito de crescimento mais ereto e, dentre, estas, as de folhas mais rígidas, que não se curvam no terço superior, comparativamente às de folhas mais flexíveis.

Rhodes (1971a) evidenciou a importância da adoção de um manejo adequado ao hábito de crescimento da planta, a fim de se evitar a degradação da pastagem. Após corte a 4 cm do solo, a cultivar S23 de *Lolium perenne*, de hábito prostrado, apresentou maior IAF residual e rebrotou rapidamente, atingindo IAF crítico de 7,1. Por outro lado, a cultivar Ba6280, de porte mais ereto, a despeito de ter apresentado menor IAF residual e menor taxa de rebrotação, foi capaz de acumular maior quantidade de forragem, embora em maior tempo, atingindo IAF crítico de 10,7. Isto significa que a frequência de desfolhação na S23 pode ser maior, evitando sombreamento excessivo e surgimento de senescência, já na Ba6280, tal frequência deve ser menor, para se tirar proveito do seu maior potencial de produção.

Uma vez alcançado o IAF crítico, outra característica estrutural a afetar a EUR é a distribuição da folhagem ao longo do perfil do dossel (Robson, 1981). Sugiyama et al. (1985) compararam a estrutura e a produtividade de dossel de *Festuca arundinacea* em relação à EUR nos estádios vegetativo e reprodutivo. Observaram que perfilhos de maior tamanho durante o estágio vegetativo propiciaram maior rendimento de biomassa após o alcance do IAF crítico, uma vez que tal estrutura garantiu menor coeficiente de extinção e melhor distribuição da luz no perfil do dossel. No estágio reprodutivo do mesmo estande, a produtividade foi superior nos perfilhos reprodutivos que, ao alongarem as hastes, garantiam melhor distribuição de luz nas suas camadas de folhas, as quais atingiam maior capacidade fotossintética, apesar da menor área foliar nesses perfilhos. Ao serem comparadas, no estágio reprodutivo, linhagens de alongamento intenso, intermediário ou de reduzido alongamento das hastes, verificou-se que nestas últimas, muitas folhas dos perfilhos reprodutivos estavam abaixo do dossel vegetativo e as folhas dos perfilhos vegetativos então dispuseram de um ambiente mais luminoso,

caracterizando melhor distribuição de luz no menor perfil do dossel e menor coeficiente de extinção. Já nas linhagens de alongamento intermediário das hastes, grande parte das folhas dos perfilhos reprodutivos localizava-se acima do dossel vegetativo, impedindo que a luz se distribuisse mais uniformemente no perfil, o que caracterizou um k mais elevado e acarretou reduzida produtividade dos perfilhos vegetativos. Nas linhagens de hastes longas, todo o dossel reprodutivo se elevou acima do vegetativo, mas permitiu ampla difusão da luz através das suas camadas de folhas, permitindo que o dossel vegetativo se desenvolvesse satisfatoriamente.

2.2.3. FOTOSÍNTESE DE FOLHAS INDIVIDUAIS

A folha é o órgão de grande relevância a ser estudado quando se busca investigar a fotossíntese do dossel. Sua capacidade fotossintética é afetada pela sua idade, pelo ambiente luminoso em que se desenvolve e pela temperatura a que está exposta.

Folhas produzidas em ambiente mais iluminado são menores, mais espessas (Barthram & Grant, 1984) e possuem células e organelas mais densamente arrançadas (Björkmann, 1981), o que explica sua mais alta taxa de assimilação de CO_2 por unidade de área (Woledge, 1973 e 1977). Em função dessa variação na capacidade fotossintética das folhas com o ambiente luminoso durante o seu desenvolvimento, seria importante considerar não só o IAF remanescente, como característica de interesse para a rebrotação, mas também a qualidade da respectiva área foliar.

Woledge (1971) investigou o efeito do ambiente luminoso sobre a taxa fotossintética das folhas de *Festuca arundinacea* em desenvolvimento. Verificou que as diferenças na fotossíntese de plantas cultivadas sob variadas intensidades luminosas estavam relacionadas a diferenças na capacidade dos processos bioquímicos, e a diferenças na resistência das folhas à difusão do CO_2 . Folhas desenvolvidas em ambiente sombreado apresentaram menor número de estômatos por área foliar, elevando a resistência à difusão de CO_2 . Também Woledge (1978), relatou maior resistência residual, ou seja, resistência ao transporte intracelular e ao primeiro evento de carboxilação do CO_2 , nas folhas de perfilhos sombreados. No estudo de Woledge (1977), as folhas de plantas de *Lolium perenne* cultivadas em ambiente sombreado apresentaram maior resistência estomatal e maior resistência residual, principalmente esta última, em relação às plantas que se desenvolveram em ambiente luminoso, acarretando menor taxa de fotossíntese líquida nas folhas das plantas sombreadas.

Woledge (1971) verificou que, com a idade, a folha tinha a sua capacidade fotossintética reduzida, e que tal efeito se tornava mais acentuado sob intensa luminosidade. Isto mostra que a alteração dos processos determinantes da fotossíntese sob luz intensa (resistência à difusão ou capacidade dos processos bioquímicos) antecede a redução na capacidade de captação da luz.

Quanto ao efeito da temperatura, Mello et al. (2001), avaliando a taxa fotossintética de folhas recém-expandidas de *Panicum maximum* cv. Tanzânia sob temperaturas de 25 a 40°C, observaram máxima taxa fotossintética, de 2,2 g CO₂/m² × h, sob temperatura de 35°C. Mencionaram ainda que a máxima RFA adotada para as medições, de 3000 μmol/m² × s, não foi elevada o suficiente para que fosse alcançado o ponto de saturação de luz.

Já com relação ao nível de inserção da folha no perfilho, Woledge (1973), trabalhando com plantas de *Lolium perenne*, comprovou que o fato de folhas sucessivas apresentarem menor taxa fotossintética era decorrência, principalmente, do sombreamento mútuo instalado durante o desenvolvimento do dossel. Isto foi verificado em diversos experimentos. Em um deles, a última folha expandida apresentava mais alta fotossíntese líquida (FL) que a penúltima e esta maior que a antepenúltima, mas, mais importante, que a FL de cada nova folha recém-expandida reduzia-se com a sucessão de aparecimentos foliares e com o aumento do índice de área foliar (IAF) do dossel. Em outro experimento, mostrando o efeito da densidade de plantas, foi verificado que a FL da folha mais recentemente expandida reduzia-se com o aumento no número de plantas. Finalmente, no experimento onde o efeito do sombreamento foi anulado com cones de plástico transparente, foi observado que a FL das folhas de nível de inserção de 4 a 12 não diferiu para uma mesma intensidade luminosa, mostrando o grande efeito do sombreamento durante o desenvolvimento da folha em comprometer a sua capacidade fotossintética, o que também foi verificado por Woledge (1977).

2.2.4. FOTOSÍNTESE E CRESCIMENTO DO DOSSEL

Apesar de estudos sobre a capacidade fotossintética de folhas individuais representarem uma primeira aproximação para a caracterização do potencial produtivo da pastagem, tal correlação não é elevada, em grande parte, pelo fato de conclusões serem tomadas a partir de medições instantâneas realizadas apenas na última folha recém-expandida (Zelitch, 1982). Isso ocorre porque a capacidade fotossintética de

folhas individuais do dossel não corresponde (Robson, 1973b) aos valores obtidos em ambiente controlado (Woledge, 1973), tanto porque nem todas as folhas estão em ângulo perpendicular aos raios solares, até porque o ângulo de incidência desses raios também varia durante o dia (Brougham, 1958), quanto pelo sombreamento que ocorre à medida que cresce o IAF do dossel.

Assim, a capacidade fotossintética do dossel é o melhor índice do potencial de rendimento de forragem. Considerando que as folhas individuais apresentam taxas fotossintéticas variando em função de fatores como idade, nível de inserção, sombreamento etc., no campo, essas variáveis interagem, para determinar a capacidade fotossintética de cada folha individual e do dossel como um todo.

Numa comunidade vegetal, a capacidade de crescimento pode ser determinada pela taxa de crescimento da cultura – TCC. A TCC representa o incremento em massa seca de forragem por unidade de área, por unidade de tempo ($\text{kg/ha} \times \text{dia}$) e pode ser definida como o produto de dois fatores, o IAF e a taxa de assimilação líquida – TAL ($\text{TCC} = \text{TAL} \times \text{IAF}$) (Lambers, 1987). O IAF representa a dimensão do aparato fotossintético da cultura. A TAL, definida como a taxa de produção de biomassa por unidade de área foliar presente, indica a eficiência desse aparato fotossintético em converter a RFA interceptada em biomassa. Como as folhas no dossel têm a sua capacidade fotossintética reduzida pelo sombreamento mútuo (Woledge, 1973), envelhecimento dos tecidos foliares (Woledge, 1971; Parsons et al., 1983a) e pela respiração dos tecidos fotossintetizantes (Pearce et al., 1965), a TAL reduz-se rapidamente durante o desenvolvimento da cultura. Contudo, o aumento inicial no IAF mais do que compensa a redução na TAL e assim a vegetação apresenta, inicialmente, uma TCC crescente. A partir de certo ponto, embora o IAF continue a se elevar, a TAL já apresenta uma magnitude de redução que acarreta decréscimo ou estabilização na TCC (Brown & Blaser, 1968). Com o avançar da idade do dossel, pode até acontecer que o intenso sombreamento das folhas próximas ao solo acelere o processo de senescência (Pearce et al., 1965) que, se não for plenamente compensado pelo surgimento de novas folhas (Robson, 1973a), pode até ocasionar redução na massa de forragem verde presente na pastagem.

Sob condições ideais em câmaras de crescimento, a taxa fotossintética de folhas de *Lolium perenne* atingiu valores de 2,6 a 3,0 $\text{g CO}_2/\text{m}^2 \times \text{h}$ (Woledge, 1977; Woledge, 1973; Woledge & Leafé, 1976). Já Parsons et al. (1983a), conseguiram um valor

próximo, de $2,2 \text{ g CO}_2/\text{m}^2 \times \text{h}$, em dossel de *Lolium perenne* sob lotação contínua com elevada intensidade de desfolhação. Este resultado mostra o potencial para o manejo de pastagens baseado em conhecimento sólidos de ecofisiologia vegetal como alternativa para incrementar a capacidade fotossintética do dossel.

2.3. PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGEM SOB PASTEJO

O crescimento da planta forrageira sob condições de pastejo difere daquele observado na ausência dos animais, pelas alterações morfofisiológicas promovidas pela desfolhação e pisoteio. Por sua vez, as respostas da planta à desfolhação devem ser analisadas tanto na escala individual, para determinar os mecanismos adaptativos desenvolvidos pela planta para competir e sobreviver na pastagem, quanto no nível de comunidade, porque a remoção de tecidos foliares de indivíduos vizinhos provoca alterações no ambiente físico local, afetando o padrão de rebrotação de plantas adjacentes (Lemaire, 1997).

Assim, do ponto de vista fisiológico, a resposta da forrageira à desfolhação será função principalmente de três fatores: da sobrevivência dos meristemas apicais, do teor de reservas orgânicas (Gomide et al., 1979; Botrel & Gomide, 1981) e da área foliar fotossinteticamente ativa remanescente (Brougham, 1956 e 1957). Por outro lado, do ponto de vista demográfico, a produção de forragem será consequência da taxa de perfilhamento (Nelson e Zarrouh, 1981) e das alterações morfológicas ocasionadas pela interação competitiva entre os novos indivíduos em formação (plasticidade fenotípica) (Matthew et al., 1995; Hernández Garay et al., 1999; Sbrissia et al., 2001).

2.3.1. RESPOSTAS MORFOFISIOLÓGICAS DA PLANTA FORRAGEIRA À DESFOLHAÇÃO

Uma das principais características das gramíneas forrageiras a lhes permitir coexistir com os herbívoros é a capacidade de restabelecimento de tecido foliar. Ela se dá a partir da emissão de novas folhas de meristemas apicais localizados abaixo do horizonte de pastejo e da brotação e desenvolvimento de gemas axilares ou basilares, isto é, do perfilhamento.

A desfolhação promove ainda alterações no microambiente da planta que afetarão a sua rebrotação. O aumento na intensidade luminosa incidente sobre os tecidos remanescentes acarreta aumento imediato na taxa fotossintética das folhas que estavam operando abaixo do seu ponto de saturação luminosa.

A desfolhação também promove incremento da economia de água nos tecidos remanescentes e nos novos tecidos sintetizados, devido à diminuição da razão parte aérea/raiz, o que aumenta a razão superfície de absorção radicular/tecido foliar. Além disso, a remoção de tecidos foliares reduz a superfície transpirante da planta, permitindo maior conservação das reservas hídricas do solo e mantendo o crescimento vegetal por período mais longo. Essa maior disponibilidade de água pode promover, ainda, divisão e expansão celular, levando ao maior crescimento dos tecidos (Mcnaughton, 1983).

Outro efeito da desfolhação pode ser o incremento no status nutricional dos tecidos remanescentes, ocorrendo em curto prazo via redução na demanda pelos nutrientes ainda disponíveis no solo, em função da redução na biomassa em crescimento. Num mais longo prazo, tal efeito verifica-se pela reciclagem dos nutrientes outrora indisponíveis nos tecidos vegetais mediante a mineralização (Mcnaughton, 1983), que é acelerada na medida em que tais tecidos atravessam o trato gastrintestinal dos herbívoros e, em sua maior parte, retornam ao solo via excreções (Nascimento Júnior, 1998).

Os mecanismos internos desencadeados na planta para estimular o crescimento após a desfolhação incluem: o balanço hormonal, a ativação meristemática, o aumento nas taxas de divisão e alongamento celular, a redução na taxa de senescência, o rejuvenescimento dos tecidos remanescentes (Richards, 1993) e a modificação na partição dos compostos orgânicos recentemente assimilados e na mobilização das reservas orgânicas (Mcnaughton, 1983). De fato, um mecanismo bastante desenvolvido nas gramíneas é a partição de assimilados em excesso preferencialmente para raízes e base do colmo - ao invés da síntese de compostos secundários comum em plantas lenhosas, propiciando a formação de reserva de carbono prontamente utilizável após a desfolhação (Bryant et al., 1983).

O estímulo ao perfilhamento decorrente da desfolhação também favorece o rendimento forrageiro, pois a DPP é um dos componentes do crescimento no nível de comunidade e constitui um mecanismo eficaz no rápido restabelecimento da área foliar após a desfolhação (Mcnaughton, 1983). Porém, se o perfilhamento estiver atrelado à redução no desenvolvimento radicular, a aquisição de recursos, a sobrevivência e o rendimento podem ser comprometidos, caracterizando a subcompensação (Zhang & Romo, 1995).

A morfologia da planta determina a probabilidade de sua desfolhação. O hábito de crescimento e a localização dos pontos de crescimento são duas características morfológicas essenciais nesse aspecto. Plantas de hábito de crescimento mais prostrado, como a leguminosa *Arachis pintoi*, apresentam maior tolerância ao pastejo, devido à menor probabilidade de serem eliminados seus meristemas. Hernandez et al. (1995) relataram persistência dessa leguminosa durante três anos em pastagens consorciadas com *Brachiaria* spp., gênero de gramíneas forrageiras bastante competitivas.

Entretanto, planta forrageira com hábito de crescimento ereto, pode ter tal característica modificada, dentro de certos limites, reduzindo a probabilidade e a intensidade da desfolhação. Esse mecanismo caracteriza a denominada plasticidade fenotípica e é uma das grandes peculiaridades da maior parte das espécies forrageiras, que as capacitam a persistir ao longo de várias estações de crescimento sob desfolhação.

Desfolhações freqüentes e intensas acarretam plantas com bainhas foliares mais curtas, com lígulas posicionadas abaixo da altura de desfolhação e perfilhos mais horizontais, propiciando que o dossel mantenha tecidos foliares verdes abaixo do horizonte de pastejo, preservando assim um aparato assimilativo para o crescimento após a desfolhação. Essa resposta da planta pode ser completamente revertida. Tão logo a desfolhação cesse, ou no mínimo se torne menos freqüente, o comprimento das bainhas das novas folhas formadas aumenta gradativamente até aquele valor anterior à desfolhação e as lâminas voltam a ser mais compridas e posicionadas de forma mais ereta, até que novas desfolhações provoquem novamente alteração no hábito de crescimento (Lemaire, 1997).

Além da mudança no hábito de crescimento da planta, a intensidade da desfolhação também afeta o perfilhamento das gramíneas. Em dossel sob pastejo intenso, a tendência é haver maior número de perfilhos de menor tamanho (Bircham & Hodgson, 1983; Grant, et al., 1988; Mazzanti et al., 1994). Apesar de normalmente haver compensação entre tamanho e DPP (Bircham & Hodgson, 1983; Sbrissia et al., 2001), caracterizando uma ampla faixa de manejo em que o acúmulo de forragem permanece inalterado, o perfilhamento caracteriza-se como importante resposta plástica da gramínea à desfolhação, contribuindo para a sua persistência.

2.3.2. INTENSIDADE E FREQUÊNCIA DE DESFOLHAÇÃO

A desfolhação é um estresse que expõe a planta à necessidade de rebrotação e as suas intensidade e frequência interagem, determinando a magnitude dessa resposta.

Buscando simular a presença do animal em pastejo, estudos têm sido conduzidos adotando diferentes alturas e frequências de desfolhação do dossel (Pearce et al., 1965; Vickery et al., 1971). Visto que folhas novas apresentam elevada capacidade fotossintética (Woledge, 1971 e 1973), era de se esperar tal comportamento logo após o corte, com novas folhas em formação. No entanto, muitas vezes as novas folhas emergentes apresentam baixa capacidade fotossintética, por terem iniciado o desenvolvimento em ambiente sombreado, principalmente em estandes mais densos, (Pearce et al., 1965; Woledge, 1973 e 1977). Isso é ocasionado ou pelo estresse fotoquímico devido à repentina exposição à intensa radiação (Pearce et al., 1965), ou pela menor atividade enzimática dessas folhas (Woledge, 1971 e 1978).

O principal efeito da intensidade de desfolhação sobre a capacidade fotossintética do dossel verifica-se quando o IAF residual é muito baixo, tornando a fotossíntese líquida negativa em razão da intensa redução no aparato fotossintetizante e da grande demanda por compostos orgânicos para a respiração de manutenção e restabelecimento da área foliar. Nesses estandes, a fotossíntese líquida aumenta linearmente com a altura de corte, enquanto no estande não cortado a fotossíntese líquida apresenta resposta quadrática (Pearce et al., 1965).

A frequência de desfolhação altera a capacidade fotossintética de dosséis mantidos em um mesmo IAF. Com o aumento na frequência, Vickery et al., (1971) observaram que o dossel de *Dactylis glomerata* apresentou taxa fotossintética mais elevada, embora no início da rebrotação fosse menor que nos dosséis desfolhados menos frequentemente, denotando maior capacidade daqueles mais frequentemente desfolhados em atingir mais rapidamente elevadas taxas fotossintéticas, mesmo com menores valores de IAF e de interceptação da RFA. Já intervalos de corte mais prolongados, associados à elevada altura residual, causam redução na fotossíntese líquida devido à redução na capacidade fotossintética das folhas próximas ao solo, que se encontram sombreadas (Woledge, 1973) e tornam-se drenos, apresentando fotossíntese líquida negativa (Donald, 1961, citado por Vickery et al., 1971).

Considerando, por outro lado, a presença do animal em pastejo, pesquisas foram conduzidas com o objetivo de comparar a frequência de desfolhação sob diversos

métodos de pastejo. Assim, Wade (1991), citado por Lemaire & Chapman (1996) relataram que, em pastejo em faixas, vacas leiteiras desfolharam quatro vezes a mesma área em um mesmo dia, com frequência de desfolhação de 0,25 dias. Já animais da mesma categoria, pastejando sob lotação contínua, desfolharam de 6 a 20% da área total disponível num único dia quando a densidade de lotação - definida como a relação entre o número de animais e a unidade de subdivisão da pastagem sendo utilizada em qualquer instante (Forage and Grazing Terminology Committee, 1992) - foi elevada de 130.000 para 810.000 kg de massa de animal vivo/ha × dia. Hodgson (1966) relatou que a elevação na taxa de lotação de 19 para 30 ovinos por acre aumentou de 11-14 para 7-8 dias a frequência de desfolhação.

Esses dados mostram a grande influência da densidade de lotação sobre a frequência de desfolhação. De fato, em estudos com *Lolium perenne* e *Festuca arundinacea*, sob diferentes densidades de lotação, foi verificado o mecanismo de compensação tamanho/densidade de perfilhos e, mais ainda, diferentes relações densidade/tamanho para as duas espécies. No entanto, independentemente do peso ou do número de perfilhos, a frequência de desfolhação foi muito mais afetada pela densidade de lotação (Lemaire & Chapman, 1996).

Por sua vez, a frequência de desfolhação em *Festuca arundinacea* não foi afetada pela adubação nitrogenada, uma vez que a densidade de lotação foi elevada nos tratamentos com maior dose do nutriente para garantir um mesmo IAF (Mazzanti & Lemaire, 1994).

Estudos mais detalhados da frequência de desfolhação têm mostrado que a folha recém-expandida é a que sofre desfolhações mais frequentes, seguida da folha emergente (Mazzanti & Lemaire, 1994), em função da sua predominância no topo do dossel (Parsons et al., 1988a), o que é um dilema para a fotossíntese do dossel, uma vez que tal folha é a que contribui mais para o balanço de carbono do perfilho durante a rebrotação (Woledge, 1973; Parsons et al., 1983a). Para reduzir a frequência de remoção da folha mais jovem, Hodgson (1990) sugere manter maior cobertura foliar no dossel, o que reduziria a probabilidade das folhas recém-expandidas e emergentes serem pastejadas, mas remeteria ao dilema anterior, visto que essas folhas desenvolver-se-iam em ambiente mais sombreado, reduzindo sua capacidade fotossintética. Talvez se devesse reduzir a intensidade de desfolhação, para diminuir a probabilidade de remoção das folhas mais jovens, mas não demasiadamente para não acumular material morto, a

fim de favorecer um pouco mais a rebrotação da vegetação. Concomitantemente, dever-se-ia buscar maior frequência de desfolhação, respeitando, obviamente, o limite mínimo de estabilização das reservas orgânicas postulado por Fulkerson & Donaghy (2001).

Contudo, para as gramíneas cespitosas do tipo C₄, o alongamento das hastes é um fator complicador, que altera a estrutura e qualidade do dossel (Korte et al., 1982). Tal característica requer controle intensivo, o qual só pode ser obtido, sob lotação contínua, empregando-se elevada intensidade de desfolhação a qual favorece, adicionalmente, a maior taxa de renovação de perfilhos cujas hastes de idade menos avançada não sofrem redução acentuada no valor nutritivo (Santos, 2002).

Segundo Uebele (2002), a adoção de baixa frequência de desfolhação em *Panicum maximum* cv. Tanzânia favoreceu o alongamento das hastes. Entretanto, na menor frequência, não foi possível atingir a altura residual desejada, mostrando que uma vez comprometida a estrutura do dossel pelo alongamento das hastes, nem mesmo elevada intensidade de desfolhação reverte o problema, em decorrência da rejeição dos animais em aprofundarem o bocado além do horizonte definido pela altura das hastes (Barthram, 1981; Barthram & Grant, 1984; Flores et al., 1993). Nessa situação, para se restabelecer a estrutura favorável do dossel, teria que ser efetuada roçada mecânica, prática de manejo economicamente questionável, considerando-se que a associação de frequência e intensidade adequadas de desfolhação pelo animal em pastejo propicia o controle da condição do dossel, mas a um custo bem mais reduzido.

2.3.3. MÉTODOS DE PASTEJO

Os métodos de pastejo têm sido motivo de muitas pesquisas e proporcional quantidade de controvérsias. Em pastagens sob lotação intermitente, o acúmulo de forragem é ligeiramente favorecido (Blaser et al., 1959), em função do descompasso da senescência em relação à produção de novos tecidos (Parsons et al., 1983b), o que pode repercutir em pequena superioridade no rendimento animal nesse método associado à adoção de elevadas taxas de lotação (Hodgson & Silva, 2002). Contudo, para se ter melhor visualização dos rendimentos obtidos nos diversos métodos de pastejo, há que se considerar os processos envolvidos na produção de forragem e utilização pelo animal em cada um deles.

Sob lotação contínua, a pressão de pastejo exerce papel relevante na rebrotação dos perfilhos desfolhados. Em piquetes sob pastejo intenso, a tendência é haver maior

número de perfilhos de menor tamanho (Bircham & Hodgson, 1983; Grant, et al., 1988; Mazzanti et al., 1994). Com isso, as folhas em rebrotação tenderiam a receber maior quantidade e qualidade de radiação incidente, apresentando maior capacidade fotossintética (Woledge, 1973 e 1977), o que acarretaria maior fotossíntese por unidade de área foliar, embora a fotossíntese do dossel alcance mais alto valor numa condição de maior IAF (Parsons et al., 1983b).

Considerando a estrutura do dossel, observa-se que naqueles submetidos a alta pressão de pastejo sob lotação contínua, as folhas recém-expandida e emergente são as mais selecionadas, gerando uma estrutura composta por folhas predominantemente mais velhas. Mas esta diferença se reduz quando se trabalha com lotação contínua e baixa pressão de pastejo, provavelmente pela menor frequência de seleção das folhas emergentes (Lemaire, 1997).

Tal processo sugere que um manejo adequado almejaria menor intensidade de desfolhação, permitindo maior cobertura foliar, menor frequência de seleção das folhas mais jovens, mais rápido alcance do IAF crítico (Brougham, 1956) e aumento da taxa de crescimento na rebrotação, encurtando a fase exponencial da curva de crescimento sigmóide da cultura (Brougham, 1957), propiciando, assim, maior massa de forragem. Todavia, Brougham (1956) só considerou o IAF crítico, alcançado mais rapidamente quando a biomassa residual era maior. Porém, como na lotação contínua e leve a capacidade fotossintética das folhas é reduzida pelo sombreamento mútuo (Woledge, 1973 e 1977), não haveria vantagem na menor frequência de remoção de folhas emergentes, além disso, a senescência seria acelerada. Assim, o máximo rendimento de forragem pastejável - definido por Mott (1983) como o máximo consumo de energia digestível por área - não será obtido no manejo que propicie maior massa de forragem, mas naquele que otimize o balanço entre esta e a senescência (Parsons & Penning, 1988).

A partir de simulações, Parsons et al. (1988b) concluíram que os manejos que permitiam maior IAF residual, tanto aceleravam o alcance da massa de forragem máxima como também de elevadas taxas de senescência. Por outro lado, nos manejos com elevada intensidade de desfolhação, tanto a taxa de senescência como a taxa de crescimento tiveram início ainda dentro da fase exponencial (lenta) da curva sigmóide, resultando em lenta rebrotação e baixo acúmulo de forragem. Assim, num IAF residual intermediário, foi obtido o melhor balanço entre crescimento e senescência,

caracterizado pela taxa de crescimento médio, cujo ponto máximo foi advogado pelos autores como critério racional para determinar o momento de entrada dos animais. Tais estudos carecem de comprovação na Região Intertropical.

Todos esses estudos de fisiologia da rebrotação foram conduzidos sob sistema de lotação intermitente. Comparando dosséis manejados intermitentemente e sob lotação contínua, Parsons et al. (1988a) observaram que, na lotação intermitente, a fotossíntese bruta do dossel iniciava-se com valor reduzido, em função do pequeno IAF residual, elevando-se concomitantemente com a evolução do IAF. Na lotação contínua, por sua vez, cujo IAF era mantido em valores intermediários, a fotossíntese bruta apresentou-se estável e com valores intermediários aos extremos observados sob lotação intermitente.

Parsons et al. (1988b) simularam a evolução da taxa de crescimento médio (TCM) do dossel sob lotação intermitente a partir de IAFs residuais crescentes e na lotação contínua com valores de IAF correspondentes àqueles da idade média de rebrotação em cada uma das alternativas de resíduo da lotação intermitente. Concluiu que, embora a TCM tenha apresentado valores ligeiramente superiores, para um mesmo IAF, na lotação intermitente em relação à contínua, conforme já reportado, o que parecia dois métodos distintos de manejo da desfolhação, representava, na verdade, uma mesma curva relacionando aquisição de recursos e produção de biomassa.

2.3.4. OFERTA DE FORRAGEM E O RENDIMENTO ANIMAL

Diante do exposto em seções anteriores, verifica-se que a variável do manejo de maior influência sobre a intensidade e frequência de desfolhação e rendimento de massa de forragem pastejável é a taxa de lotação ou, mais especificamente, a pressão de pastejo ou seu inverso, a oferta de forragem.

A oferta de forragem, variável que se situa na interface da planta com o animal, afeta não apenas a quantidade de forragem consumida por animal e por área (Mott, 1960), mas também a estrutura do dossel que, por sua vez, afeta seu crescimento e sua utilização, gerando uma relação de causa-efeito que condiciona o equilíbrio e a sustentabilidade do ecossistema de pastagens por longo tempo. Johnson & Parsons (1985), associando duas taxas de lotação a dois IAFs iniciais, mostraram como um balanço adequado entre essas duas variáveis pode determinar o máximo rendimento animal ou a degradação da pastagem. Quando foi utilizada taxa de lotação de 20 ovinos/ha, o crescimento da forragem não foi afetado em nenhuma das condições de

IAF, mas o consumo por área foi baixo. Entretanto, quando foi adotada a lotação de 40 ovinos/ha, e IAF inicial de 2,0, o dossel apresentou reduzida e decrescente fotossíntese líquida ao longo do tempo (sinal de degradação), mesma tendência observada para o consumo por área. Ao contrário, o IAF inicial 3,0 propiciou condições para elevada fotossíntese líquida e, assim, máximo consumo por área, sem degradação da pastagem, acarretando maior capacidade de suporte. Nesse sentido, Wade & Carvalho (2000), comentando os dados de Parsons et al. (1983b) relataram que a elevação na taxa de lotação até certo ponto, promove a maximização do rendimento animal, com pequena redução na fotossíntese bruta do dossel. Já a partir desse ponto, o aumento na taxa de lotação compromete a rebrotação do dossel, reduzindo drasticamente sua fotossíntese líquida, com conseqüente redução no consumo por área. Esta é uma leitura mais acadêmica do gráfico elaborado por Mott (1960), em que o aumento na taxa de lotação até certo ponto aumenta o ganho por área, para, a partir de então, provocar sua redução.

A grande relutância na adoção da pressão de pastejo como critério de manejo reside no seu caráter dinâmico pois, segundo Walker (1995), como a capacidade de suporte da pastagem varia no tempo e no espaço, é um grande desafio determinar a pressão de pastejo adequada, com acurácia e em tempo real.

2.3.5. QUALIDADE E ESTRUTURA DO DOSSEL E O DESEMPENHO ANIMAL

O desempenho dos animais em pastejo é afetado por características da pastagem e do animal. Como características do animal, tem-se que o consumo e o ganho médio diário são maximizados quando os animais estão na fase de crescimento mais acelerado.

Silva (2001) observou redução linear no consumo em bovinos alimentados com dietas à base de feno de 'Tifton 85' (*Cynodon* spp) em resposta ao aumento na massa corporal. O consumo decresceu de 2,4%, quando os animais apresentavam em torno de 250 kg de massa do animal vivo (MAV), para 1,9% da MAV, quando os animais atingiram 450 kg de MAV. Além da idade e estado fisiológico do animal, o grau de sangue também tem papel relevante no desempenho. Animais de maior potencial genético podem apresentar maior desempenho, quando a qualidade da dieta consumida permite a expressão desse potencial. Euclides et al. (1998) observaram que bezerros nelore desmamados ganharam 355 g/dia somente em pasto de *B. decumbens*. Por sua

vez, Euclides et al. (2001) verificaram que bezerros F1 Angus-Nelore desmamados apresentaram ganho de 790 g/dia em condições de pastejo similares.

Do ponto de vista da pastagem, vários são os fatores que interferem no desempenho dos animais em pastejo, como massa de forragem, qualidade da forragem e características estruturais do dossel.

Em termos quantitativos, Allden & Whitaker (1970) relataram comprometimento da taxa de ingestão quando a massa seca de forragem em dossel composto de *Lolium rigidum*, *Bromus* spp. e *Trifolium subterraneum* foi inferior a 1800 kg/ha. Por sua vez, Doble et al. (1971) mencionaram que a maximização do desempenho animal reflete interação entre massa seca de forragem e sua digestibilidade. Quando a digestibilidade da matéria seca (DMS) é superior a 60%, o ganho médio diário (GMD) é maximizado com massa seca de forragem superior a 500 kg/ha. Quando a DMS reduz-se abaixo de 50%, o GMD só é maximizado com massa seca de forragem superior a 1500 kg/ha.

Outras características qualitativas da forragem também influenciam o desempenho animal. Ulyatt (1973) comentou que o teor de proteína bruta (PB) que permite a expressão do potencial genético do animal é de 12% para bovinos de corte. Por sua vez, Van Soest (1965) relatou que teores de fibra em detergente neutro (FDN) superiores a 50-60% da massa seca da forragem impõem restrição ao consumo. Euclides et al. (1999) avaliaram o desempenho de novilhos pastejando em piquetes com três cultivares de *Panicum maximum*. Relataram GMD variando de 615 g/novilho × dia nos piquetes da cv. Tobiata a 733 g/novilho × dia para animais sob pastejo em piquetes da cv. Tanzânia. O desempenho dos animais, tido como baixo de maneira geral, pode ser explicado pela composição químico-bromatológica da extrusa dos animais em pastejo, com teores de PB entre 9 e 12% e teores de FDN% acima de 68% da matéria seca. Por outro lado, as diferenças no desempenho podem ser atribuídas a diferenças morfológicas entre os dosséis, com relação material vivo/material morto (MV/MM) de 1,89 e 2,84, para as cultivares Tobiata e Tanzânia, respectivamente. Mannelje (1974) observou GMD de novilhos em pastejo mais correlacionado com a massa seca de forragem verde que com a massa seca de forragem total.

De fato, as características estruturais do dossel afetam o desempenho dos animais em pastejo, influenciando o consumo via alterações no comportamento ingestivo. Tais características variam não somente entre cultivares de uma mesma espécie, mas também

entre espécies, famílias botânicas, estágio fenológico e, dentro de uma mesma pastagem, em função do manejo adotado.

Gong et al. (1996a), avaliando o comportamento ingestivo de pequenos ruminantes com acesso a dosséis variados, relataram que, para uma mesma espécie, as plantas em estágio reprodutivo apresentaram maiores altura do dossel, altura das hastes e massa de forragem, mas tiveram menor densidade de forragem por estrato. Por outro lado, as leguminosas apresentaram menor porcentagem de folhas que as gramíneas, mas maior porcentagem de material vivo. A repercussão de tais características em termos de comportamento ingestivo foi maiores tamanho do bocado e taxa de bocado para os ruminantes pastejando leguminosas que gramíneas, o que esteve associado também à maior densidade de forragem por estrato do horizonte de pastejo nas leguminosas e maior facilidade de quebra de pecíolos em relação às hastes das gramíneas.

Outra característica do dossel que afeta o consumo diz respeito à sua altura. Em dossel de plantas do tipo C₃, inúmeros estudos têm mencionado relação direta entre altura do dossel e tamanho do bocado (Allden & Whitaker, 1970; Burlinson et al., 1991; Chestnutt, 1992; Laca et al., 1992; Merchant & Riach, 1994; Edwards et al., 1995; Gong et al., 1996b). Contudo, esses estudos foram conduzidos em dosséis com altura máxima de 25 cm. Considerando que os dosséis de gramíneas do tipo C₄ facilmente ultrapassam esse valor, tal conceito precisa ser melhor entendido nas condições de pastagens tropicais. Gong et al. (1996b) alertaram que a influência da altura do dossel sobre o tamanho do bocado reduz-se quando a densidade de forragem por estrato é heterogênea. Stobbs (1973), avaliando o comportamento ingestivo de bovinos em dosséis de gramíneas do tipo C₄, relataram grande diferenciação entre folha e hastes em prol da primeira, à medida que o dossel se elevava. Observaram ainda elevado grau de seletividade por folhas e concluíram que a densidade da folhagem é a característica melhor correlacionada com o tamanho do bocado nessas gramíneas. A densidade não somente da folhagem, mas da forragem como um todo se reduz drasticamente com a elevação na altura do dossel de gramíneas tropicais, tornando mais lento o processo de formação do bocado. Assim é que Carvalho et al. (2001) verificaram que a elevação na altura do dossel de *Panicum maximum* cv. Tanzânia tornava a distribuição de massa seca mais dispersa no perfil do dossel, reduzindo a taxa de ingestão de forragem por ovinos pela necessidade de maior tempo gasto com a manipulação da forragem preendida.

A estrutura do dossel pode ser manipulada empregando-se alterações na pressão de pastejo, o que é crítico para as pastagens tropicais, especialmente aquelas compostas por espécies de precoce alongamento do colmo (Pinto et al., 1994). Duru & Ducrocq (2002) advogaram que a pressão de pastejo é um meio de manipular a estrutura do dossel, a fim de se preservar o seu valor nutritivo. Sob alta pressão de pastejo, as plantas apresentam menor comprimento de bainha, o que acarreta menor duração do crescimento foliar, menor comprimento da lâmina foliar e maior digestibilidade da mesma. Além disso, a relação folha/colmo é aumentada.

A manipulação da estrutura do dossel, por meio de alterações na pressão de pastejo, tem portanto, grande influência sobre o desempenho dos ruminantes em pastejo. Machado et al. (2001), manejando dossel misto de *Lolium perenne* e *Trifolium pratense* sob duas ofertas de forragem (2,5 e 5,0% da MAV) relataram menor massa de forragem pós-pastejo e maior proporção de material morto pós-pastejo na menor oferta, repercutindo em menor GMD (580 g/novilho × dia) em comparação com a oferta de 5,0% (790 g/novilho × dia). Verificaram ainda maior tempo gasto com fragmentação da forragem ingerida na menor oferta, provavelmente pela sua menor qualidade.

2.3.6. EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DA FORRAGEM PRODUZIDA SOB PASTEJO

A adoção de uma pressão de pastejo com o objetivo de controlar a estrutura do dossel implica, necessariamente, na redução da seletividade, o que pode comprometer o consumo individual. Conforme os resultados de Gibb & Treacher (1976), a oferta de forragem precisa ser de duas a três vezes a capacidade de consumo de ovinos, para não haver limitação no consumo. Já Combela & Hodgson (1979), trabalhando com vacas leiteiras, mencionaram que o consumo ficou próximo do máximo quando a oferta de forragem foi equivalente ao dobro do consumo. Admitindo-se que o consumo potencial de bovinos em crescimento sob condições de pastejo não ultrapasse 2,5% da massa de animal vivo (MAV), teríamos que a oferta de forragem suficiente para maximizar o consumo, seria de 5 a 7,5% MAV. Considerando-se que nas forrageiras do tipo C₄, mormente gramíneas cespitosas, há grande diferenciação entre lâmina foliar e hastes; e também que, de maneira geral o material morto é rejeitado, ou tem baixa conversão em produto animal, seria mais apropriado considerar essa oferta em termos de massa seca de lâminas foliares verdes (MSLFV) (Maraschin, 2000). Assim, deduz-se que, para pastagens de gramíneas cespitosas do tipo C₄, a oferta de forragem que melhor equilibra

o consumo individual com o consumo por área, seria de 5 kg MSLFV/100 kg de MAV. Todavia, há que se atentar em propiciar tal oferta mantendo uma estrutura com reduzida proporção de hastes, a fim de não comprometer ainda mais o desempenho animal.

Chega-se então ao verdadeiro dilema do manejo de pastagens na atualidade: priorizar ganho por animal ou ganho por área?

Os resultados obtidos por Almeida et al. (2000b) mostram que ofertas de até 11% da MAV em massa seca de folhas propiciam elevado rendimento animal por área e maximizam o ganho por animal, assegurando ainda a sustentabilidade da pastagem de *Pennisetum purpureum* cv. Mott. No entanto, do ponto de vista da eficiência com que a forragem está sendo utilizada, e considerando um consumo de 2,5% da MAV em massa seca de folhas, aproximadamente 77% das folhas produzidas (8,5%/11%) estão sendo perdidas por senescência. Ademais, tal oferta de forragem sugere que a altura de desfolhação está acima da altura do meristema apical, o que propicia contínuo alongamento das hastes, progressivo estreitamento da relação folha/colmo e comprometimento do valor nutritivo desse dossel com o avanço da estação de crescimento e dos anos de utilização da pastagem. Tal condição requererá, mais cedo ou mais tarde, a intervenção mecânica para restabelecer uma estrutura adequada, cujo custo precisa ser considerado.

Na outra situação, a oferta de 5% de massa seca de folhas, a pressão de pastejo adotada poderia até minimizar o alongamento das hastes e o rendimento biológico seria maximizado. Contudo, nas atuais circunstâncias mercadológicas, em que em certas regiões o produtor auferir melhores preços com qualidade da carne ou precocidade do animal, ofertas de forragem generosas podem ser recomendadas. A decisão a ser tomada variará, então, conforme o caso e segundo uma análise econômica detalhada. É em cima desses parâmetros que o agronegócio da carne e o do leite tem conseguido se firmar como um dos alicerces da economia brasileira nos últimos anos.

Observação: os capítulos seguintes foram elaborados segundo as normas para publicação na Revista Brasileira de Zootecnia.

3. LITERATURA CITADA

- ALEXANDRINO, E. **Crescimento e características químicas e morfológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandú submetida a cortes e diferentes doses de nitrogênio.** Viçosa: UFV, 2000. 132p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- ALLDEN, W.G.; WHITTAKER, I.A.McD. The determinants of herbage intake by grazing sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.21, p.755-766, 1970.
- ALMEIDA, E.X.; MARASCHIN, G.E.; HARTHMANN, O.E.L. et al. Oferta de forragem de Capim-Elefante Anão 'Mott' e a dinâmica da pastagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p. 1281-1287, 2000a.
- ALMEIDA, E.X.; MARASCHIN, G.E.; HARTHMANN, O.E.L. et al. Oferta de forragem de Capim-Elefante Anão 'Mott' e o rendimento animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p. 1288-1295, 2000b.
- ANSLOW, R.C. The rate of appearance of leaves on tillers of the gramineae. **Herbage Abstracts**, v.36, p.149-155, 1966.
- BADE, D.H.; CONRAD, B.E.; HOLT, E.C. Temperature and Water Stress Effects on Growth Tropical Grasses **Journal of Range Management**, v.38, p.321-324, 1985.
- BARTHAM, G.T. Sward structure and the depth of the grazed horizon. **Grass and Forage Science**, v.36, p.130-131, 1981.
- BARTHAM, G.T.; GRANT, S.A. Defoliation of ryegrass-dominated swards by sheep. **Grass and Forage Science**, v.39, p.211-219, 1984.
- BEATY, E.R.; ENGEL, J.L.; POWELL, J.D. Yield, leaf growth, and tillering in bahiagrass by N rate and season. **Agronomy Journal**, v.69, p.308-311, 1977.
- BÉLANGER, G. Morphogenetic and structural characteristics of field-grown timothy cultivars differing in maturity. **Canadian Journal of Plant Science**, v.76, p.277-282, 1996.

- BÉLANGER, G. Morphogenetic characteristics of timothy grown with varying N nutrition. **Canadian Journal of Plant Science**, v.78, p.103-108, 1998.
- BINNIE, R.C.; CHESTNUTT, D.M.B. Effects of continuous stocking by sheep at four sward heights on herbage mass, herbage quality and tissue turnover on grass/clover and nitrogen-fertilized grass swards. **Grass and Forage Science**, v.49, p.192-202, 1994.
- 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**, v.38, p.323-331, 1983.
- BJÖRKMAN, O. Responses to different quantum flux densities. In: LANGE, O.L. et al. (Ed.). **Encyclopedia of plant physiology – Responses to the physical environment**. Berlin: Springer-Verlag, 1981. V.12A, p. 57-107.
- BLASER, R.E.; BRYANT, H.T.; WARD, C.Y. et al. Animal performance and yields with methods of utilizing pasturage. **Agronomy Journal**, v.51, p.238-242, 1959.
- BOTREL, M.A.; GOMIDE, J.A. Importância do teor dos carboidratos de reserva e da sobrevivência dos meristemas apicais para a rebrota do capim-jaraguá (*Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.10, p. 411-426, 1981.
- BROUGHAM, R.W. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.7, p.377-387, 1956.
- BROUGHAM, R.W. Pasture growth rate studies in relation to grazing management. In: NEW ZEALAND SOCIETY OF ANIMAL PRODUCTION, 17, 1957, New Zealand. **Proceedings...**, s. ed., 1957. p.46-55.
- BROUGHAM, R.W. Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.9, p.39-52, 1958.
- BROWN, R.H.; BLASER, R.E. Leaf area index in pasture growth. **Herbage Abstracts**, v.38, p.1-8, 1968.
- BRYANT, J.P.; CHAPIN III, F.S.; KLEIN, D.R. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. **Oikos**, v.40, p.357-368, 1983.
- BÜRGI, R.; PAGOTTO, D.S. Aspectos mercadológicos dos sistemas de produção animal em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: inovações tecnológicas no manejo de pastagens, 19, 2002, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2002. p. 217-231.
- BURLISON, A.J.; HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. Sward canopy structure and the bite dimensions and bite weight of grazing sheep. **Grass and Forage Science**, v.46, p.29-38, 1991.
- BUXTON, D.R.; FALES, S.L. Plant environment and quality. In: FAHEY JUNIOR, G.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.155-199.
- CAMPBELL, G.S. Fundamentals of radiation and temperature relations. In: LANGE, O.L. et al. (Ed.). **Encyclopedia of plant physiology – Responses to the physical environment**. Berlin: Springer-Verlag, 1981. V.12A, p. 11-40.

- CARVALHO, P.C.F.; MARÇAL, G.K.; RIBEIRO FILHO, H.M.N. et al. Pastagens altas podem limitar o consumo dos animais. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. (cd-rom)
- CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: BAKER, M.J. (Ed.). **Grasslands for our world**. Wellington: SIR Publishing, 1993. p.55-64.
- CHESTNUTT, D.M.B. Effect of sward surface height on the performance of ewes and lambs continuously grazed on grass/clover and nitrogen-fertilized grass swards. **Grass and Forage Science**, v.47, p.70-80, 1992.
- COLMAN, R.L.; LAZENBY, A. Effect of moisture on growth and nitrogen response by *Lolium perenne*. **Plant and Soil**, v.42, p.1-13, 1975.
- COMBELLAS, J.; HODGSON, J. Herbage intake and milk production by grazing dairy cows. 1. The effects of variation in herbage mass and daily herbage allowance in a short-term trial. **Grass and Forage Science**, v.34, p.209-214, 1979.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. VBP da agricultura cresce 14,4% e soma R\$ 64 bilhões. **Indicadores Rurais**. Disponível em <<http://www.cna.org.br>>. Acesso em: 02 dez. 2002.
- COOPER, J.P.; TAITON, N.M. Light and temperature requirements for the growth of tropical and temperate grasses. **Herbage Abstracts**, v.38, p.167-176, 1968.
- CORSI, M.; BALSALOBRE, M.A.A.; SANTOS, P.M. et al. Bases para o estabelecimento do manejo de pastagens de braquiária. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11, 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 249-266.
- DAVIDSON, J.L.; MILTHORPE, F.L. Leaf growth in *Dactylis glomerata* following defoliation. **Annals of Botany**, v.30, p.173-184, 1966.
- DAVIES, A. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. **Journal of Agricultural Science**, v.82, p.165-172, 1974.
- DAVIES, A.; THOMAS, H. Rates of leaf and tiller production in young spaced perennial ryegrass plants in relation to soil temperature and solar radiation. **Annals of Botany**, v.57, p.591-597, 1983.
- DEREGIBUS, V.A.; SANCHEZ, R.A.; CASAL, J.J. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. **Plant Physiology**, v.72, p.900-902, 1983.
- DEREGIBUS, V.A.; SANCHEZ, R.A.; CASAL, J.J. et al. Tillering responses to enrichment of red light beneath the canopy in a humid natural grassland. **Journal of Applied Ecology**, v.22, p.199-206, 1985.
- DIAS-FILHO, M.B. Physiological responses of two tropical weeds to shade. I. Growth and biomass allocation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.945-936, 1999.
- DIAS-FILHO, M.B. Growth and biomass allocation of the C₄ grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.2335-2341, 2000.

- DUBLE, R.L.; LANCASTER, J.A.; HOLT, E.C. Forage characteristics limiting animal performance of warm-season perennial grasses. **Agronomy Journal**, v.63, p.795-798, 1971.
- DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive leaves on a Cocksfoot tiller. Ontogenic development and effect of temperature. **Annals of Botany**, v.85, p.635-643, 2000a.
- DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive leaves on a Cocksfoot tiller. Effect of nitrogen and cutting regime. **Annals of Botany**, v.85, p.645-653, 2000b.
- DURU, M.; DUCROCQ, H. A model of lamina digestibility of Orchardgrass as influenced by nitrogen and defoliation. **Crop Science**, v.42, p.214-223, 2002.
- EDWARDS, G.R.; PARSONS, A.J.; PENNING, P.D. et al. Relationship between vegetation state and bite dimensions of sheep grazing contrasting plant species and its implications for intake rate and diet selection. **Grass and Forage Science**, v.50, p.378-388, 1995.
- EUCLIDES, V.P.B.; EUCLIDES FILHO, K.; ARRUDA, Z.J. et al. Desempenho de novilhos em pastagens de *Brachiaria decumbens* submetidos a diferentes regimes alimentares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p. 246-254, 1998.
- EUCLIDES, V.P.B.; THIAGO, L.R.L.S.; MACEDO, M.C.M. et al. Consumo voluntário de forragem de três cultivares de *Panicum maximum* sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p. 1177-1185, 1999.
- EUCLIDES, V.P.B.; EUCLIDES FILHO, K.; COSTA, F.P. et al. Desempenho de novilhos F1s Angus-Nelore em pastagens de *Brachiaria decumbens* submetidos a diferentes regimes alimentares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p. 470-481, 2001.
- FAGUNDES, J.L.; SIVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. et al. Intensidades de pastejo e a composição morfológica de pastos de *Cynodon* spp. **Scientia Agricola**, v.56, p. 897-908, 1999.
- FAURIE, O.; SOUSSANA, J.F.; SINOQUET, H. Radiation interception, partitioning and use in grass-clover mixtures. **Annals of Botany**, v.77, p.35-45, 1996.
- FLORES, E.R.; LACA, E.; GRIGGS, T.C. et al. Sward height and vertical morphological differentiation determine cattle bite dimensions. **Agronomy Journal**, v.85, p.527-532, 1993.
- FORAGE AND GRAZING TERMINOLOGY COMMITTEE. Terminology for grazing lands and grazing animals. **J. Prod. Agric.**, v.5, p.191-201, 1992.
- FRANK, A.B.; RIES, R.E. Effect of soil water, nitrogen, and growing degree-days on morphological development of crested and western wheat-grass. **Journal of Range Management**, v.43, p.257-260, 1990.
- FULKERSON, W.J.; DONAGHY, D.J. Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence – key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.41, p.261-275, 2001.

- FURTUOSO, M.C.O.; GUILHOTO, J.J.M. **PIB do Agronegócio 1994-1999**: PIB do Agronegócio brasileiro confirma dinamismo do setor. Disponível em <<http://www.cna.org.br>>. Acesso em: 02 dez. 2002a.
- FURTUOSO, M.C.O.; GUILHOTO, J.J.M. **PIB do Agronegócio 2000**: PIB do Agronegócio aponta estagnação em 2000. Disponível em <<http://www.cna.org.br>>. Acesso em: 02 dez. 2002b.
- GARCEZ NETO, A.F.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; REGAZZI, A.J. et al. Respostas Morfogênicas e Estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p. 1890-1900, 2002.
- GASTAL, F.; BÉLANGER, G.; LEMAIRE, G. A model of leaf extension rate of Tall Fescue in response to nitrogen and temperature. **Annals of Botany**, v.70, p.437-442, 1992.
- GIBB, M.J.; TREACHER, T.T. The effect of herbage allowance on herbage intake and performance of lambs grazing perennial ryegrass and red clover swards. **Journal of Agricultural Science**, v.86, p.355-365, 1976.
- GOMIDE, J.A. Fisiologia do crescimento livre de plantas forrageiras. In: A.M. PEIXOTO *et al.* (EE.). **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FEALQ, 1994. 2.ed. p. 1-14.
- GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A. Morfogênese de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p. 341-348, 2000.
- GOMIDE, J.A.; OBEID, J.A.; RODRIGUES, L.R.A. Fatores morfofisiológicos de rebrota do capim-colonião *Panicum maximum*. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.8, p. 532-562, 1979.
- GONG, Y.; HODGSON, J.; LAMBERT, M.G.; et al. Short-term ingestive behaviour of sheep and goats grazing grasses and legumes. 1. Comparison of bite weight, bite rate, and bite dimensions for forages at two stages of maturity. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.39, p.63-73, 1996a.
- GONG, Y.; HODGSON, J.; LAMBERT, M.G.; et al. Short-term ingestive behaviour of sheep and goats grazing grasses and legumes. 2. Quantitative relationships between sets of sward and ingestive behaviour variables. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.39, p.75-82, 1996b.
- GRANT, S.A.; BARTHAM, G.T.; TORVELL, L. Components of regrowth in grazed and cut *Lolium perenne* swards. **Grass and Forage Science**, v.36, p.155-168, 1981.
- GRANT, S.A.; BARTHAM, G.T.; TORVELL, L. et al. Sward management, lamina turnover and tiller population density in continuously stocked *Lolium perenne*-dominated swards. **Grass and Forage Science**, v.38, p.333-344, 1983.
- GRANT, S.A.; BARTHAM, G.T.; TORVELL, L. et al. Comparison of herbage production under continuous stocking and intermittent grazing. **Grass and Forage Science**, v.43, p.29-39, 1988.
- HERBEL, C.H.; ARES, F.N.; WRIGHT, R.A. Drought effects on a semidesert grassland range. **Ecology**, v.53, p.1084-1093, 1972.

- HERNANDEZ, M.; ARGEL, P.J.; IBRAHIM, M.A. et al. Pasture production, diet selection and liveweight gains of cattle grazing *Brachiaria brizantha* with or without *Arachis pintoii* at two stocking rates in the Atlantic zone of Costa Rica. **Tropical Grasslands**, v.29, p.134-141, 1995.
- HERNÁNDEZ GARAY, A.; MATTHEW, C.; HODGSON, J. Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. **Grass and Forage Science**, v.54, p.347-356, 1999.
- HODGSON, J. The frequency of defoliation of individual tillers in a set-stocked sward. **The Journal of the British Grassland Society**, v.21, p.258-263, 1966.
- HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. Harlow: Longman Scientific & Technical, 1990. 203p.
- HODGSON, J.; SILVA, S.C. Options in tropical pasture management. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. (cd-rom)
- HORST, G.L.; NELSON, C.J.; ASAY, K.H. Relationship of leaf elongation to forage yield of tall fescue genotypes. **Crop Science**, v.18, p.715-719, 1978.
- HUNT, L.A. Some implications of death and decay in pasture production. **The Journal of the British Grassland Society**, v.20, p.27-31, 1965.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Contas Nacionais Trimestrais**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 02 dez. 2002.
- JOHNSON, I.R.; PARSONS, A.J. Use of a model to analyse the effects of continuous grazing managements on seasonal patterns of grass production. **Grass and Forage Science**, v.43, p.449-458, 1985.
- JÖNSSON, H.A. Light interception and dry matter yield in grass/legume mixtures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, 2001, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. (cd-rom).
- KORTE, C.J.; WATKIN, B.R.; HARRIS, W. Use of residual leaf area index and light interception as criteria for spring-grazing management of ryegrass dominant pasture. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.25, p.309-319, 1982.
- LACA, E.A.; LEMAIRE, G. Measuring Sward Structure. In: MANNETJE, L., JONES, R.M. eds . **Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research**. Wallingford: CABI Publishing, 2000. p.103-121.
- LACA, E.A.; UNGAR, E.D.; SELIGMAN, N., et al. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. **Grass and Forage Science**, v.47, p.91-102, 1992.
- LAMBERS, H. Does variation in photosynthetic rate explain variation in growth rate and yield? **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.35, p.505-519, 1987.
- LARCHER, W. **Physiological plant ecology**. Berlin: Springer, 1995. 506p.
- LAWLOR, D.W. Photosynthesis, productivity and environment. **Journal of Experimental Botany**, v.46, p.1449-1461, 1995a.

- LAWLOR, D.W. The effects of water deficit on photosynthesis. In: SMIRNOFF, N. (Ed.). **Environment and plant metabolism: flexibility and acclimation**. Oxford: Bios Scientific Publishers, 1995b. p.129-187.
- LEMAIRE, G. The physiology of grass growth under grazing: tissue turnover. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997. p. 117-144.
- LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p.3-36.
- LINK, S.O.; BOLTON JUNIOR, H.; THIEDE, M.E. et al. Responses of downy brome to nitrogen and water. **Journal of Range Management**, v.48, p.290-297, 1995.
- LUCERO, D.W.; GRIEU, P.; GUCKERT, A. Water deficit and plant competition effects on ^{14}C assimilate partitioning in the plant-soil system of white clover (*Trifolium repens* L.) and rye-grass (*Lolium perenne* L.). **Soil biology & biochemistry**, v.34, p.1-11, 2002.
- MACHADO, C.F.; Di CROCE, F.; GONZALEZ, F. et al. Effects of herbage allowance upon animal performance and grazing behavior of strip-grazed heifers. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, 2001, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. (cd-rom).
- MANNETJE, L. Relations between pasture attributes and liveweight gains on a subtropical pasture. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 12, 1974, Moscow. **Proceedings...** Moscow: s. ed., 1974. p.299-304.
- MARASCHIN, G.E. Relembrando o passado, entendendo o presente e planejando o futuro: uma herança em forrageiras e um legado em pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. p. 113-179.
- MARRIOT, C.A.; BARTHAM, G.T.; BOLTON, G.R. Seasonal dynamics of leaf extension and losses to senescence and herbivory in extensively managed sown ryegrass-white clover swards. **Journal of Agricultural Science**, v.132, p.77-89, 1999.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MATTHEW, C.; LEMAIRES, G.; SACKVILLE HAMILTON, N.R. et al. A modified self-thinning equation to describe size/density relationships for defoliated swards. **Annals of Botany**, v.76, p.579-587, 1995.
- MAZZANTI, A.; LEMAIRES, G. The effect of nitrogen fertilization upon the herbage production of tall fescue swards continuously grazed by sheep. 2. Consumption and efficiency of herbage utilization. **Grass and Forage Science**, v.49, p.352-359, 1994.
- MAZZANTI, A.; LEMAIRES, 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**, v.49, p.111-120, 1994.

- McKENZIE, B.A.; KEMP, P.D.; MOOT, D.J. et al. Environmental effects on plant growth and development. In: WHITE, J.; HODGSON, J. (Eds.). **New Zealand pasture and crop science**. Oxford: Oxford University Press, 1999. p.29-44.
- McNAUGHTON, S.J. Physiological and ecological implications of herbivory. In: Lange, O.L., Nobel, P.S., Osmond, C.B. (Eds.). **Encyclopedia of plant physiology: responses to the chemical and biological environment**. Berlin: Springer, 1983. V.12C, p. 657-677.
- MELLO, A.C.L.; SANTOS, P.M.; PEDREIRA, C.G.S. et al. Photosynthetic light response of Tanzania grass under four levels of leaf temperature. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, 2001, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. (cd-rom).
- MENDES, L.A. **Efeito de doses de nitrogênio em gramíneas do gênero *Cynodon***. Lavras: UFLA, 2000. 56p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, 2000.
- MERCHANT, M.; RIACH, D.J. The intake and performance of cashmere goats grazing sown swards. **Grass and Forage Science**, v.49, p.429-437, 1994.
- MISTURA, C. **Doses crescentes de nitrogênio e fósforo na produção e qualidade do capim elefante anão (*Pennisetum purpureum* Schum.) cv. Mott**. Pelotas: UFPel 2001. 75p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Pelotas, 2001.
- MOTT, G.O. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 8, 1960, Reading. **Proceedings...** Oxford: Alden Press, 1960. p.606-611.
- MOTT, G.O. Potential productivity of temperate and tropical grassland systems. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 14, 1981, Lexington. **Proceedings...** Boulder: Westview Press, 1983. p.35-42.
- NASCIMENTO JÚNIOR, D. Ecosistemas de pastagens cultivadas. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: manejo de pastagens de Tifton, Coastcross e Estrela, 15, 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 271-296.
- NELSON, C.J.; ZARROUGH, K.M. Tiller density and tiller weight as yield determinants of vegetative swards. In: OCCASIONAL SYMPOSIUM – PLANT PHYSIOLOGY AND HERBAGE PRODUCTION, 13, 1981, England. **Proceedings...** England: British Grassland Society, 1981. p.25-29.
- OLIVEIRA, M.A.; PEREIRA, O.G.; MARTINEZ Y HUAMAN, C.A. et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-bermuda ‘Tifton 85’ (*Cynodon* spp) em diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p. 1939-1948, 2000(suplem.1).
- PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, J.A.; RIBEIRO, K.G. Adubação nitrogenada do capim- elefante cv. Mott. 1. Rendimento forrageiro e características morfofisiológicas ao atingir 80 e 120 cm de altura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p. 1069-1075, 1998.
- PARSONS, A.J.; PENNING, P.D. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. **Grass and Forage Science**, v.43, p.15-27, 1988.

- PARSONS, A.J.; LEAFE, E.L.; COLLETT, B. et al. The physiology of grass production under grazing. I. Characteristics of leaf and canopy photosynthesis of continuously-grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, v.20, p.117-126, 1983a.
- PARSONS, A.J.; LEAFE, E.L.; COLLETT, B. et al. The physiology of grass production under grazing. II. Photosynthesis, crop growth and animal intake of continuously-grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, v.20, p.127-139, 1983b.
- PARSONS, A.J.; JOHNSON, I.R.; WILLIAMS, J.H.H. Leaf age structure and canopy photosynthesis in rotationally and continuously grazed swards. **Grass and Forage Science**, v.43, p.1-14, 1988a.
- PARSONS, A.J.; JOHNSON, I.R.; HARVEY, A. Use of a model to optimize the interaction between frequency and severity of intermittent defoliation and to provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. **Grass and Forage Science**, v.43, p.49-59, 1988b.
- PEACOCK, J.M. Temperature and leaf growth in *Lolium perenne*. I. The thermal microclimate: its measurement and relation to crop growth. **Journal of Applied Ecology**, v.12, p.99-113, 1975.
- PEARCE, R.B.; BROWN, R.H.; BLASER, R.E. Relationships between leaf area index, light interception and net photosynthesis in orchardgrass. **Crop Science**, v.5, p.553-556, 1965.
- PEARSE, P.J.; WILMAN, D. Effects of applied nitrogen on grass leaf initiation, development and death in field swards. **Journal of Agricultural Science**, v.103, p.405-413, 1984.
- PETTIT, R.D.; DEERING, D.W. Yield and protein content of sandyland range forages as affected by three nitrogen fertilizers. **Journal of Range Management**, v.27, p.211-213, 1974.
- PINTO, J.C.; GOMIDE, J.A.; MAESTRI, M. Produção de matéria seca e relação folha caule de gramíneas forrageiras tropicais, cultivadas em vasos com duas doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, p.313-326, 1994.
- RHODES, I. Productivity and canopy structure of two contrasting varieties of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) grown in a controlled environment. **The Journal of the British Grassland Society**, v.26, p.9-15, 1971a.
- RHODES, I. The relationship between productivity and some components of canopy structure in ryegrass (*Lolium* spp.). **Journal of Agricultural Science**, v.77, p.283-292, 1971b.
- RICHARDS, J.H. Physiology of plant recovering from defoliation. In: BAKER, M.J. (Ed.). **Grasslands for our world**. Wellington: SIR Publishing, 1993. p.46-54.
- ROBSON, M.J. The growth and development of simulated swards of perennial ryegrass. I. Leaf growth and dry weight change as related to the ceiling yield of a seedling sward. **Annals of Botany**, v.37, p.487-500, 1973a.
- ROBSON, M.J. The growth and development of simulated swards of perennial ryegrass. II. Carbon assimilation and respiration in a seedling sward. **Annals of Botany**, v.37, p.501-518, 1973b.

- ROBSON, M.J. Potential production – what is it and can we increase it?. In: OCCASIONAL SYMPOSIUM – PLANT PHYSIOLOGY AND HERBAGE PRODUCTION, 13, 1981, England. **Proceedings...** England: British Grassland Society, 1981. p.5-17.
- RYLE, G.J.A. A comparison of leaf and tiller growth in seven perennial grasses as influenced by nitrogen and temperature. **The Journal of the British Grassland Society**, v.19, p.281-290, 1964.
- SANTOS, P.M. **Controle do desenvolvimento das hastes no capim Tanzânia: um desafio**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2002. 98p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, 2002.
- SBRISSIA, A.F.; SILVA, S.C.; CARVALHO, C.A.B. et al. Tiller size/population density compensation in grazed coastcross bermudagrass swards. **Scientia Agricola**, v.58, p. 655-665, 2001.
- SHEEHY, J.E.; COOPER, J.P. Light interception, photosynthetic activity, and crop growth rate in canopies of six temperate forage grasses. **Journal of Applied Ecology**, v.10, p.239-249, 1973.
- SILSBURY, J.H. Leaf growth in pasture grasses. **Tropical Grasslands**, v.4, p.17-36, 1970.
- SILVA, F.F. **Desempenho, características de carcaça, composição corporal e exigências nutricionais (energia, proteína, aminoácidos e macrominerais) de novilhos nelore, nas fases de recria e engorda, recebendo diferentes níveis de concentrado e proteína**. Viçosa: UFV, 2001. 211p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Effect of tiller trimming on phyllochron and tillering regulation during tall fescue development. **Crop Science**, v.34, p.1267-1273, 1994.
- SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v.35, p.4-10, 1995.
- SMITH, H. Light quality, photoperception, and plant strategy. **Annual Review of Plant Physiology**, v.33, p.481-518, 1982.
- SPRINGER, T.L.; TALIAFERRO, C.M. Nitrogen fertilization of Buffalograss. **Crop Science**, v.41, p.139-142, 2001.
- STOBBS, T.H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. II. Differences in sward structure, nutritive value, and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.24, p.821-829, 1973.
- SUGIYAMA, S.; YONEYAMA, M.; TAKAHASHI, N. et al. Canopy structure and productivity of *Festuca arundinacea* Schreb. swards during vegetative and reproductive growth. **Grass and Forage Science**, v.40, p.49-55, 1985.
- TIESZEN, L.L.; DETLING, J.K. Productivity of grassland and tundra. In: Lange, O.L. et al. (EE.). **Encyclopedia of plant physiology – Ecosystem processes: mineral cycling, productivity and man's influence**. Berlin: Springer-Verlag, 1983. V.12D, p. 173-203.

- UEBELE, M.C. **Padrões demográficos de perfilhamento e produção de forragem em pastos de capim Mombaça submetidos a regimes de lotação intermitente.** Piracicaba: ESALQ/USP, 2002. 83p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, 2002.
- ULYATT, M.J. The feeding value of herbage. In: BUTLER, G.W.; BAILEY, R.W. **Chemistry and biochemistry of herbage.** London: Academic Press, 1973. v.3, p.131-178.
- UNRUH, J.B.; GAUSSION, R.E.; WIEST, S.C. Basal growth temperatures and growth rate constants of warm-season turfgrass species. **Crop Science**, v.36, p.997-999, 1996.
- Van ESBROECK, G.A.; HUSSEY, M.A.; SANDERSON, M.A. Leaf appearance rate and final leaf number of switchgrass cultivars. **Crop Science**, v.37, p.864-870, 1997.
- Van SOEST, P.J. Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. **Journal of Animal Science**, v.24, p.834-843, 1965.
- VICKERY, P.J.; BRINK, V.C.; ORMROD, D.P. Net photosynthesis and leaf area index relationships in swards of *Dactylis glomerata* under contrasting defoliation regimes. **The Journal of the British Grassland Society**, v.26, p.85-90, 1971.
- VOLENEC, J.J.; NELSON, C.J. Carbohydrate metabolism in leaf meristems of Tall Fescue. **Plant Physiology**, v.74, p.595-600, 1984.
- WADE, M.H.; CARVALHO, P.C.F. Defoliation patterns and herbage intake on pastures. In: LEMAIRE, G. et al. (EE.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology.** Wallingford: CAB International, 2000. p.233-248.
- WALKER, J.W. Viewpoint: grazing management and research now and in the next millennium. **Journal of Range Management**, v.48, p.350-357, 1995.
- WAN, C.; SOSEBEE, R.E. Tillering responses to red:far-red light ratio during different phenological stages in *Eragrostis curvula* **Environmental and Experimental Botany**, v.40, p.247-254, 1998.
- WILSON, R.E.; LAIDLAW, A.S. The role of the sheath tube in the development of expanding leaves in perennial ryegrass. **Annals of Applied Biology**, v.106, p.385-391, 1985.
- WILSON, J.R.; MINSON, D.J. Prospects for improving the digestibility and intake of tropical grasses. **Tropical Grasslands**, v.14, p.253-259, 1980.
- WOLEDGE, J. The effect of light intensity during growth on the subsequent rate of photosynthesis of leaves of Tall Fescue (*Festuca arundinacea* Schreb). **Annals of Botany**, v.35, p.311-322, 1971.
- WOLEDGE, J. The photosynthesis of ryegrass leaves grown in a simulated sward. **Annals of Applied Biology**, v.73, p.229-237, 1973.
- WOLEDGE, J. The effects of shading and cutting treatments on the photosynthetic rate of ryegrass leaves. **Annals of Botany**, v.41, p.1279-1286, 1977.

- WOLEDGE, J. The effects of shading during vegetative and reproductive growth on the photosynthetic capacity of leaves in a grass sward. **Annals of Botany**, v.42, p.1085-1089, 1978.
- WOLEDGE, J.; LEAFE, E.L. Single leaf and canopy photosynthesis in a ryegrass sward. **Annals of Botany**, v.40, p.773-783, 1976.
- ZELITCH, I. The close relationship between net photosynthesis and crop yield. **Bioscience**, v.32, p.796-802, 1982.
- ZHANG, J.; ROMO, J.T. Impacts of defoliation on tiller production and survival in northern wheatgrass. **Journal of Range Management**, v.48, p.115-120, 1995.

CAPÍTULO I

MORFOFISIOLOGIA DO DOSEL DE *PANICUM MAXIMUM* CV. MOMBAÇA SOB LOTAÇÃO INTERMITENTE COM TRÊS PERÍODOS DE DESCANSO

1. INTRODUÇÃO

A morfogênese de plantas é definida como a dinâmica de geração e expansão de órgãos vegetais no tempo e no espaço (Lemaire & Chapman, 1996). O rendimento da gramínea decorre da contínua emissão de folhas e perfilhos, processo importante após o corte ou pastejo para restaurar a área foliar da planta e propiciar a perenidade da pastagem. O entendimento das características morfogênicas permite ao técnico uma visualização da produção e acúmulo de forragem (Bircham & Hodgson, 1983), estimativa da sua qualidade (Binnie & Chestnutt, 1994) e assiste na recomendação de práticas diferenciadas de manejo.

As taxas de aparecimento (TApF) e alongamento (TAIF) de folhas e o tempo de vida das folhas (TVF) constituem as características morfogênicas do dossel que, sob a ação dos fatores de ambiente como luz, temperatura, água e nutrientes, determinam suas características estruturais (Chapman & Lemaire, 1993).

Peacock (1975) relatou alta correlação entre temperatura média diária e TAIF em *Lolium perenne* cv. S24, o que também foi observado por Bélanger (1996) em *Phleum pratense*, trabalhando com temperaturas entre 9 e 18°C. Gastal et al. (1992) ressaltaram que tal correlação ocorre quando não há limitação de nitrogênio, ocorrendo ainda efeito sinérgico do nitrogênio com a temperatura sobre a TAIF de *Festuca arundinacea*, até o limite de 23°C. No seu estudo, a adubação nitrogenada triplicou a TAIF das plantas. A TAIF da folha emergente parece estar relacionada à taxa de alongamento no início da expansão do primórdio foliar (Pearse & Wilman, 1984). O efeito do nitrogênio, por exemplo, em favorecer a TAIF (Bélanger, 1998; Garcez Neto et al., 2002) parece estar relacionado à disponibilidade desse nutriente por ocasião do início do desenvolvimento

do primórdio foliar (Skinner & Nelson, 1995) e seria consequência da multiplicação do número de células na zona meristemática (Volenec & Nelson, 1984).

Por outro lado, a radiação solar apresenta efeito controvertido sobre o crescimento foliar. Ainda que a capacidade fotossintética das folhas sob luz mais intensa seja superior (Woledge, 1973 e 1977) isso não necessariamente implica em maior TAlF, devido ao mecanismo de adaptação das plantas ao ambiente luminoso, reduzindo sua área foliar específica (Dias-Filho 1999 e 2000). Assim é que Gastal et al. (1992) observaram ligeira redução na TAlF com o aumento da intensidade luminosa em *Festuca arundinacea*. Nesse sentido, vários ensaios de pastejo sob lotação contínua têm relatado elevação na TAlF com aumento da altura do dossel (Grant et al., 1983; Binnie & Chestnutt, 1994; Fagundes et al., 1999) ou da oferta de forragem (Grant et al., 1981; Almeida et al., 2000), o que pode ser atribuído ao sombreamento mútuo, desencadeando aumento na área foliar específica dos perfilhos.

A temperatura parece ser o fator climático que mais afeta o aparecimento foliar. Davies & Thomas (1983) verificaram relação linear da TApF de *Lolium perenne* com a temperatura do solo até o limite de 17°C; acima desse valor, a TApF não foi afetada. Anslow (1966) comentou que, de forma geral, a temperatura ótima para maximizar a TApF das gramíneas temperadas estaria em torno de 25°C.

O nitrogênio também favorece a TApF, como foi verificado para a cultivar Tanzânia de *Panicum maximum* por Garcez Neto et al. (2002), embora em menor intensidade que seu efeito sobre a TAlF (Bélanger, 1998). Anslow (1966) ressaltou ainda que o efeito do nitrogênio em acelerar a TApF está condicionado a condições de luminosidade favoráveis à assimilação de CO₂, pois a disponibilidade de carboidratos é fundamental para o desenvolvimento foliar. Nesse sentido, esse autor comentou ainda que a desfolhação por si só não parece afetar a TApF. Todavia, se for muito severa e associada a um ambiente pouco iluminado, a TApF pode ser reduzida em virtude do baixo conteúdo de reservas orgânicas da planta.

O TVF é geralmente inversamente relacionado com a TApF. Portanto, os fatores que promovem aceleração na TApF, reduzem o TVF, e vice-versa. Bélanger (1998) relatou redução no TVF de *Phleum pratense* quando da aplicação de nitrogênio em relação ao controle no crescimento primaveril. Contudo, durante o verão não foi observado tal comportamento. Duru & Ducrocq (2000), investigando o crescimento e a senescência de folhas sucessivas na cultivar Lude, de *Dactylis glomerata*, observaram,

ao longo de três anos, que o número médio de folhas senescentes elevou-se de 3,44 no tratamento sem adubação para 4,44 em resposta à adubação nitrogenada.

Por sua vez, maior radiação solar, que promove elevação na TApF, parece reduzir a TSF. Os dados de Bélanger (1998) sugerem que a senescência foi protelada na primavera em relação ao verão, provavelmente pela maior incidência de RFA na primavera. A partir dessa informação, pode-se inferir que a maior TSF relatada por Binnie & Chestnutt (1994) e por Bircham & Hodgson (1983) nos dosséis mantidos mais altos, sob lotação contínua, decorreria do seu maior sombreamento mútuo, reduzindo a incidência de luz no interior do dossel. Fagundes et al. (1999) também relataram maior proporção de material morto no dossel mantido mais alto sob lotação contínua.

As variáveis morfogênicas, por sua vez, determinam as características estruturais do dossel: número e tamanho de folhas e densidade populacional de perfilhos (DPP), responsáveis pelo índice de área foliar (IAF). Este, condicionado pelo manejo, influencia o número de perfilhos e o alongamento foliar (Chapman & Lemaire, 1993), afetando o rendimento de massa seca da pastagem.

Durante o crescimento após uma desfolhação, o dossel experimenta uma fase de acúmulo de forragem, em função da defasagem entre os processos de crescimento e senescência foliares (Parsons et al., 1983). A partir de certo ponto, o processo de senescência se intensifica (Hunt, 1965), posteriormente igualando o processo de crescimento, quando então é atingido o rendimento teto (Robson, 1973). Do ponto de vista da morfogênese, tal fenômeno pode ser monitorado por meio do número de folhas verdes por perfilho, que assume constância razoável para cada espécie ou cultivar (Mitchell, 1953; Hunt, 1965; Sislbury, 1970; Corsi et al., 1994; Marriot et al., 1999; Gomide & Gomide, 2000; Oliveira et al., 2000).

Assim, o número de folhas vivas mantidas por perfilho pode ser um critério de manejo, já que a senescência de folhas após a estabilização é um dos fatores a comprometer a eficiência de uso da forragem produzida. Portanto, a duração do período de descanso do dossel sob lotação intermitente deve prevenir perdas por senescência e intenso alongamento das hastes. De outra forma, pastejos muito frequentes, antes de estabilizado o número de folhas, podem exaurir as reservas orgânicas da planta (Fulkerson & Slack, 1994) e prejudicar o perfilhamento (Fulkerson & Slack, 1995), comprometendo a persistência da pastagem e a produção de forragem (Drudi & Favoretto, 1987).

A duração do período de descanso pode afetar também o acúmulo de forragem, mediante alterações nas características estruturais do dossel que, em última instância, afetam o seu crescimento.

A DPP, importante componente do rendimento forrageiro, é afetada pela estrutura do dossel. Estudos têm mostrado redução no peso e aumento no número de perfilhos (Hirata, 1993; Zarrouh & Nelson, 1980; Skinner & Nelson, 1994; Pinto et al., 1994; Carvalho et al., 2000) quando aumenta a incidência de luz na base do dossel, o que é obtido pelo emprego de maior frequência e/ou intensidade de desfolhação. Sob desfolhação infreqüente, a tendência é haver menor número de perfilhos (Jones, 1981).

A altura do dossel também é afetada pela duração do período de descanso, pelo controle que a frequência de desfolhação exerce sobre o alongamento das hastes (Gomide & Gomide, 2001; Uebele, 2002). A altura do dossel também se correlaciona com a altura das hastes (Pedreira & Boin, 1969), determinando o horizonte de pastejo (Barthram, 1981; Barthram & Grant, 1984; Flores et al., 1993) e o rendimento de forragem pastejável (Uebele, 2002).

Além do seu efeito sobre a eficiência de utilização da forragem produzida, a altura do dossel, juntamente com a distribuição da folhagem no seu perfil, condiciona a eficiência de utilização da radiação fotossinteticamente ativa interceptada (Rhodes, 1971; Robson, 1981; Sugiyama et al, 1985).

Da combinação de índices morfogênicos e estruturais, resulta a massa do dossel, que ainda é afetada pelo manejo, devido às respostas morfofisiológicas desencadeadas na planta sob desfolhação. Em piquetes sob lotação contínua, têm sido demonstrada a compensação entre tamanho e número de perfilhos, podendo ocorrer ampla faixa de condição do dossel em que o acúmulo permanece inalterado (Bircham & Hodgson, 1983; Mazzanti et al., 1994). Comparando lotações contínua e intermitente, Grant et al. (1988) também verificaram esse fenômeno de homeostase. Na lotação intermitente, em que os animais são removidos do piquete por certo período, houve maior incremento em biomassa e altura, mas de pouca magnitude. Ao ser reduzida a altura de pastejo, abaixo dos 3,5 cm preconizados na lotação contínua, houve redução no IAF, por meio da compensação tamanho/densidade de perfilhos, comprometendo a capacidade fotossintética do dossel no início da rebrotação. De fato, na lotação intermitente, a fotossíntese do dossel logo após o pastejo é reduzida, devido ao seu baixo IAF, e predominância de folhas adultas, mas cresce com o aumento do IAF e da proporção de

folhas emergentes e recém-expandidas durante o período de descanso, ultrapassando a capacidade fotossintética do dossel manejado sob lotação contínua (Parsons et al., 1988). Assim, o acúmulo de forragem varia com o período de descanso adotado.

Esse estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a morfofisiologia do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente, observando períodos de descanso definidos pelo número de novas folhas expandidas por perfilho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Na Central de Experimentação, Pesquisa e Extensão do Triângulo Mineiro (CEPET/UFV), foi conduzido um estudo de morfogênese e estrutura do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente e taxa de lotação variável, com três períodos de descanso. A CEPET situa-se a 18°41' de latitude sul e 49°34' de longitude oeste e as condições climáticas durante o período experimental (novembro de 2000 a março de 2001), registradas por uma estação meteorológica instalada nas proximidades da área experimental, encontram-se dispostas nas Figuras 1 e 2.

A área experimental, de seis ha, foi preparada e semeada após calagem (2 t/ha) em 1998, adubada com fosfato de Araxá (1 t/ha) e manejada sob lotação intermitente na estação de crescimento 1999-2000.

Três tratamentos, períodos de descanso, foram definidos em função do tempo necessário para a expansão de 2,5; 3,5 e 4,5 novas folhas por perfilho, após período de pastejo de seis dias. Como o *Panicum maximum* cv. Mombaça mantém, em média, 3,5 folhas verdes por perfilho (Gomide & Gomide, 2000), o mais longo período de descanso (4,5 novas folhas) propiciou a senescência e morte da primeira folha expandida.

A área experimental foi dividida em seis piquetes por tratamento dos dois maiores períodos de descanso e cinco piquetes sob a frequência de desfolhação de 2,5 folhas, cujas áreas eram inversamente proporcionais à duração dos períodos de descanso, perfazendo, portanto, cinco piquetes de 2.350 m² e seis de 1.600 e 1.200 m², destinados aos tratamentos 2,5; 3,5 e 4,5 folhas, respectivamente. A área variável dos piquetes por tratamento foi adotada como primeira aproximação para se conseguir em todos eles a mesma biomassa de forragem à entrada dos animais em cada piquete. O restante dos seis ha foi utilizado como área de reserva.

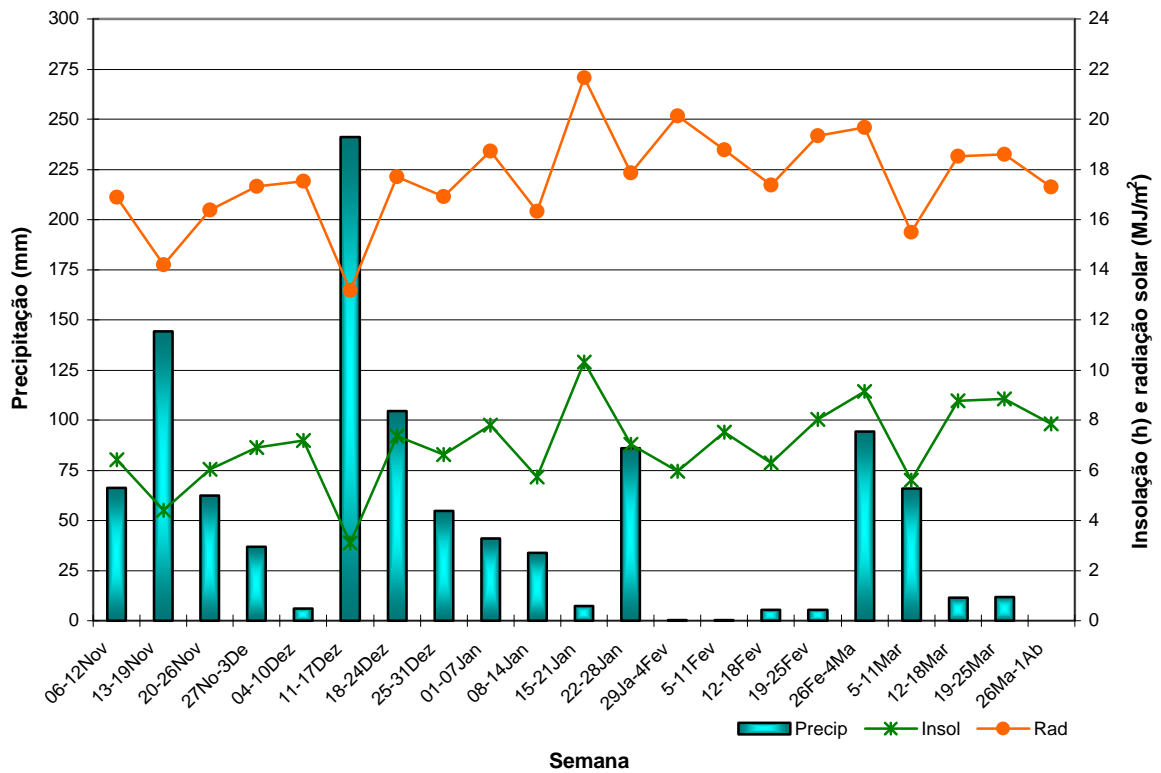


Figura 1 – Regime pluviométrico, de radiação e de insolação durante o período experimental.

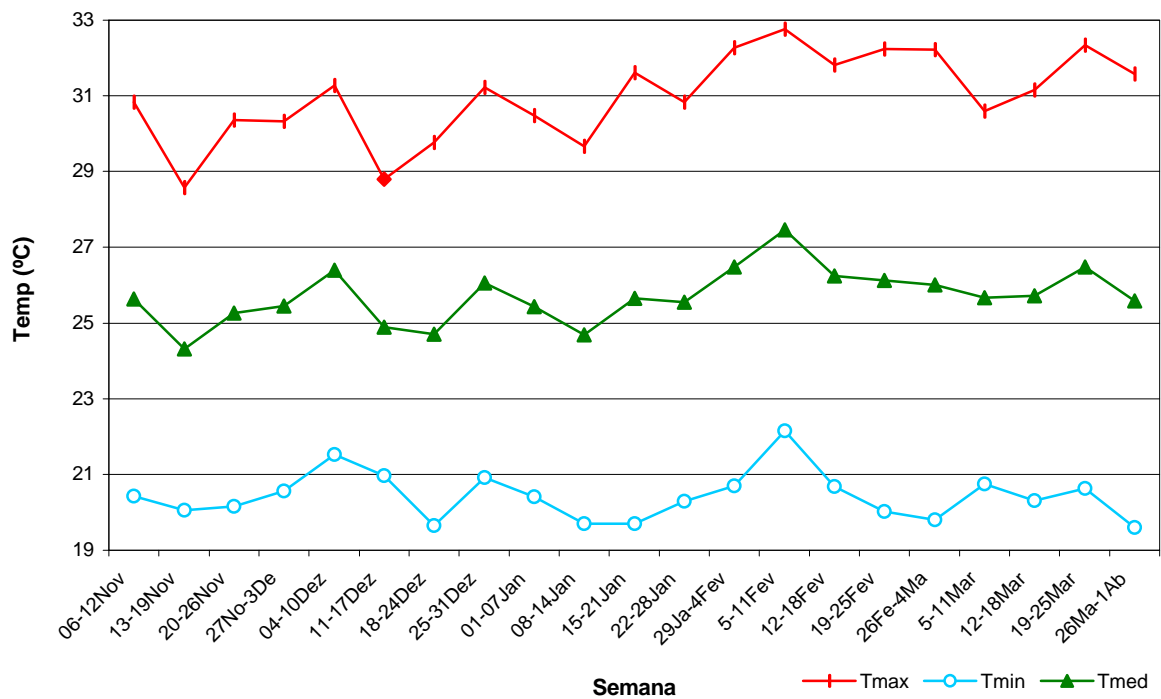


Figura 2 – Flutuação semanal nas temperaturas máxima, média e mínima do ar durante o período experimental.

Para o condicionamento do sistema de lotação intermitente, no início do período experimental, foi efetuada roçada mecânica por meio de uma segadora-condicionadora, após pastejo pelos novilhos para o consumo do excesso de forragem. A altura da roçada foi de 20 cm, correspondente à altura em que seriam efetuadas as estimativas de massa de forragem pelo método agrônômico. A roçada foi efetuada de forma escalonada, ou seja, no dia seis de novembro foi roçado o primeiro piquete de cada um dos períodos de descanso preconizados (2,5; 3,5 e 4,5 folhas); no dia 12 de novembro, o segundo piquete de cada um dos sistemas intermitentes e assim sucessivamente, até que o último piquete de cada sistema fosse roçado um dia antes do primeiro piquete completar o período de descanso, quando este recebeu os novilhos para o primeiro pastejo (Figura 3). A diferença de seis dias entre as roçadas sucessivas obedece ao critério de seis dias de período de pastejo estabelecido para cada piquete.

Imediatamente após a roçada mecânica, foi efetuada adubação de manutenção em cada piquete, por meio da mistura 20-5-20, na dose de N, K₂O e P₂O₅ de 50, 12,5 e 50 kg/ha, respectivamente. Tal aplicação, na mesma dose, foi repetida em meado do experimento, anteriormente às avaliações do Crescimento 2 do ensaio de análise de crescimento (capítulo II desta tese). A área de reserva foi adubada com a mesma dose e periodicidade adotada para os piquetes.

Foram utilizados 15 novilhos mestiços (holandês x zebu), como animais de prova, além de outros como animais de equilíbrio. Cinco animais de prova, sorteados a cada tratamento (período de descanso), pastejaram durante seis dias em cada piquete do respectivo tratamento, de forma sucessiva. Na indisponibilidade de piquetes suficientes para totalizar o ciclo de pastejo dos sistemas sob período de descanso de 3,5 e 4,5 folhas, os respectivos novilhos de prova foram conduzidos para a área de reserva até que fosse atingida a condição de entrada no primeiro piquete para dar início a um novo ciclo de pastejo. Novilhos extras (animais de equilíbrio), pastejando na área de reserva, foram conduzidos aos piquetes em pastejo, quando necessário, para garantir que ao final do 6^o dia a vegetação apresentasse IAF em torno de 2,0. Esse IAF residual representa a média de um IAF residual no início do experimento de 1,5, adotado a partir da condição de rebrotação satisfatória do dossel relatada por Gomide (2001); e de um IAF residual de 2,5 após meado do experimento, estabelecido em razão do comprometimento do desempenho animal inferido por ocasião das primeiras pesagens dos novilhos de prova.

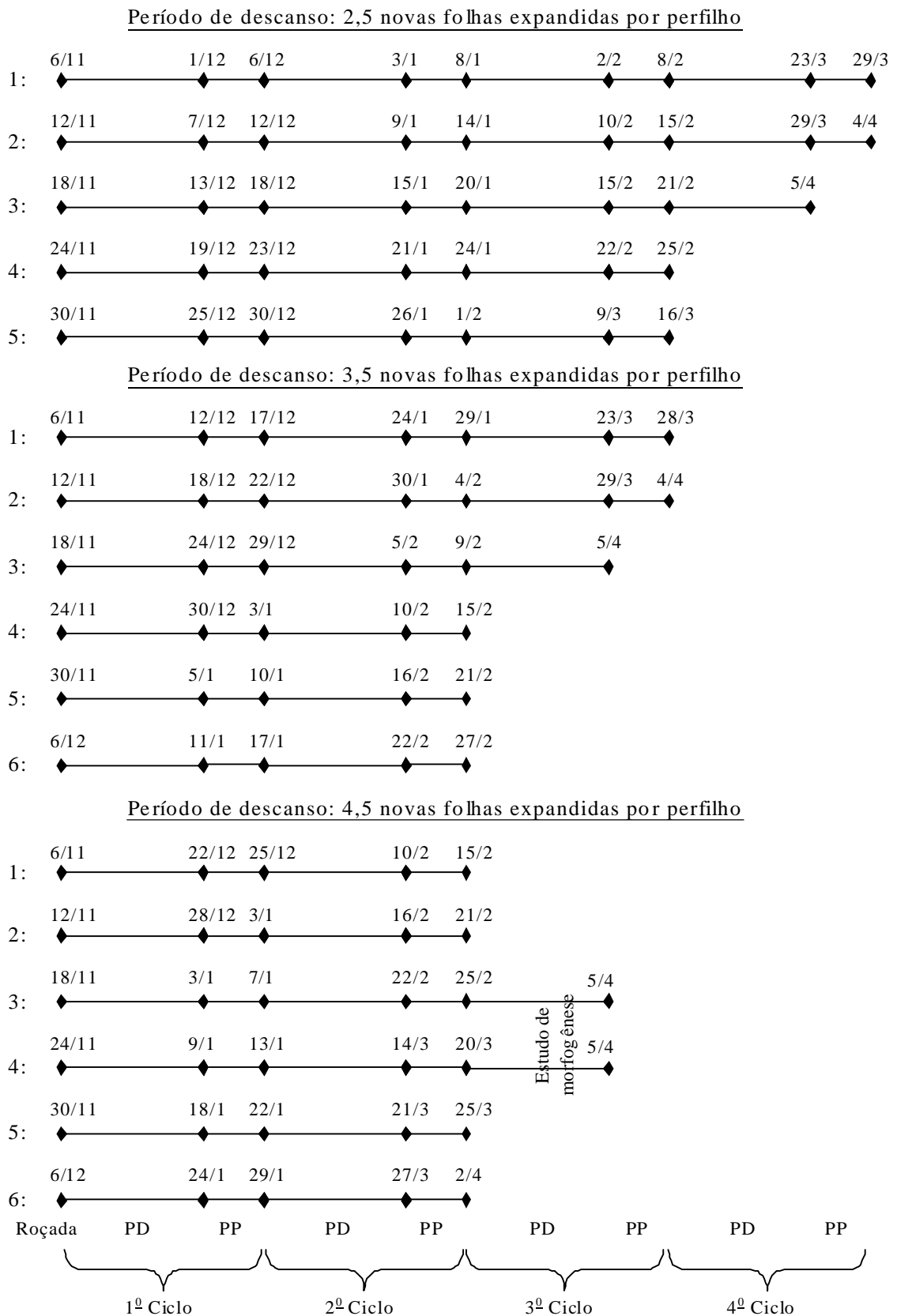


Figura 3 – Organograma de manejo e utilização dos piquetes durante o período experimental (PD = período de descanso; PP = período de pastejo).

Sua estimativa durante o período de pastejo, foi de forma indireta, baseando-se na acuidade visual adquirida durante o ensaio de análise de crescimento após a roçada (capítulo II desta tese), associada a estimativas diárias da altura do dossel. Ao final do período experimental, foram feitas novas medições com o Sistema de Análise do Dossel (SunScan, da Delta-T), que atestaram a aproximação das estimativas indiretas efetuadas (IAF de 2,7, na média dos três tratamentos).

Durante os períodos de descanso, acompanhou-se a evolução da morfogênese da cv. Mombaça de *Panicum maximum*. Em piquetes submetidos a cada um dos três períodos de descanso, foram marcadas seis touceiras após a saída dos animais, três em cada um de dois piquetes de cada tratamento que foram mudados a cada novo ciclo de pastejo. Em cada uma das touceiras, três perfilhos foram identificados aleatoriamente com anéis coloridos de fio telefônico, aos quais foram atadas fitas coloridas da mesma cor para facilitar sua localização. Nos referidos perfilhos registrou-se, a cada cinco dias, o comprimento total e o da porção verde de cada uma das lâminas foliares não completamente mortas a partir da lígula da própria folha - quando já expandida, ou da lígula da folha mais recentemente expandida - em se tratando de folha emergente. O comprimento da porção senescente foi obtido pela diferença entre o comprimento total da lâmina foliar ao tempo de sua completa expansão e o comprimento da porção ainda verde. Estimou-se, ainda, o alongamento das hastes, como a diferença de comprimento entre a lígula mais distante da base do colmo e esta, por ocasião da primeira e última leituras, durante o período de medição. A fim de se aumentar a representatividade das estimativas, a cada novo ciclo de medições, novos perfilhos foram marcados.

Ao final de cada período de descanso, foram colhidos nos piquetes onde foram feitas as medições morfogênicas, trinta perfilhos de forma aleatória, com o intuito de expressar o crescimento linear em termos de crescimento ponderal. Foram levados ao laboratório e separados em hastes, lâmina de folha expandida e lâmina de folha emergente. Cada uma dessas frações teve o seu comprimento registrado, sendo então submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada a 65°C, durante 72 horas e pesadas, obtendo-se um índice de peso por unidade de comprimento de lâmina foliar emergente (α_1), um índice de peso por unidade de comprimento de lâmina foliar adulta (α_2) e outro para hastes (β).

Assim, foi possível estimar a taxa de acúmulo de forragem (TAF) durante o período de descanso, a partir das taxas de alongamento (TAIF) e senescência (TSF) de lâmina foliar, da taxa de alongamento das hastes (TAIH) e da densidade populacional de perfilhos (DPP), conforme a seguinte equação, adaptada de Davies (1993):

$$TAF_i = \{[(TAIF \times \alpha_1) - (TSF \times \alpha_2)] + (TAIH \times \beta)\} \times DPP_i$$

onde,

TAF_i = taxa de acúmulo de forragem durante o período de descanso i (kg MS/ha \times dia);

$TAIF$ = taxa de alongamento de lâmina foliar (cm/perf \times dia);

α_1 = índice de peso por unidade de comprimento de lâmina foliar emergente (g/cm);

TSF = taxa de senescência de lâmina foliar (cm/perf \times dia);

α_2 = índice de peso por unidade de comprimento de lâmina foliar adulta (g/cm);

$TAIH$ = taxa de alongamento das hastes (cm/perf \times dia);

β = índice de peso por unidade de comprimento de hastes (g/cm);

DPP_i = densidade populacional de perfilhos no início do período de descanso i (perf/ha).

Durante o período de descanso, acompanhou-se a geração de novas folhas no perfilho. Considerou-se como nova folha aquela que apresentava a lígula exposta. Registrou-se o número de novas folhas expandidas por perfilho durante o período de medição. A TApF foi calculada dividindo-se o número de novas folhas formadas pelo total de graus-dia acumulado correspondente ao intervalo de tempo para formação dessas folhas.

Para uma boa acurácia da estimativa do inverso da TApF, o filocrono, em termos de graus-dia, faz-se necessária a determinação da temperatura basal da espécie (Unruh et al., 1996; Bonhomme, 2000). Na impossibilidade de se determinar tal variável fisiológica no presente experimento, foi adotada a temperatura basal de 13,8°C, determinada por Garcez Neto et al. (2002) para *Panicum maximum* cv. Mombaça em condições de casa de vegetação.

O total de graus-dia (°C-dia) acumulado no período de medição foi calculado somando-se a quantidade de unidades térmicas diárias experimentadas pela gramínea, segundo a fórmula, extraída de Ometto (1981):

$$GD_i = \frac{(T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}}) + (T_{\text{mín}} - T_b)}{2}$$

onde,

GD = total de graus acumulado durante o dia i (°C);

T_{máx} = temperatura máxima do dia i (°C);

T_{mín} = temperatura mínima do dia i (°C);

T_b = temperatura basal da cultivar em estudo (°C).

O tempo de vida da folha (TVF) foi estimado pelo emprego da seguinte fórmula, descrita por Lemaire & Agnusdei (1999):

$$TVF = NFVP \times \text{Filocrono}$$

onde,

TVF = tempo de vida da folha (dias);

NFVP = número de folhas vivas por perfilho (adimensional);

Filocrono = intervalo de tempo para o aparecimento de duas lígulas sucessivas no perfilho (dias).

Ainda foi estimado o número médio de novas folhas expandidas no perfilho ao final do período de descanso. Um ou dois dias antes da entrada dos animais no piquete foram amostrados dez perfilhos, contadas suas novas folhas, atribuindo-se o escore 0,5 àquela ainda emergente e calculada a média para confirmar *in loco* a condição preestabelecida para início do pastejo.

Ao final de cada período de descanso - anteriormente à entrada dos animais, foram feitas as seguintes avaliações nos piquetes pertinentes:

a) Altura do dossel, estimada medindo-se a altura em 30 pontos por piquete, utilizando-se uma régua graduada;

b) Colheita de biomassa total acima de 20 cm do solo, em duas molduras de 1×1 m por piquete. Tais amostras foram levadas ao laboratório, sendo então separado o material vivo do material morto e em seguida as lâminas foliares das hastes do material vivo, que foram secos em estufa de ventilação forçada a 65°C e pesados. A partir dos dados obtidos, estimou-se a massa seca de lâminas foliares verdes, massa seca de colmos verdes, a relação folha/colmo e a massa seca de forragem verde.

Ao final de cada período de pastejo também foram feitas as seguintes avaliações em cada piquete:

a) Densidade populacional de perfilhos, estimada contando-se o número de touceiras presentes em um quadrado de 10×10 m e em seguida contando-se o número de perfilhos de quatro touceiras representativas dessa mesma área;

b) Altura do dossel, estimada como descrito anteriormente;

c) Massa seca de forragem verde, conforme descrito anteriormente. No último ciclo de pastejo, também foi determinada a relação folha/colmo e a massa seca de lâminas foliares verdes e de colmos verdes, para avaliar a condição da estrutura residual do dossel após sucessivos ciclos de pastejo.

As estimativas morfogênicas foram efetuadas em piquetes alternados ao longo de três ciclos sucessivos, evitando-se assim a caracterização de medidas repetidas no tempo (Gill, 1986). Diante deste fato, foram submetidas à análise estatística pelo emprego do procedimento GLM do pacote estatístico SAS (SAS Institute, 1999), segundo o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + C_j + (TC)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

onde,

Y_{ijk} = observação relativa ao k^{o} piquete, no j^{o} ciclo de pastejo, do i^{o} período de descanso;

μ = média da população;

T_i = efeito do i^{o} período de descanso;

$i = 1, 2, 3$ períodos de descanso;

C_j = efeito do j^{o} ciclo de pastejo;

$j = 1^{\text{o}}, 2^{\text{o}}, 3^{\text{o}}$, ciclo de pastejo;

$(TC)_{ij}$ = interação período de descanso x ciclo de pastejo;

ε_{ijk} = efeito aleatório relativo ao k^0 piquete, no j^0 ciclo de pastejo, do i^0 período de descanso;

$k = 1, 2$ piquetes (unidade experimental).

Para as variáveis estruturais, visto que as estimativas foram obtidas de amostragens das mesmas unidades experimentais (piquetes) ao longo de ciclos de pastejo sucessivos, a análise estatística foi executada de dois modos distintos.

Para dois ciclos de pastejo, em que se dispunha de estimativas relativas aos três períodos de descanso adotados, foi efetuada análise estatística por meio de medidas repetidas no tempo (Gill, 1986), pelo emprego do procedimento MIXED do pacote estatístico SAS (SAS Institute, 1999), cujo modelo matemático é como se segue:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + P_{(i)j} + C_k + (TC)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

onde,

Y_{ijk} = observação relativa ao k^0 piquete, no j^0 ciclo de pastejo, do i^0 período de descanso;

μ = média da população;

T_i = efeito do i^0 período de descanso;

$i = 1, 2, 3$ períodos de descanso;

$P_{(i)j}$ = efeito aleatório do j^0 piquete do i^0 período de descanso (erro a);

$j = 1, 2, 3, 4, 5$ ou 6 piquetes, conforme o período de descanso;

C_k = efeito do k^0 ciclo de pastejo;

$k = 1, 2$ ciclos de pastejo;

$(TC)_{ik}$ = interação do i^0 período de descanso com o k^0 ciclo de pastejo;

ε_{ijk} = efeito aleatório relativo ao k^0 piquete, no j^0 ciclo de pastejo, do i^0 período de descanso (erro b).

Para se averiguar a resposta das variáveis estruturais aos ciclos de pastejo sucessivos, analisou-se seu efeito dentro de cada período de descanso, pelo emprego do procedimento MIXED do pacote estatístico SAS (SAS Institute, 1999), segundo o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + C_i + \varepsilon_{ij}$$

onde,

Y_{ij} = observação relativa ao j^{o} piquete, do i^{o} ciclo de pastejo;

μ = média da população;

C_i = efeito do i^{o} ciclo de pastejo;

i = 1, 2 ou 3 ciclos de pastejo, conforme o período de descanso;

ε_{ij} = efeito aleatório relativo ao j^{o} piquete, do i^{o} ciclo de pastejo;

j = 1, 2, 3, 4, 5 ou 6 piquetes, conforme o período de descanso.

É importante ressaltar que o quarto ciclo dos piquetes 1, 2 e 3 do dossel sob período de descanso de 2,5 folhas (Figura 3) foi descartado, visto seu menor número de repetições (piquetes) ter causado grande distorção na estimativa efetuada pelo pacote estatístico da média de cada variável estrutural para este ciclo. Como tal problema não foi agravante no terceiro ciclo dos piquetes 1, 2 e 3 do dossel sob período de descanso, as respectivas estimativas das variáveis estruturais foram incluídas na análise estatística.

As estimativas de densidade populacional de perfílios (DPP), por serem oriundas de contagem e não de medição como as demais variáveis, foram transformadas, a fim de satisfazer a pressuposição de homogeneidade das variâncias e tornar válidos a análise de variância e o teste de comparação de médias. A transformação, efetuada por meio do pacote estatístico SAS (SAS Institute, 1999), baseou-se no princípio de Box-Cox, que consiste em testar uma série de potências e calcular o quadrado médio do resíduo, com vistas a minimizá-lo. A potência que o minimizou foi de valor 0,51, sendo, pois, efetuada a transformação raiz quadrada. Uma vez transformadas, as estimativas foram analisadas estatisticamente de modo similar às demais variáveis estruturais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

FLUXO DE BIOMASSA

O manejo do pastejo, adotando-se períodos de descanso em escala morfogênica e não cronológica, revelou as distorções que ocorrem quando a frequência de desfolhação é estabelecida com um número fixo de dias durante toda a estação de crescimento. A duração cronológica de tal intervalo variou de 24 a 41; 35 a 52 e 44 a 63 dias, para os

períodos de 2,5; 3,5 e 4,5 folhas, respectivamente (dados não mostrados), de acordo com a disponibilidade dos fatores abióticos durante o período experimental.

Para o estudo de morfogênese, os perfilhos foram marcados logo após a saída dos animais do piquete pertinente e seu crescimento foi acompanhado ao longo do período de descanso. A fim de se reduzir a correlação entre as estimativas morfogênicas, novos perfilhos foram marcados a cada três leituras. A consequência disso é que o período de medições em um mesmo perfilho (dez dias) foi inferior ao tempo necessário para o aparecimento de uma folha e meia, recomendado por Davies (1993), comprometendo, portanto, a exatidão das estimativas de TApF. Durante o primeiro ciclo de crescimento, após a roçada, em que ainda não se manifestara o efeito dos períodos de descanso, a TApF média foi de 0,0873 folhas/dia (0,0043 folhas/°C-dia), equivalente a um filocrono de 11,5 dias (231°C-dia) (dados não mostrados), ou seja, ligeiramente superior ao filocrono de dez dias estimado por Gomide & Gomide (2001) para essa mesma cultivar em casa de vegetação e sem limitação hídrica e/ou nutricional. Desde que as temperaturas mínimas registradas (Figura 2) foram invariavelmente superiores à temperatura basal da cv. Mombaça de *Panicum maximum*, estimada por Garcez Neto (2002) como sendo de 13,8°C, é de se atribuir o maior filocrono à grande variação no regime pluviométrico por ocasião do primeiro ciclo de crescimento (Figuras 1 e 3). O tempo médio de vida da folha estimado no início do experimento foi de 33 dias (661°C-dia) que, dividido pelo filocrono médio de 11,5 dias, resulta em número de folha vivas por perfilho em torno de 3 (dados não mostrados), ou seja, um pouco abaixo do valor relatado por Gomide & Gomide (2000) e considerada uma primeira aproximação de recomendação de frequência de desfolhação sob lotação intermitente, estando de acordo com o recomendado por Gomide & Gomide (2001).

As taxas de alongamento (TAIF) e produção (TPF) de lâminas foliares são apresentadas na Tabela 1. Não se observou diferença ($P < 0,05$) entre as TAIF dos dosséis sob os três períodos de descanso. Os valores observados não discreparam daqueles relatados por Gomide & Gomide (2000) para a cv. Mombaça de *Panicum maximum* (6 a 8 cm/perf \times d). O valor ligeiramente inferior da TAIF do dossel sob período de descanso de 3,5 folhas decorreu da sua reduzida TAIF no terceiro ciclo de pastejo (4,59 cm/perf \times d) em razão de grande parte do período de medição ter se concentrado no mês de março, logo após um longo período de estiagem (Figura 1). A TPF do dossel diferiu em função dos períodos de descanso (Tabela 1). O valor superior ($P < 0,05$)

observado no dossel sob menor período de descanso em relação ao dossel sob período de descanso intermediário pode ter sido consequência da maior DPP (Tabela 18), favorecida pela maior incidência luminosa em decorrência do seu menor IAF (capítulo II desta tese).

Tabela 1 – Taxas de alongamento (TAIF) e de produção (TPF) de lâmina foliar em dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob três períodos de descanso e ao longo de ciclos de pastejos sucessivos

Período de descanso	TAIF (cm/perf × d)	TPF (g/m ² × d)	Ciclo de pastejo	TAIF (cm/perf × d)	TPF (g/m ² × d)
2,5 folhas	7,56a	21,89a	1 ⁰	6,42a	16,43a
3,5 folhas	5,41a	12,00b	2 ⁰	7,42a	19,49a
4,5 folhas	6,69a	15,75ab	3 ⁰	5,82a	13,72a

Médias na mesma coluna, seguidas de letras distintas, diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey.

O efeito dos períodos de descanso sobre as taxas de alongamento (TAIH) e de produção (TPH) de hastes pode ser analisado a partir dos dados da Tabela 2. A TAIH foi mais elevada (P<0,05) no dossel sob período de descanso de 4,5 folhas em relação ao dossel sob período de descanso de 3,5 folhas e tendeu a ser superior ao dossel sob período de descanso de 2,5 folhas (P ≤ 0,0549). Tal efeito pode ser atribuído ao intenso sombreamento mútuo, reduzindo a relação vermelho/vermelho extremo (V/VE) da luz transmitida ao longo do perfil. Essa alteração luminosa é detectada pelo fitocromo, proteína solúvel que ocorre como um dímero e cuja forma ativa é a VE, a qual desencadeia a resposta fotomorfogênica (Chory, 1997; Taiz & Zeiger, 1998), que culmina no alongamento das hastes.

No estudo de Davis & Simmons (1994), foi verificado que as lâminas e bainhas foliares de *Hordeum vulgare* se alongaram pelo efeito da redução na relação V/VE, efeito mais pronunciado nas bainhas, cujo conjunto representa o pseudocolmo. Héraud-Bron et al. (2001) também observaram alongamento dos pecíolos de *Trifolium repens* em resposta à redução da relação V/VE.

Esse mecanismo teria sido o responsável pela continuidade do acúmulo de massa seca de forragem verde da cv. Mombaça de *Panicum maximum*, mesmo após o alcance do IAF crítico, reportado no capítulo II desta tese.

Tabela 2 – Taxas de alongamento (TAIH) e de produção (TPH) de hastes em dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob três períodos de descanso e ao longo de ciclos de pastejos sucessivos

Período de descanso	TAIH (cm/perf × d)	TPH (g/m ² × d)	Ciclo de pastejo	TAIH (cm/perf × d)	TPH (g/m ² × d)
2,5 folhas	0,15ab	2,54a	1 ^o	0,10b	1,15b
3,5 folhas	0,11b	1,07a	2 ^o	0,19ab	2,15ab
4,5 folhas	0,29a	2,91a	3 ^o	0,27a	3,22a

Médias na mesma coluna, seguidas de letras distintas, diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey.

Pode-se verificar, ainda por meio da Tabela 2, que tanto a TAIH como a TPH foram mais acentuadas no terceiro ciclo de pastejo em relação ao primeiro (P<0,05). Isso mostra a dificuldade de se manter uma estrutura favorável ao desempenho animal em dossel de gramínea cespitosa ao longo de ciclos de pastejo sucessivos, visto que o alongamento das hastes é processo contínuo, progressivo e difícil de ser controlado. Por outro lado, ressalta a importância da adoção de práticas de manejo que visem ao seu controle.

A taxa de senescência de lâmina foliar (TSF) não variou com os períodos de descanso (Tabela 3). Tal resultado é inesperado, visto que maior sombreamento mútuo aceleraria o processo de senescência (Grant et al., 1981; Korte et al., 1984; Binnie & Chestnutt, 1994). Segundo Hunt (1965), o processo de senescência é acelerado em dossel cuja área foliar intercepta 95% da luz (IAF crítico) e Korte et al, (1982) relataram maior acúmulo de material morto nos piquetes desfolhados duas semanas após o alcance do IAF crítico, que naqueles desfolhados tão logo o IAF crítico foi atingido. No presente ensaio, o IAF crítico foi alcançado aos 30 dias no crescimento após a roçada e aos 26 e 28 dias no dossel sob período de descanso de 3,5 e 4,5 folhas, respectivamente. O dossel sob menor período de descanso não alcançou o IAF crítico até o momento do início do novo pastejo, com 2,5 novas folhas expandidas por perfilho (capítulo II desta tese).

A TSF decresceu (P<0,05) do primeiro para o terceiro ciclo. Esse fato pode estar relacionado à maior incidência pluviométrica no início do experimento, acelerando o fluxo de biomassa e propiciando elevada TSF. MATTOS (2001), avaliando diversas espécies e acessos de *Brachiaria* sob variadas condições de disponibilidade hídrica, observou maior TSF nas plantas sob alagamento, independentemente da espécie ou

acesso. Ademais, a menor TSF ($P<0,05$), em termos de $\text{cm/perf} \times \text{d}$, no terceiro ciclo, sugere que o progressivo alongamento das hastes com o suceder dos ciclos de pastejo, independentemente do período de descanso (Tabela 2), pode ter contribuído para a redução no sombreamento mútuo nos ciclos de pastejo sucessivos, reduzindo a TSF.

Tabela 3 – Taxa de senescência de lâmina foliar (TSF) em dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob três períodos de descanso e ao longo de ciclos de pastejos sucessivos

Período de descanso	TSF		Ciclo de pastejo	TSF	
	($\text{cm/perf} \times \text{d}$)	($\text{g/m}^2 \times \text{d}$)		($\text{cm/perf} \times \text{d}$)	($\text{g/m}^2 \times \text{d}$)
2,5 folhas	1,12a	4,27a	1 ⁰	1,65a	5,47a
3,5 folhas	1,07a	3,73a	2 ⁰	0,94a	3,55a
4,5 folhas	1,06a	3,72a	3 ⁰	0,65b	2,69a

Médias na mesma coluna, seguidas de letras distintas, diferem ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

A taxa de acúmulo de massa seca de forragem (TAF), estimada a partir das características morfogênicas, respondeu ($P<0,05$) aos períodos de descanso (Tabela 4), valor mais alto sendo observado no dossel sob menor período de descanso, relativamente ao dossel sob período de descanso intermediário. Entretanto, não foi observado efeito dos ciclos de pastejo. Os valores de TAF situaram-se entre 93 e 202 $\text{kg/ha} \times \text{dia}$, comprovando o grande potencial de produção dessa cultivar.

Tabela 4 – Taxa de acúmulo de massa seca de forragem (TAF) estimada a partir das características morfogênicas de dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob três períodos de descanso e ao longo de ciclos de pastejos sucessivos

Período de descanso	TAF	Ciclo de pastejo	TAF
	($\text{kg/ha} \times \text{d}$)		($\text{kg/ha} \times \text{d}$)
2,5 folhas	202a	1 ⁰	121a
3,5 folhas	93b	2 ⁰	181a
4,5 folhas	149a	3 ⁰	142a

Médias na mesma coluna, seguidas de letras distintas, diferem ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

Excetuado o valor médio referente aos piquetes sob período de descanso de 3,5 folhas, os valores estimados para a TAF são consistentes com os de Quadros et al.

(2002), que observaram TAF variando de 128 a 205 kg/ha × dia em *Panicum maximum* cv. Mombaça sob doses de nitrogênio variando de 100 a 232 kg/ha, apesar da menor dose de nitrogênio, de 100 kg/ha, utilizada no presente experimento, e do regime pluviométrico apenas razoável (Figura 1).

Horst et al. (1978) concluíram que a TAlF seria o índice morfogênico mais relacionado com o acúmulo de forragem. Enquanto o dossel sob menor período de descanso apresentou elevada TAlF (Tabela 1) e elevada DPP (Tabela 18), o dossel sob maior período de descanso apresentou elevada TAlH (Tabela 2), outro importante componente do crescimento nas gramíneas do tipo C₄. Por outro lado, a baixa TAF estimada nos piquetes sob período de descanso de 3,5 folhas pode ser atribuída a seus menores valores de TAlF e TAlH.

Diante desses resultados, poder-se-ia inferir que o mecanismo desencadeado em resposta ao ambiente luminoso seria o principal regulador da capacidade de crescimento do dossel avaliado. O dossel sob menor período de descanso, ao experimentar menor sombreamento, apresentou maior capacidade de perfilhamento, embora com perfilhos de menor tamanho. Já o dossel sob maior período de descanso apresentou intenso alongamento das hastes, com menos perfilhos, mas de maior tamanho. O dossel sob período de descanso intermediário, não teria sido favorecido nem por um, nem por outro mecanismo, daí sua menor TAF. Robson (1973) relatou que a fotossíntese líquida do dossel de *Lolium perenne* reduziu-se até a nona semana de rebrotação, atribuindo tal fato ao sombreamento mútuo das folhas mais jovens em função do aumento no IAF. Nas semanas seguintes, alguns perfilhos alongaram as hastes, tornando mais luminoso o ambiente das folhas mais jovens e, assim, elevando a sua capacidade fotossintética e do dossel como um todo.

Apesar da resposta das TAFs dos dosséis sob períodos de descanso extremos poder ser explicada mediante esse mecanismo, a TAF do dossel sob período de descanso intermediário apresentou-se reduzida desde o primeiro ciclo de pastejo, ainda sem efeito dos tratamentos. Ou seja, a sua menor TAF deve ser atribuída a falhas na amostragem, como à escolha de touceiras cujo crescimento estivesse sendo comprometido por algum fator biótico ou abiótico.

CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS

A altura do dossel aumentou ($P<0,05$) com os períodos de descanso (Tabela 5) e decresceu ($P<0,05$) no decorrer dos ciclos de pastejo apenas do primeiro para o terceiro ciclo do dossel sob menor período de descanso (Tabela 6). A altura do dossel é consequência do tempo de rebrotação da gramínea e de suas adaptações morfológicas durante esse processo. O longo período de descanso necessário para a expansão de 4,5 folhas, tendo propiciado intenso alongamento das hastes, resultou em dossel com altura superior à do dossel sob período de descanso de 2,5 folhas.

Tabela 5 – Altura pré-pastejo de dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob três períodos de descanso e ao longo de ciclos de pastejos sucessivos

Período de descanso	Altura do dossel	Ciclo de pastejo	Altura do dossel
	(cm)		(cm)
2,5 folhas	73b	1 ^o	94a
3,5 folhas	93ab	2 ^o	91a
4,5 folhas	112a		

Médias na mesma coluna, seguidas de letras distintas, diferem ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

A altura do dossel só variou ($P<0,05$) com os ciclos de pastejo nos piquetes sob menor período de descanso (Tabela 6). A menor altura no terceiro ciclo em relação ao primeiro retrata o controle do alongamento das hastes, pelo emprego da maior frequência de desfolhação e também a plasticidade do dossel em resposta à desfolhação. Em ensaio sobre os efeitos da frequência e da intensidade de desfolhação sobre características estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça, Uebele (2002) relatou que a frequência de desfolhação foi a variável do manejo mais importante a controlar tais características.

Tabela 6 – Altura pré-pastejo (cm) de dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça ao longo de ciclos de pastejos sucessivos dentro de cada período de descanso

Período de descanso	Ciclo de pastejo		
	1 ^o	2 ^o	3 ^o
2,5 folhas	77a	68ab	63b
3,5 folhas	93a	93a	101a
4,5 folhas	112a	113a	---

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

A massa seca de forragem verde (MSFV) pré-pastejo não variou com os períodos de descanso no primeiro ciclo de pastejo, apesar da tendência de proporcionalidade (Tabela 7). No entanto, no segundo ciclo os piquetes sob períodos de descanso de 3,5 e 4,5 folhas já apresentaram maior MSFV ($P<0,05$) que naqueles sob menor período de descanso. Isso porque no primeiro ciclo, o efeito dos diferentes períodos de descanso não tinha se expressado sobre essa variável, o que ocorreu no segundo ciclo. Por outro lado, a MSFV elevou-se ($P<0,05$) do segundo para o terceiro e do primeiro para o segundo ciclos nos piquetes sob período de descanso de 2,5 e 3,5 folhas, respectivamente (Tabela 8). A maior MSFV com o prolongamento do período de descanso, além de refletir efeito direto do tempo de crescimento, reflete também um efeito indireto, representado pelo alongamento das hastes, principalmente no caso dos piquetes sob maior período de descanso. De fato, o alongamento das hastes é importante componente do processo de produção de forragem nas gramíneas do tipo C_4 a partir de certo tempo de rebrotação, pela sua ocorrência ainda na fase vegetativa.

Tabela 7 – Massa seca de forragem verde pré-pastejo (kg/ha) em piquetes de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob três períodos de descanso e ao longo de ciclos de pastejos sucessivos

Período de descanso	Ciclo de pastejo	
	1 ^o	2 ^o
2,5 folhas	3609Aa	3655Ba
3,5 folhas	4987Aa	6534Aa
4,5 folhas	5659Ab	8062Aa

Médias na mesma coluna e na mesma linha, seguidas de letras maiúsculas e minúsculas distintas, respectivamente, diferem ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

Tabela 8 – Massa seca de forragem verde pré-pastejo (kg/ha) em piquetes de *Panicum maximum* cv. Mombaça ao longo de ciclos de pastejos sucessivos dentro de cada período de descanso

Período de descanso	Ciclo de pastejo		
	1 ^o	2 ^o	3 ^o
2,5 folhas	3609b	3655b	4447a
3,5 folhas	4987b	6534a	8013a
4,5 folhas	5659b	8062a	---

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

A massa seca de lâmina foliar verde (MSLV) do dossel também se elevou ($P<0,05$) com os períodos de descanso (Tabela 9). O aumento na MSLV com o prolongamento do período de descanso, em parte conseqüência do maior tempo de rebrotação, é ainda condicionado pelos processos de crescimento e senescência foliares, detalhe importante da lotação intermitente (Parsons et al., 1983). Por outro lado, a MSLV não variou com os ciclos de pastejo (Tabelas 9 e 10).

Tabela 9 – Massa seca de lâmina foliar verde (MSLV) em piquetes de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob três períodos de descanso e ao longo de ciclos de pastejos sucessivos

Período de descanso	MSLV	Ciclo de pastejo	MSLV
	(kg/ha)		(kg/ha)
2,5 folhas	2552b	1 ^o	3237a
3,5 folhas	3588ab	2 ^o	3543a
4,5 folhas	4030a		

Médias na mesma coluna, seguidas de letras distintas, diferem ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

Tabela 10 – Massa seca de lâmina foliar verde (kg/ha) em piquetes de *Panicum maximum* cv. Mombaça ao longo de ciclos de pastejos sucessivos dentro de cada período de descanso

Período de descanso	Ciclo de pastejo		
	1 ^o	2 ^o	3 ^o
2,5 folhas	2665a	2438a	2754a
3,5 folhas	3372a	3803a	3676a
4,5 folhas	3673a	4388a	---

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

A massa seca de colmo verde (MSCV), por outro lado, foi afetada tanto pelos períodos de descanso (Tabela 11) como pelos ciclos de pastejo (Tabelas 11 e 12). Tal efeito é conseqüência do intenso e precoce alongamento das hastes, já reportado, e da maior densidade do mesmo em relação às lâminas foliares, elevando ainda mais a sua proporção na MSFV. É nítida a diferença de comportamento entre as respostas em termos de MSLV e de MSCV ao longo de ciclos de pastejo sucessivos. Enquanto a MSLV permaneceu inalterada, a MSCV elevou-se com o suceder dos ciclos. Para tal

fato, duas explicações são complementares: primeiramente, a TAIH elevou-se progressivamente com os ciclos de pastejo (Tabela 2), o que não ocorreu com a TAlF (Tabela 1), observação também feita por Fagundes et al. (1999), que relataram aumento na porcentagem de hastes em dosséis de cultivares de *Cynodon* spp. à medida que avançou o período experimental. Ademais, como os animais em pastejo selecionam preferencialmente lâminas foliares, o resíduo de MSCV foi progressivamente acumulado, ciclo após ciclo.

Tabela 11 - Massa seca de colmo verde (MSCV) em piquetes de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob três períodos de descanso e ao longo de ciclos de pastejos sucessivos

Período de descanso	MSCV (kg/ha)	Ciclo de pastejo	MSCV (kg/ha)
2,5 folhas	1080b	1 ^o	1515b
3,5 folhas	2173ab	2 ^o	2541a
4,5 folhas	2830a		

Médias na mesma coluna, seguidas de letras distintas, diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey.

Tabela 12 – Massa seca de colmo verde (kg/ha) em piquetes de *Panicum maximum* cv. Mombaça ao longo de ciclos de pastejos sucessivos dentro de cada período de descanso

Período de descanso	Ciclo de pastejo		
	1 ^o	2 ^o	3 ^o
2,5 folhas	944b	1217ab	1498a
3,5 folhas	1615b	2731ab	4363a
4,5 folhas	1986b	3675a	---

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey.

O acúmulo progressivo de hastes no dossel sob maiores períodos de descanso certamente compromete a utilização da forragem pelo animal em pastejo. De fato, Osoro et al. (2002) mencionaram comprometimento do consumo de forragem por alterações na estrutura do dossel misto de *Lolium perenne* e *Trifolium repens*, com o avançar da estação de crescimento, principalmente nos piquetes de vegetação mais alta. Já Carvalho et al. (2001), observaram que maior altura do dossel em *Panicum maximum* cv. Tanzânia tornava a distribuição de massa seca mais dispersa no perfil da pastagem,

reduzindo a taxa de ingestão de forragem por ovinos, pela necessidade de maior tempo gasto com a manipulação da folhagem.

Por intermédio dos valores constantes na Tabela 13, depreende-se que a relação folha/colmo variou ($P < 0,05$) inversamente à duração do período de descanso. Tal resposta também foi relatada por Santos et al. (1999) para essa mesma cultivar, quando a frequência de pastejo variou entre 28 e 48 dias e por Pinto et al. (1994) para a cultivar Guiné dessa mesma espécie. Isso é consequência da intensificação do alongamento das hastes à medida que a duração do período de descanso aumenta, o que ocorreria, segundo Silva¹, no momento em que o dossel alcançasse o IAF crítico, que ocorreu, no presente estudo (capítulo II desta tese) por volta do vigésimo oitavo dia de rebrotação. Ou seja, os períodos de descanso de 3,5 e 4,5 folhas não propiciaram controle do alongamento das hastes, comprometendo assim a relação folha/colmo dos respectivos dosséis.

Tabela 13 – Relação folha/colmo de dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob três períodos de descanso e ao longo de ciclos de pastejos sucessivos

Período de descanso	Relação folha/colmo	Ciclo de pastejo	Relação folha/colmo
2,5 folhas	2,54a	1 ^o	2,32a
3,5 folhas	1,89ab	2 ^o	1,68b
4,5 folhas	1,58b		

Médias na mesma coluna, seguidas de letras distintas, diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A relação folha/colmo também se reduziu ($P < 0,05$) com o transcorrer dos ciclos de pastejo (Tabelas 13 e 14). Boval et al. (2000) observaram redução na proporção de folhas de 49 para 28% em dossel de *Dichanthium* spp. manejado sob lotação contínua após dois experimentos em anos consecutivos. Oliveira et al. (2000) verificaram natureza quadrática e negativa da curva da relação folha/colmo de *Cynodon* spp. cv. Tifton 85 em rebrotação, atingindo valor inferior a 1 após os 28 dias.

As gramíneas cespitosas do tipo C_4 apresentam alongamento progressivo das hastes ao longo da estação de crescimento. O controle de tal processo só é obtido quando é efetuada desfolhação intensa desde o início do crescimento do perfilho. De

¹ SILVA, S.C. Comunicação pessoal, 2002.

fato, Uebele (2002) não conseguiu manter em 30 cm a altura do resíduo pós-pastejo em *Panicum maximum* cv. Mombaça sob baixa frequência de desfolhação, atribuindo tal fato ao alongamento das hastes, que foram progressivamente sendo rejeitadas pelos animais em pastejo. Concluiu, portanto, que a frequência de desfolhação é processo-chave no controle das características estruturais do dossel desta cultivar.

Tabela 14 – Relação folha/colmo de dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça ao longo de ciclos de pastejos sucessivos dentro de cada período de descanso

Período de descanso	Ciclo de pastejo		
	1 ^o	2 ^o	3 ^o
2,5 folhas	2,93a	2,15ab	1,87b
3,5 folhas	2,13a	1,64ab	0,78b
4,5 folhas	1,91a	1,26b	---

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A altura do resíduo pós-pastejo foi afetada ($P < 0,05$) tanto pelos períodos de descanso como pelos ciclos de pastejo (Tabelas 15 e 16). O dossel sob período de descanso de 4,5 folhas apresentou maior altura pós-pastejo em relação ao dossel sob período de descanso de 2,5 folhas, a qual também foi superior no segundo ciclo em relação ao primeiro, considerando todos os períodos de descanso (Tabela 15) e no segundo em relação ao primeiro dentro do período de descanso de 4,5 folhas e do terceiro em relação ao primeiro dentro do período de descanso de 3,5 folhas (Tabela 16). A diferença obtida entre o primeiro e segundo ciclos observada na Tabela 15 deveu-se principalmente aos efeitos dos períodos de descanso de 3,5 e 4,5 folhas. De fato, o controle do alongamento das hastes pelo emprego da frequência de desfolhação de 2,5 folhas permitiu que os novilhos mantivessem praticamente inalterado o seu horizonte de pastejo ciclo após ciclo (Tabela 16), já que o mesmo é definido pela altura das hastes (Barthram, 1981; Barthram & Grant, 1984; Flores et al., 1993). Já nos dosséis sob períodos de descanso de 3,5 e 4,5 folhas, o processo de alongamento das hastes elevou o horizonte de pastejo dos novilhos, tanto pela rejeição dos mesmos em ingerir colmos e bainhas, como pelo critério adotado para o resíduo pós-pastejo ter sido o IAF em torno de 2,0, o qual ocorreu a diferentes alturas, de acordo com a resposta morfofisiológica do dossel ao período de descanso imposto.

Tabela 15 – Altura pós-pastejo de dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob três de descanso e ao longo de ciclos de pastejos sucessivos

Período de descanso	Altura do dossel	Ciclo de pastejo	Altura do dossel
	(cm)		(cm)
2,5 folhas	38,8b	1 ^o	48,1b
3,5 folhas	52,0ab	2 ^o	55,0a
4,5 folhas	63,8a		

Médias na mesma coluna, seguidas de letras distintas, diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Tabela 16 – Altura pós-pastejo (cm) de dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça ao longo de ciclos de pastejos sucessivos dentro de cada período de descanso

Período de descanso	Ciclo de pastejo		
	1 ^o	2 ^o	3 ^o
2,5 folhas	38,2a	39,3a	39,4a
3,5 folhas	46,8b	57,1ab	65,4a
4,5 folhas	59,1b	68,6a	---

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A DPP foi afetada ($P < 0,05$) pelos períodos de descanso adotados. Dada a significância da interação períodos de descanso x ciclo de pastejo na análise por medidas repetidas, testou-se o efeito condicionado do PD (Tabela 17). Verificou-se que apenas no segundo ciclo, o dossel sob período de descanso de 3,5 folhas apresentou DPP superior ao dossel sob período de descanso de 4,5 folhas. Isso é consequência, provavelmente, da mais intensa alteração da relação V/VE da luz transmitida no dossel sob maior período de descanso, desencadeando o processo de alongamento das hastes, principalmente do colmo, um forte dreno de assimilados, acarretando redução do perfilhamento.

A similaridade da DPP observada no dossel sob menor período de descanso em relação aos dosséis sob período de descanso de 3,5 folhas é controversa, na medida em que o dossel mais frequentemente desfolhado, por ter menor IAF, teria permitido maior incidência luminosa sobre as gemas, o que acarretaria maior perfilhamento (Davies et al., 1983; Simon & Lemaire, 1987). Possivelmente, o efeito dos tratamentos ainda não tinha se consolidado. De fato, dos valores apresentados na Tabela 18 constata-se efeito de ciclo de pastejo. Do segundo para o terceiro ciclo de pastejo, a DPP elevou-se

($P < 0,05$) no dossel sob período de descanso de 2,5 folhas e reduziu-se ($P < 0,05$) naqueles sob período de descanso de 3,5 folhas.

Tabela 17 – Densidade populacional de perfilhos (perf/m^2) em piquetes de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob períodos de descanso variados e ciclos de pastejos sucessivos¹

Período de descanso	Ciclo de pastejo	
	1 ^o	2 ^o
2,5 folhas	16,4Aa (267)	16,2ABa (261)
3,5 folhas	15,5Aa (240)	17,3Aa (300)
4,5 folhas	16,1Aa (259)	15,38Ba (233)

¹ Dados alterados pela transformação raiz-quadrada (explicação no texto). O número entre parêntese em itálico representa o valor original da estimativa.

Médias na mesma coluna e na mesma linha, seguidas de letras maiúsculas e minúsculas distintas, respectivamente, diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Tabela 18 – Densidade populacional de perfilhos (perf/m^2) em piquetes de *Panicum maximum* cv. Mombaça ao longo de ciclos de pastejos sucessivos dentro de cada período de descanso¹

Período de descanso	Ciclo de pastejo		
	1 ^o	2 ^o	3 ^o
2,5 folhas	16,4b (267)	16,2b (261)	18,7a (351)
3,5 folhas	15,5b (240)	17,3a (300)	15,2b (240)
4,5 folhas	16,1a (259)	15,3a (233)	---

¹ Dados alterados pela transformação raiz-quadrada (explicação no texto). O número entre parêntese em itálico representa o valor original da estimativa.

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Da comparação das estimativas de MSFV e de DPP, esta última referente aos últimos ciclos de pastejo, depreende-se que o dossel sob menor período de descanso apresentou maior número de perfilhos de menor tamanho, ao passo que o dossel sob maior período de descanso apresentou menor número de perfilhos de maior tamanho. Tal plasticidade fenotípica caracteriza o mecanismo de compensação tamanho/densidade, também verificado por Matthew et al. (1995), Hernández Garay et al. (1999) e Sbrissia et al. (2001). Ainda que Bircham & Hodgson (1983), Grant et al. (1988) e Mazzanti et al. (1994) tenham relatado que tal compensação acarrete a homeostase, ocorrendo portanto uma faixa de condição do dossel em que tal compensação mantém inalterada a MSFV, no presente trabalho, tal fenômeno não

ocorreu, o que pode ser atribuído também à diferença no tempo de rebrotação, que também afeta a MSFV.

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS PARA ESTIMATIVA DA MASSA DE FORRAGEM

As estimativas de MSFV pelos métodos da morfogênese e agrônômico são apresentadas na Tabela 19. A MSFV estimada pela morfogênese é o produto do fluxo médio de biomassa (TPF e TPH) pela DPP e pela duração do respectivo período de descanso. Já a estimativa pelo método agrônômico foi obtida a partir do corte antes e após o pastejo e pesagem das amostras em cinco ou seis piquetes (unidades experimentais) por período de descanso.

Tabela 19 – Massa seca de forragem verde pré-pastejo em piquetes de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob três períodos de descanso e ao longo de ciclos de pastejos sucessivos estimada pelo método da morfogênese e pelo método agrônômico do corte

Período de descanso	Ciclo de pastejo	Método	
		Morfogênese	Agrônômico
		----- (kg/ha) -----	
2,5 folhas	1 ^o	4578	3612
	2 ^o	6950	4410
	3 ^o	6796	4342
	Média	6108	4121
3,5 folhas	1 ^o	4470	4180
	2 ^o	6119	6187
	3 ^o	3133	7332
	Média	4574	5900
4,5 folhas	1 ^o	9741	5659
	2 ^o	8843	8062
	3 ^o	6610	---
	Média	8398	6861

De forma geral, o método da morfogênese superestimou a MSFV em relação ao método agrônômico. Isso se atribui principalmente à superestimativa da DPP, resultante da inclusão de perfilhos jovens, de pequeno potencial produtivo no decorrer dos períodos de descanso estudados. Ademais, as touceiras escolhidas dentro da área de

amostragem podem ter sido ligeiramente mais densas que a média geral, contribuindo para a superestimativa da DPP. Como a DPP é o fator multiplicador na estimativa da MSFV pelo método da morfogênese, sua superestimativa pode ter sido a causa da discrepância observada entre os dois métodos.

As estimativas referentes ao dossel sob período de descanso de 3,5 folhas mostram razoável aproximação entre as duas técnicas, relativamente ao primeiro e segundo ciclos. Entretanto, no terceiro ciclo, a MSFV estimada pela morfogênese foi bastante inferior àquela estimada pelo método agrônômico. Nesse caso, a explicação poderia residir na baixa TAlF encontrada para esse dossel, no terceiro ciclo de pastejo (4,59 cm/perf × dia). A TAlF, por sua vez, foi bastante comprometida em função do período de baixa pluviosidade, fevereiro (Figura 1), imediatamente anterior ao período em que se concentrou sua medição (março).

CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DO RESÍDUO PÓS-PASTEJO

As estimativas das variáveis: relação folha/colmo, MSLV e MSCV do resíduo pós-pastejo em resposta aos períodos de descanso, relativas ao último ciclo de pastejo, são apresentadas na Tabela 20. Verifica-se que a relação folha/colmo diferiu ($P < 0,05$) entre os dosséis sob períodos de descanso extremos. Uma análise complementar permite visualizar qual dos componentes da relação folha/colmo foi o maior responsável por essa diferença. Visto que a MSLV não diferiu ($P > 0,05$) em função dos diferentes períodos de descanso e que a MSCV foi menor ($P < 0,05$) no dossel sob período de descanso de 2,5 folhas em relação aos demais, depreende-se que o alongamento das hastes é o processo responsável pelo comprometimento da relação folha/colmo.

Tabela 20 – Relação folha/colmo, massa seca de lâmina foliar verde (MSLV) e massa seca de colmo verde (MSCV) do resíduo pós-pastejo em piquetes de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob três períodos de descanso, no último ciclo de pastejo

Período de descanso	Relação folha/colmo	MSLV	MSCV
		----- (kg/ha) -----	
2,5 folhas	0,63a	1042a	1817b
3,5 folhas	0,57ab	1611a	2839a
4,5 folhas	0,43b	1421a	3447a

Médias na mesma coluna, seguidas de letras distintas, diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

4. CONCLUSÕES

As características morfogênicas e estruturais variaram em resposta aos períodos de descanso, sendo que o maior efeito verificou-se sobre as variáveis relacionadas com o processo de alongamento das hastes, como taxa de alongamento das hastes, taxa de produção de hastes, massa seca de colmo verde, massa seca de colmo verde residual e relação folha/colmo;

O período de descanso mais curto, necessário para a expansão de 2,5 novas folhas, foi o único a exercer algum controle sobre o processo de alongamento das hastes no suceder de vários ciclos de pastejo;

A massa seca de forragem verde pré-pastejo por ciclo elevou-se com o prolongamento do período de descanso;

O método da morfogênese apresentou-se promissor para a estimativa da massa seca de forragem verde, mas são necessários mais estudos para determinar a forma mais acurada de estimativa da densidade populacional de perfilhos.

5. LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, E.X.; MARASCHIN, G.E.; HARTHMANN, O.E.L. et al. Oferta de forragem de Capim-Elefante Anão 'Mott' e a dinâmica da pastagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p. 1281-1287, 2000.
- ANSLOW, R.C. The rate of appearance of leaves on tillers of the gramineae. **Herbage Abstracts**, v.36, p.149-155, 1966.
- BARTHAM, G.T. Sward structure and the depth of the grazed horizon. **Grass and Forage Science**, v.36, p.130-131, 1981.
- BARTHAM, G.T.; GRANT, S.A. Defoliation of ryegrass-dominated swards by sheep. **Grass and Forage Science**, v.39, p.211-219, 1984.
- BÉLANGER, G. Morphogenetic and structural characteristics of field-grown timothy cultivars differing in maturity. **Canadian Journal of Plant Science**, v.76, p.277-282, 1996.
- BÉLANGER, G. Morphogenetic characteristics of timothy grown with varying N nutrition. **Canadian Journal of Plant Science**, v.78, p.103-108, 1998.
- BINNIE, R.C.; CHESTNUTT, D.M.B. Effects of continuous stocking by sheep at four sward heights on herbage mass, herbage quality and tissue turnover on grass/clover and nitrogen-fertilized grass swards. **Grass and Forage Science**, v.49, p.192-202, 1994.

- 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**, v.38, p.323-331, 1983.
- BONHOMME, R. Bases and limits to using “degree.day” units. **Europ. J. Agron.**, v.13, p.1-10, 2000.
- BOVAL, M.; CRUZ, P.; PEYRAUD, J.L. et al. The effect of herbage allowance on daily intake by Creole heifers tethered on natural *Dichanthium* spp. pasture. **Grass and Forage Science**, v.55, p.201-208, 2000.
- CARVALHO, C.A.B.; SILVA, S.C.; SBRISSIA, A.F. et al. Demografia do perfilhamento e taxas de acúmulo de matéria seca em capim ‘tifton 85’ sob pastejo. **Scientia Agricola**, v.57, p. 591-600, 2000.
- CARVALHO, P.C.F.; MARÇAL, G.K.; RIBEIRO FILHO, H.M.N. et al. Pastagens altas podem limitar o consumo dos animais. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. (cd-rom)
- CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: BAKER, M.J. (Ed.). **Grasslands for our world**. Wellington: SIR Publishing, 1993. p.55-64.
- CHORY, J. Light modulation of vegetative development. **The Plant Cell**, v.9, p.1225-1234, 1997.
- CORSI, M.; BALSALOBRE, M.A.A.; SANTOS, P.M. et al. Bases para o estabelecimento do manejo de pastagens de braquiária. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11, 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 249-266.
- DAVIES, A. Tissue turnover in the sward. In: DAVIES, A. et al. (EE.). **Sward measurement Handbook**, 2nd ed., Reading: British Grassland Society, 1993. p.183-216.
- DAVIES, A.; THOMAS, H. Rates of leaf and tiller production in young spaced perennial ryegrass plants in relation to soil temperature and solar radiation. **Annals of Botany**, v.57, p.591-597, 1983.
- DAVIES, A.; EVANS, M.E.; EXLEY, J.K. Regrowth of perennial ryegrass as affected by simulated leaf sheaths. **Journal of Agricultural Science**, v.101, p.131-137, 1983.
- DAVIS, M.H.; SIMMONS, S.R. Far-red light reflected from neighbouring vegetation promotes shoot elongation and accelerates flowering in spring barley plants. **Plant, Cell and Environment**, v.17, p.829-836, 1994.
- DIAS-FILHO, M.B. Physiological responses of two tropical weeds to shade. I. Growth and biomass allocation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.945-936, 1999.
- DIAS-FILHO, M.B. Growth and biomass allocation of the C₄ grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.2335-2341, 2000.
- DRUDI, A.; FAVORETTO, V. Influência da frequência, época e altura do corte na produção e na composição química do capim-andropógon. **Pesq. agropec. bras.**, v.22, p.1287-1292, 1987.

- DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive leave son a Cocksfoot tiller. Effect of nitrogen and cutting regime. **Annals of Botany**, v.85, p.645-653, 2000.
- FAGUNDES, J.L.; SIVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. et al. Intensidades de pastejo e a composição morfológica de pastos de *Cynodon* spp. **Scientia Agricola**, v.56, p. 897-908, 1999.
- FLORES, E.R.; LACA, E.A.; GRIGGS, T.C. et al. Sward height and vertical morphological differentiation determine cattle bite dimensions. **Agronomy Journal**, v.85, p.527-532, 1993.
- FULKERSON, W.J.; SLACK, K. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*. 1. Effect of water-soluble carbohydrates and senescence. **Grass and Forage Science**, v.49, p.373-377, 1994.
- FULKERSON, W.J.; SLACK, K. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*. 2. Effect of defoliation frequency and height. **Grass and Forage Science**, v.50, p.16-20, 1995.
- GARCEZ NETO, A.F.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; REGAZZI, A.J. et al. Respostas Morfogênicas e Estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p. 1890-1900, 2002.
- GASTAL, F.; BÉLANGER, G.; LEMAIRE, G. A model of leaf extension rate of Tall Fescue in response to nitrogen and temperature. **Annals of Botany**, v.70, p.437-442, 1992.
- GILL, J.L. Repeated measurement: sensitive tests for experiments with few animals. **Journal of Animal Science**, v.63, p.943-954, 1986.
- GOMIDE, C.A.M. **Características morfofisiológicas associadas ao manejo do capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.)**. Viçosa: UFV, 2001. 100p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A. Morfogênese de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p. 341-348, 2000.
- GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A.M. The duration of regrowth period and the structural traits in a rotationally grazed *Panicum maximum* sward. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, 2001, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. (cd-rom).
- GRANT, S.A.; BARTHAM, G.T.; TORVELL, L. Components of regrowth in grazed and cut *Lolium perenne* swards. **Grass and Forage Science**, v.36, p.155-168, 1981.
- GRANT, S.A.; BARTHAM, G.T.; TORVELL, L. et al. Sward management, lamina turnover and tiller population density in continuously stocked *Lolium perenne*-dominated swards. **Grass and Forage Science**, v.38, p.333-344, 1983.
- GRANT, S.A.; BARTHAM, G.T.; TORVELL, L. et al. Comparison of herbage production under continuous stocking and intermittent grazing. **Grass and Forage Science**, v.43, p.29-39, 1988.

- HÉRAUT-BRON, V.; ROBIN, C.; VARLET-GRANCHER, C. et al. Phytochrome mediated effects on leaves of white clover: consequences for light interception by the plant under competition for light. **Annals of Botany**, v.88, p.737-743, 2001.
- HERNÁNDEZ GARAY, A.; MATTHEW, C.; HODGSON, J. Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. **Grass and Forage Science**, v.54, p.347-356, 1999.
- HIRATA, M. Response of bahia grass (*Paspalum notatum* Flüggé) sward to cutting height. 3. Density of tillers, stolons and primary roots. **Journal of Japanese Society of Grassland Science**, v.39, p.196-205, 1993.
- HORST, G.L.; NELSON, C.J.; ASAY, K.H. Relationship of leaf elongation to forage yield of tall fescue genotypes. **Crop Science**, v.18, p.715-719, 1978.
- HUNT, L.A. Some implications of death and decay in pasture production. **The Journal of the British Grassland Society**, v.20, p.27-31, 1965.
- JONES, M.B. A comparison of sward development under cutting and continuous grazing management. In: OCCASIONAL SYMPOSIUM – PLANT PHYSIOLOGY AND HERBAGE PRODUCTION, 13, 1981, England. **Proceedings...** England: British Grassland Society, 1981. p.63-67.
- KORTE, C.J.; WATKIN, B.R.; HARRIS, W. Use of residual leaf area index and light interception as criteria for spring-grazing management of ryegrass dominant pasture. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.25, p.309-319, 1982.
- KORTE, C.J.; WATKIN, B.R.; HARRIS, W. Effects of the timing and intensity of spring-grazings on reproductive development, tillering, and herbage production of perennial ryegrass dominant pasture. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.27, p.135-149, 1984.
- LEMAIRE, G; AGNUSDEI, M. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilisation. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL “GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY”, 1999, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1999. p. 165-186.
- LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J., ILLIUS, A.W. **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p.3-36.
- MARRIOT, C.A.; BARTHAM, G.T.; BOLTON, G.R. Seasonal dynamics of leaf extension and losses to senescence and herbivory in extensively managed sown ryegrass-white clover swards. **Journal of Agricultural Science**, v.132, p.77-89, 1999.
- MATTHEW, C.; LEMAIRES, G.; SACKVILLE HAMILTON, N.R. et al. A modified self-thinning equation to describe size/density relationships for defoliated swards. **Annals of Botany**, v.76, p.579-587, 1995.
- MATTOS, J.L.S. **Avaliações morfofisiológicas de espécies de *Brachiaria* sob diferentes disponibilidades de água no solo**. Viçosa: UFV, 2001. 122p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.

- 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**, v.49, p.111-120, 1994.
- MITCHELL, K.J. Influence of light and temperature on the growth of ryegrass (*Lolium* spp.) I. Pattern of vegetative development. **Physiologia plantarum**, v.6, p.21-46, 1953.
- OLIVEIRA, M.A.; PEREIRA, O.G.; MARTINEZ Y HUAMAN, C.A. et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-Bermuda 'Tifton 85' (*Cynodon* spp.) em diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p. 1939-1948, 2000(suplem.1).
- OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. 440p.
- OSORO, K.; MARTÍNEZ, A.; CELAYA, R. Effect of breed and sward height on sheep performance and production per hectare during the spring and autumn in Northern Spain. **Grass and Forage Science**, v.57, p.137-146, 2002.
- PARSONS, A.J.; LEAFE, E.L.; COLLETT, B. et al. The physiology of grass production under grazing. II. Photosynthesis, crop growth and animal intake of continuously-grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, v.20, p.127-139, 1983.
- PARSONS, A.J.; JOHNSON, I.R.; WILLIAMS, J.H.H. Leaf age structure and canopy photosynthesis in rotationally and continuously grazed swards. **Grass and Forage Science**, v.43, p.1-14, 1988.
- PEACOCK, J.M. Temperature and leaf growth in *Lolium perenne*. I. The thermal microclimate: its measurement and relation to crop growth. **Journal of Applied Ecology**, v.12, p.99-113, 1975.
- PEARSE, P.J.; WILMAN, D. Effects of applied nitrogen on grass leaf initiation, development and death in field swards. **Journal of Agricultural Science**, v.103, p.405-413, 1984.
- PEDREIRA, J.V.S.; BOIN, C. Estudo de crescimento do capim elefante, variedade napier (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Boletim de Indústria Animal**, v.26, p.263-273, 1969.
- PINTO, J.C.; GOMIDE, J.A.; MAESTRI, M. Produção de matéria seca e relação folha caule de gramíneas forrageiras tropicais, cultivadas em vasos com duas doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, p.313-326, 1994.
- QUADROS, D.G.; RODRIGUES, L.R.A.; FAVORETTO, V. et al. Componentes da produção de forragem em pastagens dos capins Tanzânia e Mombaça adubadas com quatro doses de NPK. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1333-1342, 2002(suplem.).
- RHODES, I. The relationship between productivity and some components of canopy structure in ryegrass (*Lolium* spp.). **Journal of Agricultural Science**, v.77, p.283-292, 1971.
- ROBSON, M.J. The growth and development of simulated swards of perennial ryegrass. I. Leaf growth and dry weight change as related to the ceiling yield of a seedling sward. **Annals of Botany**, v.37, p.487-500, 1973.

- ROBSON, M.J. Potential production – what is it and can we increase it?. In: OCCASIONAL SYMPOSIUM – PLANT PHYSIOLOGY AND HERBAGE PRODUCTION, 13, 1981, England. **Proceedings...** England: British Grassland Society, 1981. p.5-17.
- SANTOS, P.M.; CORSI, M.; BALSALOBRE, M.A.A. Efeito da frequência de pastejo e da época do ano sobre a produção e a qualidade em *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p. 244-249, 1999.
- SAS INSTITUTE. **SAS system for windows**. Version 8.0. Cary: SAS Institute Inc. 1999. 2 CD-ROMs.
- SBRISSIA, A.F.; SILVA, S.C.; CARVALHO, C.A.B. et al. Tiller size/population density compensation in grazed coastcross bermudagrass swards. **Scientia Agricola**, v.58, p. 655-665, 2001.
- SILSBURY, J.H. Leaf growth in pasture grasses. **Tropical Grasslands**, v.4, p.17-36, 1970.
- SIMON, J.C., LEMAIRE, G. Tillering and leaf area index in grasses in the vegetative phase. **Grass and Forage Science**, v.42, p.373-380, 1987.
- SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Role of leaf appearance rate and the coleoptile tiller in regulating tiller production. **Crop Science**, v.34, p.71-75, 1994.
- SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v.35, p.4-10, 1995.
- SUGIYAMA, S.; YONEYAMA, M.; TAKAHASHI, N. et al. Canopy structure and productivity of *Festuca arundinacea* Schreb. swards during vegetative and reproductive growth. **Grass and Forage Science**, v.40, p.49-55, 1985.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 2nd ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. 792p.
- UEBELE, M.C. **Padrões demográficos de perfilhamento e produção de forragem em pastos de capim Mombaça submetidos a regimes de lotação intermitente**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2002. 83p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, 2002.
- UNRUH, J.B.; GAUSSION, R.E.; WIEST, S.C. Basal growth temperatures and growth rate constants of warm-season turfgrass species. **Crop Science**, v.36, p.997-999, 1996.
- VOLENEC, J.J.; NELSON, C.J. Carbohydrate metabolism in leaf meristems of Tall Fescue. **Plant Physiology**, v.74, p.595-600, 1984.
- WOLEDGE, J. The photosynthesis of ryegrass leaves grown in a simulated sward. **Annals of Applied Biology**, v.73, p.229-237, 1973.
- WOLEDGE, J. The effects of shading and cutting treatments on the photosynthetic rate of ryegrass leaves. **Annals of Botany**, v.41, p.1279-1286, 1977.
- ZARROUGH, K.M.; NELSON, C.J. Regrowth of genotypes of tall fescue differing in yield per tiller. **Crop Science**, v.20, p.540-544, 1980.

CAPÍTULO II

ANÁLISE DO CRESCIMENTO DO DOSSEL DE *PANICUM MAXIMUM* CV. MOMBAÇA SOB LOTAÇÃO INTERMITENTE COM TRÊS PERÍODOS DE DESCANSO

1. INTRODUÇÃO

A produção primária líquida é a variável de interesse imediato quando se deseja medir o rendimento de um ecossistema vegetal. Todavia, para se esclarecer os mecanismos morfofisiológicos responsáveis pela produção de biomassa, são necessárias informações somente obtidas por meio da análise de crescimento (Beadle, 1993).

Apenas duas medições são necessárias para um estudo de análise de crescimento: uma variável que meça a biomassa vegetal e outra que informe sobre a magnitude do aparelho assimilativo da planta em estudo (Radford, 1967).

A taxa de crescimento da cultura (TCC) é um índice da eficiência produtiva de uma comunidade vegetal em gerar biomassa (Hunt, 1990), podendo ser estimada a partir de outros índices de crescimento, como o índice de área foliar (IAF) e a taxa de assimilação líquida (TAL) (Brown & Blaser, 1968; Lambers, 1987).

A taxa de crescimento relativo (TCR) expressa, por sua vez, o crescimento em termos de incremento de biomassa por unidade de biomassa presente por unidade de tempo e tende a diminuir com o tempo (Gomide & Gomide, 1999; Oliveira et al., 2000). A razão é que a biomassa presente a cada instante aumenta com o crescimento da planta, do que resulta que a eficiência de conversão de assimilados em matéria seca reduz-se com o tempo, devido ao maior gasto energético com a respiração de manutenção, que é função do peso da planta (Robson, 1973b), devido à menor capacidade fotossintética do dossel em idade mais avançada (Woledge e Leafe, 1976) e devido ao sombreamento mútuo das folhas (Woledge 1973 e 1977).

Ainda que se constitua numa segunda aproximação para a visualização da capacidade efetiva da planta como produtora de novo material, a TCR ainda é um índice meramente quantitativo da capacidade de crescimento da planta (Watson, 1952), pois tal

biomassa poderia se constituir basicamente de tecido de sustentação, de influência secundária no crescimento subsequente.

A taxa de assimilação líquida (TAL), que expressa o crescimento em termos de aumento de biomassa por unidade de material assimilativo, por unidade de tempo, complementa a TCR, por ser um índice qualitativo do investimento da planta em “capital produtivo”, pois o processo fisiológico determinante do aumento de matéria seca, a fotossíntese (Zelitch, 1982), ocorre principalmente em tecidos foliares verdes.

Ludlow & Wilson (1970) enfatizaram que outros tecidos verdes, além de folhas, poderiam contribuir para a fotossíntese e sua exclusão levaria à superestimativa da capacidade fotossintética das folhas. Contudo, seus resultados mostraram participação de caules verdes na fotossíntese apenas em leguminosas e, como regra geral, admitiram que a capacidade fotossintética da planta depende basicamente da atividade foliar. De fato, Parsons et al. (1983) relataram que a atividade fotossintética das bainhas correspondeu a menos de 5% da fotossíntese do dossel de *Lolium perenne*.

Também a TAL tende a decrescer com o tempo (Gomide & Gomide, 1999; Oliveira et al., 2000) em função da redução na eficiência fotossintética das folhas devido ao sombreamento mútuo (Woledge, 1973; Woledge, 1977), ao envelhecimento dos tecidos foliares (Woledge, 1971; Parsons et al., 1983) e à respiração dos tecidos fotossintetizantes (Pearce et al., 1965). Da comparação entre as curvas de TCR e TAL para uma mesma espécie ou cultivar pode-se depreender sobre a partição de carbono ao longo do tempo entre tecidos fotossintetizante e de sustentação.

No método para a estimativa desses dois índices de crescimento, bastam apenas dois pontos extremos, obtendo-se o crescimento médio para todo o intervalo. Para validade de tal técnica, duas pressuposições são necessárias, segundo Radford (1967): a) relação linear entre a área foliar (AF) e a biomassa vegetal, dentro do intervalo; b) que a área foliar e o peso da planta não sejam funções descontínuas de tempo. Como em condições de campo tais pressuposições podem não ocorrer por um longo período, estimativas mais confiáveis dos índices são obtidas aumentando-se a frequência e o número de amostragens. Segundo Watson (1952), frequência de colheita de uma a duas semanas seria suficientemente curta para garantir tal linearidade.

Os índices de crescimento podem ser afetados tanto pela espécie em estudo, como pela disponibilidade de fatores abióticos e pelo manejo adotado. Mott et al. (1992) mencionaram que *Themeda tiandra* foi a espécie mais sensível à desfolhação, em razão

de sua menor capacidade de manter balanço de carbono positivo após a desfolhação, o que pode ser ocasionado por taxa fotossintética e área foliar específica reduzidas e também por uma grande proporção de bainhas foliares residuais, com baixa capacidade fotossintética.

A capacidade fotossintética do dossel varia com o ambiente luminoso. Robson (1973b), investigando a fotossíntese e respiração de dossel de *Lolium perenne*, relatou que a taxa fotossintética líquida do dossel elevou-se até a sexta semana de rebrotação, acompanhando a evolução do IAF. A partir de então, e até a nona semana, a fotossíntese do dossel declinou, voltando a elevar-se após esse momento. Tal fenômeno pode ser explicado pela elevação no IAF num primeiro momento contribuindo para o aumento na fotossíntese do dossel, embora a capacidade fotossintética individual das novas folhas fosse menor (Woledge 1973 e 1977). No segundo momento, o efeito do sombreamento mútuo, suplantando a vantagem da elevação do IAF, reduziu a fotossíntese líquida do dossel. A inversão observada no terceiro momento deveu-se ao alongamento das hastes, elevando os meristemas apicais para o topo do dossel, possibilitando desenvolvimento das novas folhas em ambiente mais iluminado e, assim, elevando sua capacidade fotossintética (Robson, 1973b).

Quanto ao efeito da frequência de desfolhação sobre os índices de crescimento, Ruggieri et al. (1994) observaram menores valores de TCR de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob desfolhações menos frequentes. Atribuíram tal fato à qualidade do material remanescente após a desfolhação que, executada sempre a 20 cm do solo, propiciou folhas de baixa capacidade fotossintética na menor frequência de desfolhação.

Por sua vez, Gomide (2001) relatou progressivo decréscimo da TAL durante a rebrotação de *Panicum maximum* cv. Mombaça e efeito da duração do crescimento anterior à desfolhação sobre essa variável. Assim, plantas desfolhadas aos 16 dias apresentaram TAL decrescendo a partir de um valor inicial de $39,9 \text{ g/m}^2 \times \text{dia}$; por outro lado, plantas desfolhadas após 37 dias de crescimento apresentaram valor negativo de TAL logo no início da rebrotação. Visto que a TAL representa o balanço entre fotossíntese e respiração (Lambers et al., 1989), o menor peso das plantas, ao tempo da desfolhação, no primeiro caso, associado à elevada capacidade fotossintética das novas folhas, formadas em ambiente bem iluminado (Woledge 1973 e 1977), propiciou elevado valor inicial da TAL. No segundo caso, a idade mais avançada das plantas à desfolhação resultou em grande biomassa residual, de alto custo respiratório (King et

al., 1984), acarretando balanço de carbono negativo no início da rebrotação, o que também foi relatado por Davidson & Milthorpe (1966). Além disso, o ambiente mais sombreado em função do elevado IAF teria ocasionado menor capacidade fotossintética das novas folhas formadas, contribuindo para os valores iniciais negativos da TAL.

Outro índice de crescimento importante é a razão de área foliar (RAF), que expressa o nível de investimento da planta em material assimilativo a cada instante. Gomide (2001), analisando o crescimento de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob duas frequências de corte, relatou elevação na RAF, seguida de seu declínio com o decorrer da rebrotação após corte aos 16 e 37 dias de crescimento. Menores valores de RAF foram observados no corte após 37 dias, que propiciou maior biomassa residual e, conseqüentemente, comprometimento dos valores iniciais de RAF.

Parsons & Penning (1988) propuseram a avaliação de um novo índice, a taxa de crescimento médio (TCM) para ser utilizado como critério de manejo a definir a frequência de desfolhação ótima. Dentro desse princípio, Holmes (1962) comentou que um sistema de lotação que almeja elevados rendimento animal e retorno econômico, tem que levar em consideração as flutuações estacionais de crescimento da vegetação.

Para o acompanhamento detalhado da resposta da comunidade vegetal às variações do ambiente e de manejo, a análise de crescimento é ferramenta de fundamental importância, embora sua execução sob condições de pastejo nem sempre seja factível.

Esse estudo foi conduzido com o objetivo de analisar o crescimento do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente, observando períodos de descanso definidos pelo número de novas folhas expandidas por perfilho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Na Central de Experimentação, Pesquisa e Extensão do Triângulo Mineiro (CEPET/UFV, localizada a 18°41' S, 49°34'O), foram conduzidos, de novembro de 2000 a março de 2001, dois estudos de análise de crescimento do capim Mombaça (*Panicum maximum*) sob pastejo em lotação intermitente, caracterizado por três períodos de descanso. Estes foram definidos em função do tempo necessário para a expansão de 2,5; 3,5 e 4,5 novas folhas por perfilho, após período de pastejo de seis dias. O histórico da área, a caracterização climática, imposição dos tratamentos e manejo geral da pastagem e dos novilhos estão detalhados no capítulo I desta tese.

A análise de crescimento constou de duas fases. Em um primeiro momento, logo após a roçada de uniformização em novembro de 2000, foi conduzido um ensaio inicial, doravante denominado Crescimento 1, sem influência dos períodos de descanso. Em outra ocasião, após alguns ciclos de pastejo, foi investigado o crescimento do dossel sob efeito dos três períodos de descanso, denominado Crescimento 2. Ao início de cada crescimento, os piquetes receberam adubação em cobertura de N, P₂O₅ e K₂O, na dose de 50; 12,5 e 50 kg/ha, respectivamente.

Numa única data para o crescimento 1 e noutra para o crescimento 2, foi efetuada análise retrospectiva do dossel, ou seja, amostrando-se a vegetação de piquetes com idades variando de quatro (início da rebrotação) até 45 dias (final da rebrotação), sendo de seis dias o intervalo médio das idades das biomassas presentes. Em cada uma destas idades, foram efetuadas leituras da interceptação de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e AF, utilizando-se o sistema de análise de dossel – SUNSCAN (Delta-T, Cambridge, Inglaterra), perfazendo 20 leituras por piquete, entre 9 e 15 horas, cobrindo uma circunferência de 10 m de raio em torno de um ponto representativo da condição média do dossel no piquete pertinente.

Concomitantemente, nos mesmos piquetes, foram amostrados pontos representativos da condição média do dossel para determinação da massa seca de forragem verde (MSFV), segundo o método agrônômico. Foi efetuada a colheita da biomassa total a 20 cm do solo em duas molduras de 1 × 1 m, em cada piquete. Tais amostras foram levadas ao laboratório, onde se processou a separação do material vivo do material morto, o primeiro sendo seco em estufa de ventilação forçada a 65°C e pesado. A partir dos dados obtidos, estimou-se a MSFV.

Tomando-se os dados de MSFV e área foliar (AF), foram ajustados modelos polinomiais de segundo grau em função da idade do dossel, ao tempo das amostragens. Em seguida, a partir da derivada primeira do modelo quadrático da MSFV em função da idade, estimaram-se os valores instantâneos para a taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de assimilação líquida (TAL), conforme Radford (1967), pelas fórmulas:

$$TCR = \frac{1}{W} \times \frac{dW}{dt}$$

$$TAL = \frac{1}{AF} \times \frac{dW}{dt}$$

onde,

W = valor instantâneo da massa seca de forragem verde estimado a partir da respectiva equação quadrática (g/m^2);

AF = valor instantâneo da área foliar estimado a partir da respectiva equação quadrática ($\text{m}^2_{\text{fol}}/\text{m}^2$);

dW/dt = equação derivada primeira da respectiva equação quadrática da massa seca de forragem verde em função do tempo de rebrotação ($\text{g}/\text{m}^2 \times \text{dia}$).

O valor instantâneo da razão de área foliar (RAF) foi obtido pelo quociente entre os valores estimados de AF e $MSFV$ para cada idade. De posse das estimativas de TCR , TAL e RAF , foram elaborados gráficos ligando-se os pontos obtidos para cada estimativa.

A partir do modelo quadrático da $MSFV$ em função da idade de rebrotação, foram estimadas as taxas de crescimento instantâneo (TCI) e de crescimento médio (TCM), de acordo com Parsons & Penning (1988).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

CRESCIMENTO 1

As estimativas de intercepção da RFA, o IAF e a massa seca de forragem verde ($MSFV$) ao longo da rebrotação do Crescimento 1 podem ser visualizadas na Figura 1. Verifica-se, que a curva de intercepção da RFA apresenta padrão assintótico, cujo valor máximo, de 95%, tem ocorrência estimada aos 30 dias de idade. A partir de então, essa variável estabilizou-se, apesar da continuação do crescimento dos valores de IAF e da $MSFV$. Tais constatações teriam explicação a partir de um rearranjo na estrutura do dossel em razão do alongamento das hastes. Como consequência, não somente as folhas ficaram mais espaçadas, mas também seu ângulo médio como a superfície do solo cresceu de 57° no início da rebrotação, atingindo 72° aos 39 dias (dados não mostrados). O resultado de tal alteração na arquitetura é a redução no coeficiente de extinção luminosa do dossel (Sugiyama et al., 1985), melhor distribuição da luz ao longo do perfil do dossel, reduzindo o sombreamento mútuo e elevando a eficiência de utilização da RFA interceptada (Robson, 1981).

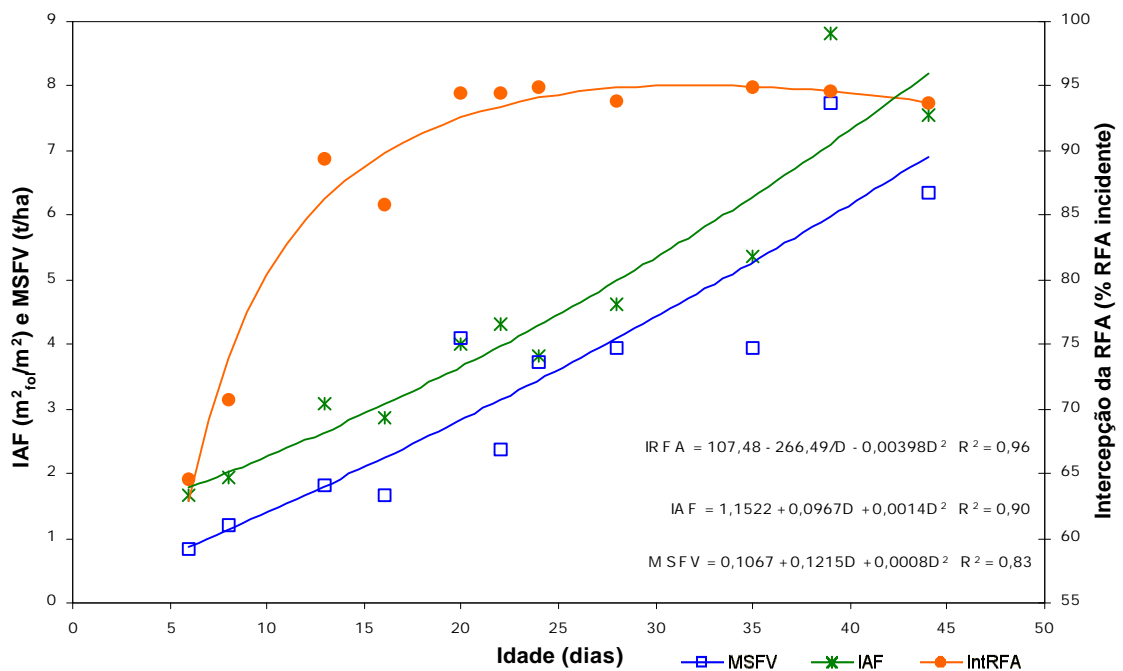


Figura 1 - Massa seca de forragem verde (MSFV), índice de área foliar (IAF) e intercepção de radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) em dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça em rebrotação após roçada.

Bélangier et al. (1992), analisando o crescimento de *Festuca arundinacea* sob doses crescentes de nitrogênio, relataram que o IAF continuou a se elevar além da máxima intercepção da RFA, mostrando ser assintótico o padrão da curva de intercepção da RFA em relação aos valores crescentes de IAF. Segundo esses autores, a resposta de uma cultura a um fator de crescimento depende da intercepção da RFA e da eficiência de utilização da RFA interceptada (EUR) até a máxima intercepção. Após esse momento, a cultura pode prolongar seu crescimento mediante o aumento na EUR. Sinclair & Horie (1989) comentaram que, para um dossel com IAF de 0,8, a EUR equivale a apenas 10% da EUR do mesmo dossel quando o IAF atinge o valor de 4,0. Apesar desse aumento na EUR com a continuidade do crescimento, Pearce et al., (1965) alertaram que a eficiência fotossintética de cada folha se reduz paulatinamente, o que faz desencadear o processo de senescência nas folhas mais próximas ao solo quando se verificar seu intenso sombreamento e, assim, o valor teto de MSFV será alcançado quando crescimento e senescência de novos tecidos se igualarem (Robson, 1973a).

Ao contrário da intercepção da RFA, o IAF e a MSFV continuaram a se elevar até o final do período de 45 dias de avaliação (Figura 1), o que seria inesperado em função

da intensificação do processo de senescência após o IAF crítico (Hunt, 1965), o que, mais cedo ou mais tarde, determinaria o alcance da MSFV teto. Cogita-se que o alongamento das hastes, permitindo melhor distribuição da luz no perfil do dossel, atrasou o processo de senescência, impedindo o alcance da MSFV teto dentro do período avaliado. Além disso, o próprio alongamento das hastes, com sua maior densidade, contribui para o aumento progressivo da MSFV.

Da alta correlação (0,965**) entre os valores estimados de IAF e MSFV infere-se a relevância da área foliar não só como componente importante da MSFV, mas também por sua influência direta no crescimento da vegetação, principalmente antes do alcance do IAF crítico, por propiciar aumento na fotossíntese do dossel. Ryle & Powell (1974), mostrando a relação entre IAF e fotossíntese do dossel, relataram ter sido a assimilação de CO₂ em *Zea mays* vinte vezes maior que em *Lolium perenne* no mesmo estágio de desenvolvimento devido, em grande parte, a diferenças na área foliar das duas espécies.

Durante o Crescimento 1, observa-se que a TCR apresentou comportamento decrescente com o avançar da rebrotação (Figura 2). Logo no início, seu valor foi superior a 0,17 g/g × dia, reduzindo-se para próximo de 0,02 g/g × dia aos 45 dias. O valor inicial, ligeiramente superior ao relatado por Barbosa et al. (2002) para *Panicum maximum* cv. Tanzânia sob pastejo, refletiria o potencial de produção um pouco superior da cultivar Mombaça referente à Tanzânia. Por outro lado, foi bem inferior ao relatado por Gomide & Gomide (1999), de 0,7 g/g × dia, trabalhando com a cv. Mombaça em casa de vegetação e sob condições ideais de suprimento hídrico e de nutrientes e sem a competição entre plantas observada no campo. Embora as condições de temperatura durante o crescimento 1 (novembro e dezembro) não tenham sido adversas (Figura 2 do capítulo I desta tese), a baixa pluviosidade (Figura 1 do capítulo I desta tese) e a modesta dose de nitrogênio aplicada, da ordem de 50 kg/ha, podem ter constituído fator determinante dos valores de TCR relativamente baixos.

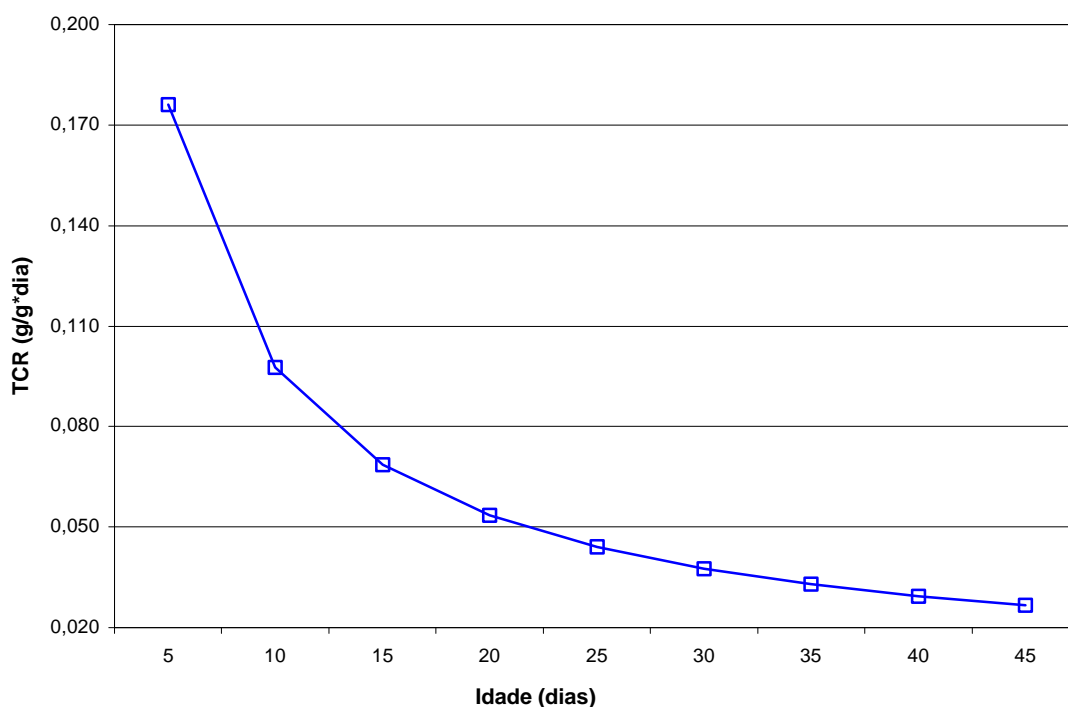


Figura 2 – Estimativas da taxa de crescimento relativo (TCR) em dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça em rebrotação após roçada.

Por outro lado, a queda na TCR desde o início do período avaliado é, aparentemente, controversa. Gomide (2001), trabalhando em casa de vegetação, relatou elevação na TCR dessa mesma cultivar nos primeiros seis dias de rebrotação e posterior queda. A explicação para tal discrepância no início da rebrotação pode estar no momento em que foi feita a primeira avaliação neste estudo. Aos seis dias de rebrotação, menor idade avaliada, o dossel já apresentava um IAF estimado pela equação quadrática (Figura 1) de 1,8, ou seja, praticamente similar ao IAF residual do Crescimento 2 (Figuras 4, 5 e 6). Dessa forma, pode-se considerar que, por ocasião do sexto dia de rebrotação do Crescimento 1, o dossel já tinha experimentado uma fase anterior de intensos crescimento e recomposição do aparato fotossintético.

O incremento em biomassa ao longo do tempo, além de fatores como redução na fotossíntese líquida do dossel e instalação do sombreamento mútuo, é um fator determinante no decréscimo da TCR. Como $TCR = TAL \times RAF$, pode-se observar, por intermédio da Figura 3, que tanto o decréscimo da TAL (resultante da redução na fotossíntese líquida do dossel e aumento da taxa respiratória), como da RAF (resultante do alongamento das hastes) ao longo do tempo influíram na redução da TCR. Poorter (1989), investigando o crescimento de oito espécies herbáceas selvagens do tipo C_3 ,

incluindo gramíneas e leguminosas, mencionou que a TAL apresentou correlação negativa significativa, mas de pequena magnitude, com a TCR. Por outro lado, a correlação entre RAF e TCR foi positiva e altamente significativa. Esse não parece ter sido o caso no presente experimento.

As reduções na TCR e na TAL, mais acentuadamente na primeira, logo no início da rebrotação, comportamento idêntico ao verificado por Oliveira et al. (2000), trabalhando com *Cynodon* spp. cv. Tifton 85, sugerem elevada taxa fotossintética por unidade de área foliar a esse instante. De outra forma, indica pronta recomposição da área foliar do dossel desde o início do período avaliado (a partir do sexto dia de rebrotação), propiciando redução em tais índices a partir de então. Gomide et al. (2002) verificaram que a desfolhação total de perfilhos de *Panicum maximum* cv. Mombaça acarretou elevação progressiva na TCR até os nove e na TAL até os 16 dias de rebrotação e atribuíram tal fato à pronta recomposição da área foliar da planta, durante esse período, o que provavelmente já ocorrera no presente estudo até o sexto dia de rebrotação.

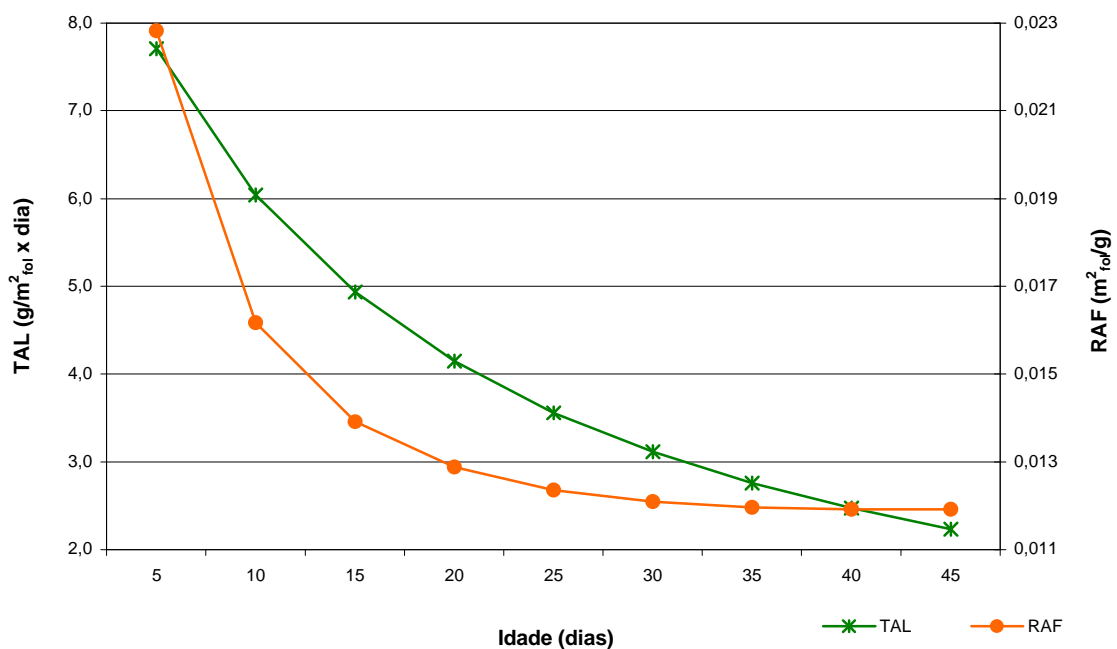


Figura 3 – Estimativas da taxa de assimilação líquida (TAL), e da razão de área foliar (RAF) em dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça em rebrotação após roçada.

As estimativas da RAF apresentaram redução acentuada nos primeiros quinze dias de rebrotação (Figura 3), donde se infere partição preferencial de carbono para as hastes

e outros órgãos não foliares. Tal redução também indica que a área foliar no início do período avaliado (sexto dia de rebrotação) já se encontrava restabelecida. Gomide (2001) relatou elevação na RAF nas primeiras três semanas de rebrotação da cultivar Mombaça em casa de vegetação. Possivelmente, o processo de recomposição da área foliar ocorreu mais rapidamente no presente estudo, em que a roçada foi efetuada a 20 cm do solo, ao contrário do que ocorrera no estudo do referido autor, em que o corte foi efetuado a 8 cm do solo.

INTERCEPÇÃO DA RFA, IAF E MSFV SOB EFEITO DOS PERÍODOS DE DESCANSO

As curvas da intercepção da RFA, de IAF e de MSFV, após alguns ciclos de pastejo sob os diferentes períodos de descanso, podem ser visualizadas nas Figuras 4, 5 e 6. Foram descartados os valores referentes à primeira data de avaliação (cinco dias de rebrotação) relativos ao dossel sob período de descanso de 3,5 folhas (Figura 5), já que o piquete pertinente, ainda sob efeito do ciclo de pastejo anterior, não tinha recebido a segunda adubação.

As curvas de intercepção da RFA, MSFV e IAF no dossel sob período de descanso de 2,5 folhas podem ser visualizadas por meio da Figura 4. A intercepção da RFA foi crescente até o 23^o dia de rebrotação, quando atingiu o valor máximo estimado de 92,2%, decrescendo posteriormente (Figura 4). Tal decréscimo explicar-se-ia em razão da amostragem referente ao 29^o dia ter sido efetuada num piquete sob efeito do ciclo de pastejo anterior, não tendo recebido até o momento da amostragem a adubação inicial do Crescimento 2, acarretando subestimativa do seu IAF, em virtude do seu menor vigor de rebrotação. Não foi feito o descarte das respectivas amostras, como procedido no caso do período de descanso de 3,5 folhas, em função do pequeno número de pontos disponíveis para o ajuste de um modelo matemático apropriado.

A curva da MSFV apresentou comportamento quadrático, com o valor máximo estimado (4,5 t/ha) correspondendo ao 20^o dia de rebrotação (Figura 4). Por outro lado, a curva do IAF estimada a partir da função quadrática apresentou-se progressivamente crescente. Isso é biologicamente inesperado, na medida em que com a continuidade do crescimento ocorre intensificação do processo de senescência (Hunt, 1965) e conseqüente estabilização (Robson, 1973a) ou redução no IAF.

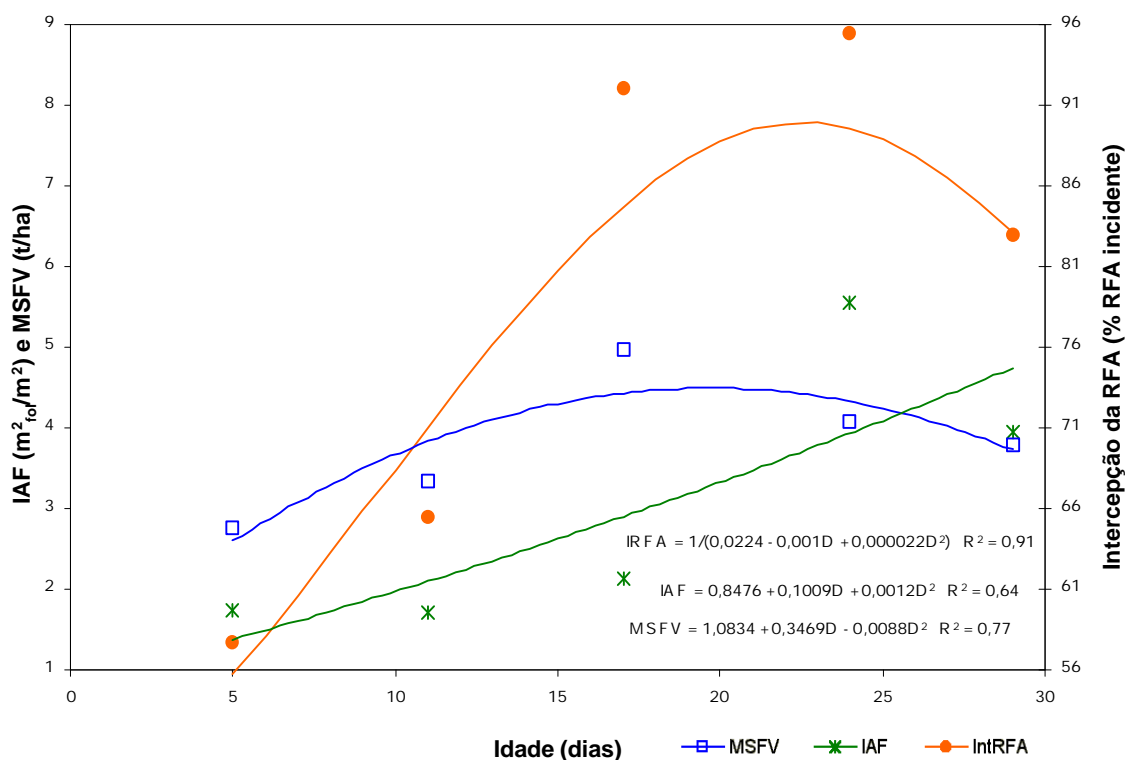


Figura 4 – Massa seca de forragem verde (MSFV), índice de área foliar (IAF) e intercepção de radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) em dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça no período de descanso até a expansão de 2,5 novas folhas por perfilho.

A curva de intercepção da RFA no dossel sob período de descanso de 3,5 folhas apresentou-se assintótica em relação ao aumento na idade de rebrotação, estabilizando-se em valores ligeiramente acima de 95% (Figura 5). Estabilização da intercepção da RFA em 95% foi relatada por Pearce et al. (1965), trabalhando com *Dactylis glomerata*. A curva da MSFV também tendeu a estabilizar-se ao final do período de descanso de 3,5 folhas, em valores próximos de 7,25 t/ha (Figura 5). Esse maior acúmulo de forragem, comparativamente ao dossel sob menor período de descanso (Figura 4) é devido ao alongamento das hastes constituindo importante componente da produção ao final do período de descanso de 3,5 folhas. A curva do IAF do dossel sob tal período de descanso não apresentou tendência nem de estabilização, nem de redução, ao final do crescimento (Figura 5), biologicamente inesperado, conforme já discutido para o dossel sob período de descanso de 2,5 folhas.

A intercepção da RFA tendeu a estabilizar-se em torno de 98% para o dossel sob período de descanso de 4,5 folhas (Figura 6), o que está acima dos 95% de intercepção relatados por Pearce et al. (1965) para *Dactylis glomerata*. Woledge & Leafé (1976)

verificaram que elevada interceptação da RFA no início da rebrotação, com baixa correlação com IAF, esteve associada à grande quantidade de material morto. Portanto, ainda que essa estimativa tenha sido efetuada com a sonda posicionada a 20 cm do solo, altura de colheita das amostras para estimativa da MSFV, pode ser que tenha havido sobreposição de material morto, elevando a RFA interceptada, mas sem significado fisiológico.

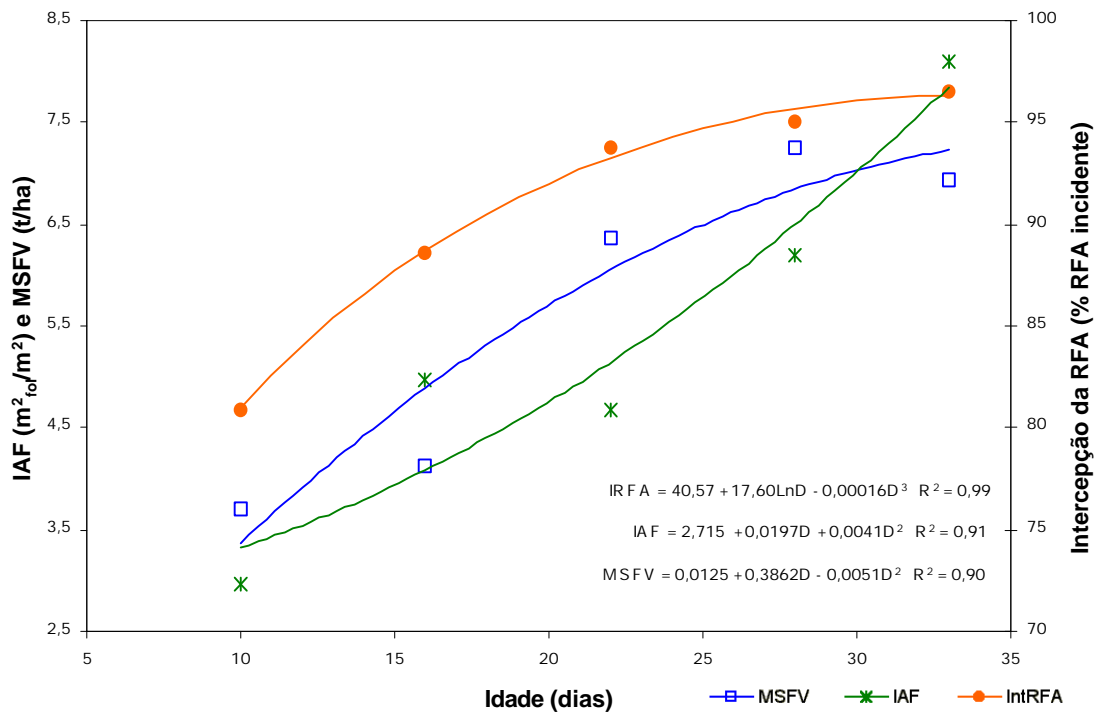


Figura 5 – Massa seca de forragem verde (MSFV), índice de área foliar (IAF) e interceptação de radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) em dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça no período de descanso até a expansão de 3,5 novas folhas por perfilho.

A curva da MSFV também apresentou tendência de estabilização ao final do período de descanso de 4,5 folhas, em valores próximos a 11,8 t/ha (Figura 6). Tal fato decorreu não apenas do mais longo tempo de acúmulo de forragem, mas também do intenso alongamento das hastes verificado nesse dossel (capítulo I desta tese). O padrão da curva do IAF nos piquetes sob período de descanso de 4,5 folhas apresenta ponto de máximo, embora não perceptível dentro do intervalo avaliado (Figura 6). Esperar-se-ia estabilização no IAF após a senescência da primeira folha expandida, o que ocorreu por volta do 33^o dia. Ainda que o alongamento das hastes, favorecendo maior luminosidade

no interior do dossel, possa ter protelado a senescência da primeira folha expandida, não seria suficiente para elevar o seu tempo de vida além dos 45 dias.

De qualquer modo, observou-se nos dosséis sob efeito dos períodos de descanso de 3,5 e 4,5 folhas o mesmo comportamento descrito para o Crescimento 1, relativamente aos crescentes valores de IAF e MSFV, além do valor de IAF crítico, refletindo o rearranjo na arquitetura do dossel em razão da intensificação do alongamento das hastes.

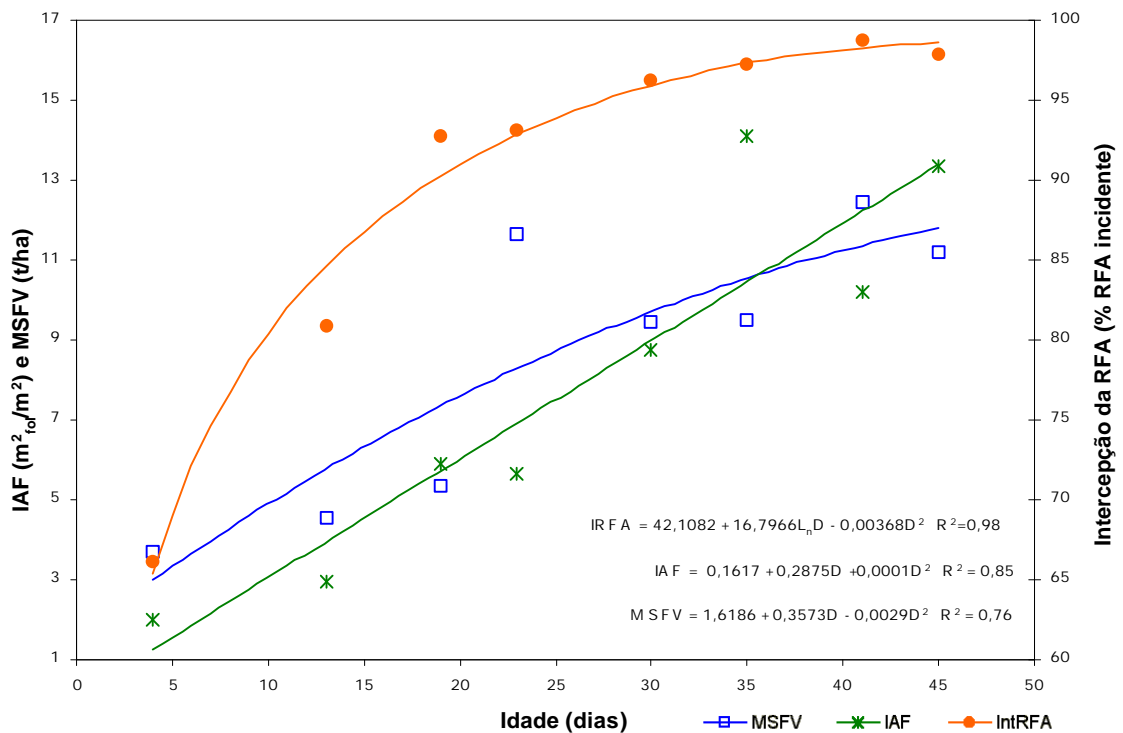


Figura 6 – Massa seca de forragem verde (MSFV), do índice de área foliar (IAF) e da intercepção de radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) em dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça no período de descanso até a expansão de 4,5 novas folhas por perfilho.

Face à discrepância das tendências do IAF e MSFV, não foi possível obter curvas confiáveis para a RAF no Crescimento 2.

A partir dos dados de RFA, intercepção da RFA e MSFV, estimou-se a MSFV em função do acúmulo da RFA interceptada, a partir da equação linear ajustada, cujo coeficiente angular representa a EUR, segundo Bélanger et al. (1992). Os valores estimados de EUR, mostraram-se muito baixos, tanto no Crescimento 1, como para os dosséis sob efeito de quaisquer dos períodos de descanso no Crescimento 2 (Tabela 1). De fato, tais valores são inferiores inclusive à EUR de 2,16 g/MJ observada por

Bélanger et al. (1992) para *Festuca arundinacea*, gramínea do tipo C₃, sob doses de nitrogênio de até 240 kg/ha. Assim, os baixos valores das estimativas de EUR são atribuídos à modesta adubação nitrogenada (50 kg/ha no início de cada crescimento) e à pouca disponibilidade de chuvas (Figura 1 do capítulo I desta tese) durante o Crescimento 2 (26 dezembro de 2000 a 09 de fevereiro de 2001), visto que as condições de temperatura (Figura 2 do capítulo I desta tese), estiveram acima do valor mínimo (13,8°C) para o crescimento de *Panicum maximum* cv. Mombaça (Garcez Neto, 2002). Lawlor (1995) citou EUR, para as gramíneas C₄ da ordem de 5-6 g/MJ. A confiabilidade dessas estimativas é, entretanto, questionável, à vista dos seus baixos coeficientes de determinação.

Tabela 1 – Eficiência de utilização da radiação fotossinteticamente ativa incidente (EUR), em termos de massa seca, em dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça em rebrotação após roçada mecânica e sob três períodos de descanso

Tratamento	Equação	R ²	EUR (g/MJ)
Crescimento 1	$y = 46,595 + 0,9047x$	0,84	0,9
Crescimento 2:			
2,5 folhas	$y = 252,88 + 0,5673x$	0,64	0,6
3,5 folhas	$y = 460,19 + 0,4179x$	0,40	0,4
4,5 folhas	$y = 427,55 + 0,9804x$	0,45	1,0

De qualquer modo, a mais baixa EUR do dossel sob período de descanso de 3,5 folhas, comparativamente aos outros dois no Crescimento 2, mostra a sua dificuldade em se adaptar ao manejo imposto. O dossel de mais eficiente utilização da RFA interceptada foi aquele sob período de descanso de 4,5 folhas (Tabela 1), com uma EUR em torno de 1,0 g/Mj, provavelmente pelo efeito do intenso alongamento das hastes em propiciar menor sombreamento mútuo e maior capacidade fotossintética das novas folhas formadas.

ÍNDICES DE CRESCIMENTO DO DOSSEL SOB EFEITO DOS PERÍODOS DE DESCANSO

As taxas de crescimento relativo (TCR) do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça em rebrotação sob efeito dos três períodos de descanso podem ser

visualizadas na Figura 7. Nos três casos, há decréscimo acentuado na TCR ao longo do período de descanso. De maneira geral, os valores iniciais estão bem inferiores ao obtido no Crescimento 1. Esta diferença se atribui à menor MSFV inicial no Crescimento 1 (1000 kg/ha), relativamente à média do Crescimento 2 (3373 kg/ha). A queda drástica na TCR do dossel sob período de descanso de 2,5 folhas, atingindo valores negativos já aos vinte dias de rebrotação, se explicaria pela inesperada queda na MSFV ao final de um período de descanso tão curto (Figura 4), conforme já discutido anteriormente.

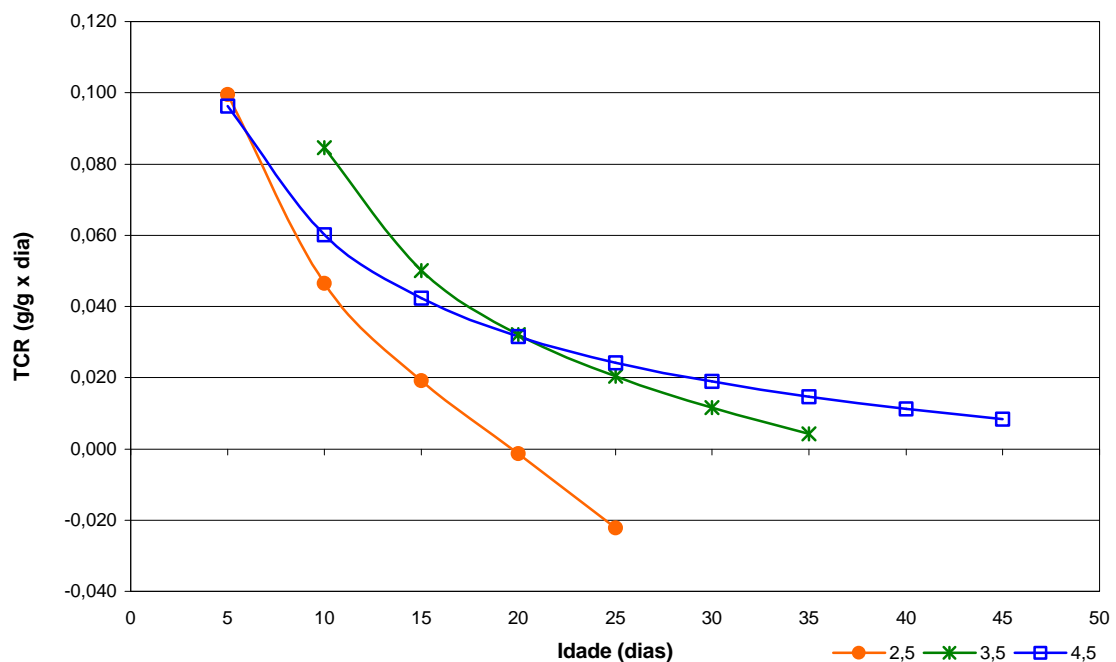


Figura 7 – Estimativas da taxa de crescimento relativo (TCR) em dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça em rebrotação durante três períodos de descanso: 2,5; 3,5 e 4,5 novas folhas expandidas por perfilho.

A TCR do dossel sob período de descanso de 3,5 folhas foi superior àquele sob período de descanso de 4,5 folhas às idades de 10 e 15 dias de rebrotação, sendo ultrapassada pela TCR deste último a partir do vigésimo dia, momento próximo da estabilização da interceptação da RFA, isto é, em que o IAF crítico é alcançado (Figuras 5 e 6). Tal fato propiciaria intensificação do alongamento das hastes, que foi mais expressiva no dossel sob período de descanso de 4,5 folhas (capítulo I desta tese) modificando seu padrão de crescimento. De fato, conforme os dados de morfogênese, os dosséis sob período de descanso de 2,5 e 4,5 folhas apresentaram elevada capacidade de adaptação morfofisiológica ao pastejo, caracterizada por mais alta taxa de alongamento

foliar e alta densidade populacional de perfilhos nos piquetes sob período mais curto e intenso alongamento das hastes, naqueles sob mais longo período de descanso.

A taxa de assimilação líquida (TAL) do dossel também decresceu ao longo dos três períodos de descanso testados (Figura 8). Tal resultado decorre da queda na sua capacidade fotossintética, maior gasto energético com respiração de manutenção e ao sombreamento mútuo das folhas. Excetuando-se o dossel sob período de descanso de 2,5 folhas, cuja TAL atingiu valores negativos também pela acentuada e inesperada queda na MSFV, aqueles sob período de descanso de 3,5 e 4,5 folhas apresentaram comportamento similar, em tendência e magnitude ao longo de toda a rebrotação.

UMA VISÃO CRÍTICA

Apesar da importância da análise de crescimento como base para a interpretação da resposta de plantas forrageiras a condições diferenciadas de manejo, estudos realizados nessa área são recentes e ainda escassos (Beretta et al., 1999; Gomide & Gomide, 1999; Oliveira et al., 2000; Barbosa, et al., 2002). Além disso, esse foi o primeiro estudo de que se tem notícia no Brasil, de análise de crescimento em área sob pastejo, segundo o método funcional, proposto por Radford (1967).

Muito embora o método funcional propicie correção de distorções, algumas premissas não podem ser negligenciadas, sob pena de comprometer a validade do método. A análise de crescimento já é complexa no sentido de que são feitas amostras destrutivas a cada idade e, assim, não se pode acompanhar a evolução da massa seca e da área foliar de uma mesma planta. Ademais, sob pastejo, em que a área experimental está sujeita aos efeitos do pisoteio e da desfolhação pelos animais e das variações climáticas, o problema assume proporções expressivas. A análise retrospectiva, foi comprometida em razão de se ter amostras de piquetes diferentes para cada idade, isto é, variação de piquetes, além de grande variação na ocorrência de chuvas ao longo dos 25, 35 e 45 dias de descanso estudados. Portanto, sugere-se inicialmente que a análise seja efetuada de forma progressiva, ou seja, em uma mesma área ao longo de intervalos periódicos. Deve-se também proceder ao pareamento inicial dos pontos a serem amostrados ao longo de todo o período de avaliação, com o sorteio das datas de avaliação entre os mesmos. Considerando, ainda, a heterogeneidade da distribuição vertical da massa de forragem, tal pareamento deve ser feito com base na altura do

dossel e da sua densidade, talvez mais importante que a altura em si (Campbell & Arnold, 1973).

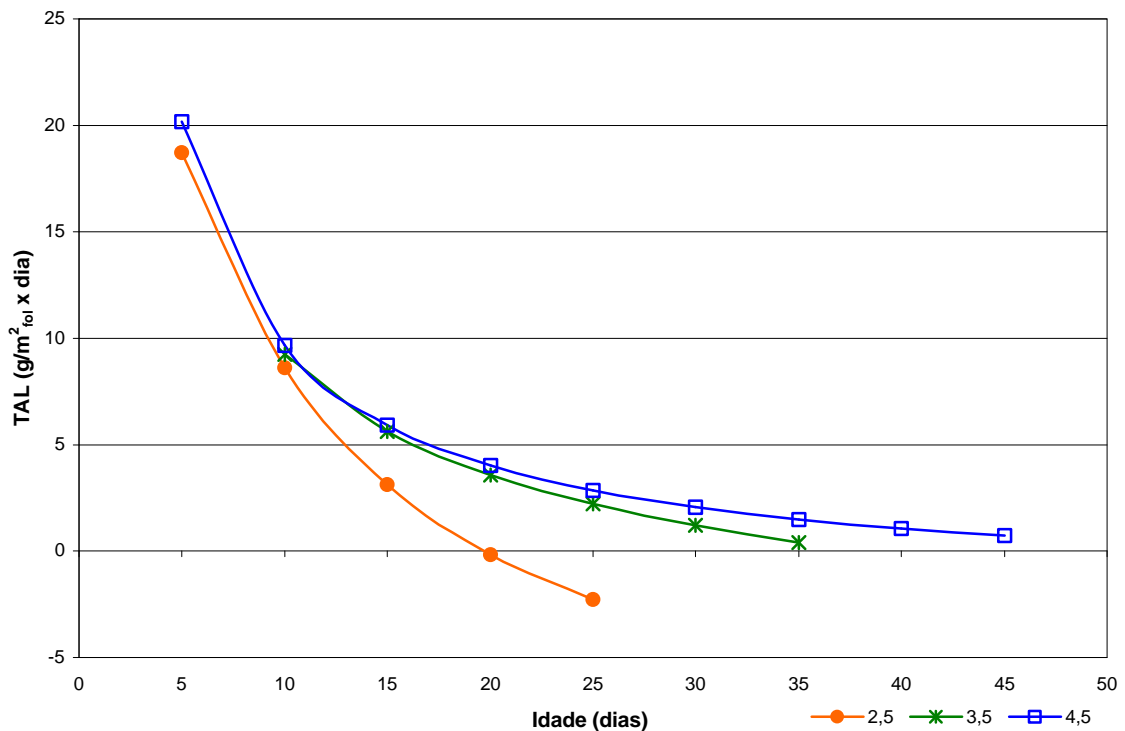


Figura 8 – Estimativas da taxa de assimilação líquida (TAL) em dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça em rebrotação durante três períodos de descanso: 2,5; 3,5 e 4,5 novas folhas expandidas por perfilho.

APLICAÇÃO PRÁTICA DOS ÍNDICES DE CRESCIMENTO

A hipótese de associação entre máxima TCM e IAF crítico não pôde ser comprovada no presente estudo por ter sido obtida uma função linear da TCM ao longo da idade dos dosséis, a qual foi obtida a partir de equações quadráticas da MSFV em função da idade de rebrotação (Figuras 1, 4, 5 e 6). Diferentemente do presente estudo, o padrão de variação da TCM apresentado por Parsons & Penning (1988) é de natureza quadrática, enquanto a MSFV observa uma curva sigmóide. A tentativa de se obter os índices TCI e TCM buscou a obtenção do ponto de máximo para TCM, proposto pelos referidos autores como critério cientificamente embasado para a definição do período de descanso apropriado, além de se testar a hipótese referida acima.

A relação entre intercepção da RFA e crescimento precisa ser melhor entendida. Os valores simulados por Parsons et al. (1988) sugerem que tal hipótese pode ser válida, uma vez que o IAF que maximizava a TCM no referido trabalho foi inferior ao IAF que

maximizava a taxa de fotossíntese líquida, o qual poderia ser considerado como o IAF ótimo. Ademais, como comentado por aqueles autores, a taxa de produção de forragem depende do balanço entre crescimento e senescência e, como tais processos estão em descompasso na lotação intermitente, a condição do dossel surge como variável complementar na tomada de decisão.

Isso é mais crítico ainda no caso das pastagens de gramíneas do tipo C₄. Gomide & Gomide (2001) comentaram que a espera do momento de maximização da TCM em tal dossel poderia resultar em grande proporção de hastes na forragem produzida e Hunt (1965) relatou intenso acúmulo de material morto após o alcance do IAF crítico, recomendando a adoção de desfolhações intensas e tão logo esse IAF fosse atingido, para evitar grandes perdas de forragem. Dentro deste enfoque, Uebele (2002), manejando *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente, observando duas frequências e duas intensidades de desfolhação, verificou que o manejo de pastejo intenso (resíduo a 30 cm do solo) e frequente (tão logo o IAF crítico fosse atingido) garantiu melhor utilização da forragem produzida. Embora a autora não tenha efetuado estimativas da TCM, a elevada taxa de acúmulo de forragem sob elevadas frequência e intensidade de desfolhação sugere dossel em rebrotação com elevada capacidade fotossintética, com possibilidade de ter maximizado a TCM ao final do período de descanso adotado (IAF crítico).

Conquanto para Gomide & Gomide (2001) a máxima TCM não seja critério prático para definir o período de descanso, o uso de uma linha de sensores quânticos para monitorar a interceptação da RFA, viabilizaria o uso de tal critério, caso se confirme a associação entre IAF crítico e TCM máxima.

A impossibilidade de se obter curvas de crescimento sigmóide, no presente estudo, decorreu da adoção de um manejo racional, com resíduo pós-pastejo que permitisse a pronta rebrotação da vegetação. No estudo de Parsons & Penning (1988), foi simulada rebrotação oriunda de desfolhação muito intensa, que pode adquirir a forma de crescimento sigmóide quando seu início efetiva-se a partir da mobilização de reservas orgânicas, caracterizando crescimento lento, a fase logarítmica da curva sigmóide. Embora esse manejo possa ser adotado para estudos de cunho acadêmico, não é praticável pelo produtor, visto que poderá comprometer o vigor da rebrotação, provocar degradação da pastagem e reduzir a performance dos animais em pastejo.

De qualquer modo, embora não comprovada matematicamente por meio da maximização da TCM, a hipótese de que as pastagens tropicais devem ser utilizadas tão logo se atinja o IAF crítico para se maximizar a eficiência de seu uso parece válida, conforme dados morfogênicos apresentados no capítulo I desta tese.

4. CONCLUSÕES

O dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça apresentou plasticidade fenotípica acentuada, incrementando a massa seca de forragem verde (MSFV) muito além do IAF crítico;

A elevada TCR no crescimento após roçada de uniformização reforça o grande potencial de produção dessa gramínea;

A condição do dossel no início da rebrotação afetou os índices de crescimento, determinando menores TCR e TAL naqueles dosséis sob maior MSFV inicial;

O crescimento do dossel respondeu de forma diferenciada quanto ao efeito dos períodos de descanso, após alguns ciclos de pastejo. A queda na TCR do dossel sob período de descanso de 4,5 folhas foi menos acentuada, em razão do alongamento das hastas após quinze a vinte dias de rebrotação;

O dossel sob período de descanso de 4,5 folhas apresentou maior EUR e MSFV, mas estudos adicionais são necessários para avaliar o efeito de tal manejo sobre a sua estrutura.

5. LITERATURA CITADA

- BARBOSA, R.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V.P.B. et al. Características Morfogênicas e Acúmulo de Forragem do Capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) em Dois Resíduos Forrageiros Pós-Pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.31, p.583-593, 2002.
- BEADLE, C.L. Growth analysis. In: HALL, D.O. et al. (EE.). **Photosynthesis and production in a changing environment**. London: Pergamon Press, 1993. p.36-45.
- BÉLANGER, G.; GASTAL, F.; LEMAIRE, G. Growth analysis of a Tall Fescue sward fertilized with different rates of nitrogen. **Crop Science**, v.32, p.1371-1376, 1992.
- BERETTA, L.G.R.; KANNO, T.; MACEDO, M.C.M. et al. Morfogênese foliar e taxas de crescimento de pastagem de *Panicum maximum* cv. Tanzânia-1 em solos dos Cerrados. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. (cd-rom)

- BROWN, R.H.; BLASER, R.E. Leaf area index in pasture growth. **Herbage Abstracts**, v.38, p.1-8, 1968.
- CAMPBELL, N.A.; ARNOLD, G.W. The visual assessment of pasture yield. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v.13, p.263-267, 1973.
- DAVIDSON, J.L.; MILTHORPE, F.L. The effect of defoliation on the carbon balance in *Dactylis glomerata*. **Annals of Botany**, v.30, p.185-198, 1966.
- GARCEZ NETO, A.F.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; REGAZZI, A.J. et al. Respostas Morfológicas e Estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p. 1890-1900, 2002.
- GOMIDE, C.A.M. **Características morfofisiológicas associadas ao manejo do capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.)**. Viçosa: UFV, 2001. 100p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A. Análise de crescimento de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p. 675-680, 1999.
- GOMIDE, J.A.; GOMIDE, C.A.M. Utilização e manejo de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE A PRODUÇÃO ANIMAL NA VISÃO DOS BRASILEIROS /REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 808-825.
- GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A.; MARTINEZ Y HUAMAN, C.A. et al. Fotossíntese, reservas orgânicas e rebrota do Capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) sob diferentes intensidades de desfolha do perfilho principal. **Rev. bras. zootec.**, v.31, p. 2165-2175, 2002.
- HOLMES, W. Grazing management for dairy cattle. **The Journal of the British Grassland Society**, v.17, p.30-40, 1962.
- HUNT, L.A. Some implications of death and decay in pasture production. **The Journal of the British Grassland Society**, v.20, p.27-31, 1965.
- HUNT, H. **Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners**. London: Unwin Hyman Ltd., 1990. 112p.
- KING, J.; SIM, E.M.; GRANT, S.A. Photosynthetic rate and carbon balance of grazed ryegrass pastures. **Grass and Forage Science**, v.39, p.81-92, 1984.
- LAMBERS, H. Does variation in photosynthetic rate explain variation in growth rate and yield? **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.35, p.505-519, 1987.
- LAMBERS, H.; FREIJSEN, N.; POORTER, H et al. Analyses of growth based on net assimilation rate and nitrogen productivity. Their physiological background. In: LAMBERS, H. et al. (EE.). **Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants**. The Hague: Academic Publishing, 1989. p.1-17.
- LAWLOR, D.W. Photosynthesis, productivity and environment. **Journal of Experimental Botany**, v.46, p.1449-1461, 1995.

- LUDLOW, M.M.; WILSON, G.L. Studies on the productivity of tropical pasture plants. II. Growth analysis, photosynthesis, and respiration of 20 species of grasses and legumes in a controlled environment. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.21, p.183-194, 1970.
- MOTT, J.J.; LUDLOW, M.M.; RICHARDS, J.J. et al. Effects of moisture supply in the dry season and subsequent defoliation on persistence of the Savanna grasses *Themeda triandra*, *Heteropogon contortus* and *Panicum maximum*. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.43, p.241-260, 1992.
- OLIVEIRA, M.A.; PEREIRA, O.G.; GOMIDE, J.A. et al. Análise de crescimento do capim-bermuda 'Tifton 85' (*Cynodon* spp). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p. 1930-1938, 2000(suplem.1).
- PARSONS, A.J.; PENNING, P.D. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. **Grass and Forage Science**, v.43, p.15-27, 1988.
- PARSONS, A.J.; LEAFE, E.F.; COLLET, B. et al. The physiology of grass production under grazing. I. Characteristics of leaf and canopy photosynthesis of continuously-grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, v.20, p.117-126, 1983.
- PARSONS, A.J.; JOHNSON, I.R.; HARVEY, A. Use of a model to optimize the interaction between frequency and severity of intermittent defoliation and to provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. **Grass and Forage Science**, v.43, p.49-59, 1988.
- PEARCE, R.B.; BROWN, R.H.; BLASER, R.E. Relationships between leaf area index, light interception and net photosynthesis in orchardgrass. **Crop Science**, v.5, p.553-556, 1965.
- POORTER, H. Interspecific variation in relative growth rate: on ecological causes and physiological consequences. In: LAMBERS, H. et al. **Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants**. The Hague: Academic Publishing, 1989. p.45-68.
- RADFORD, P.J. Growth analysis formulae – their use and abuse. **Crop Science**, v.7, p.171-175, 1967.
- ROBSON, M.J. The growth and development of simulated swards of perennial ryegrass. I. Leaf growth and dry weight change as related to the ceiling yield of a seedling sward. **Annals of Botany**, v.37, p.487-500, 1973a.
- ROBSON, M.J. The growth and development of simulated swards of perennial ryegrass. II. Carbon assimilation and respiration in a seedling sward. **Annals of Botany**, v.37, p.501-518, 1973b.
- ROBSON, M.J. Potential production – what is it and can we increase it?. In: OCCASIONAL SYMPOSIUM – PLANT PHYSIOLOGY AND HERBAGE PRODUCTION, 13, 1981, England. **Proceedings...** England: British Grassland Society, 1981. p.5-17.
- RUGGIERI, A.C.; FAVORETTO, V.; MALHEIROS, E.B. Características de crescimento e produção de matéria seca da *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf. cv. Marandú em função de níveis de nitrogênio e regimes de corte. **Boletim de Indústria Animal**, v.51, p. 149-155, 1994.

- RYLE, G.J.A.; POWELL, C.E. The utilization of recently assimilated carbon in graminaceous plants. **Annals of Applied Biology**, v.77, p.145-158, 1974.
- SINCLAIR, T.R.; HORIE, T. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: a review. **Crop Science**, v.29, p.90-98, 1989.
- SUGIYAMA, S.; YONEYAMA, M.; TAKAHASHI, N. et al. Canopy structure and productivity of *Festuca arundinacea* Schreb. swards during vegetative and reproductive growth. **Grass and Forage Science**, v.40, p.49-55, 1985.
- UEBELE, M.C. **Padrões demográficos de perfilhamento e produção de forragem em pastos de capim Mombaça submetidos a regimes de lotação intermitente.** Piracicaba: ESALQ/USP, 2002. 83p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, 2002.
- WATSON, D.J. The physiological basis of variation in yield. **Crop Science**, v.4, p.101-145, 1952.
- WOLEDGE, J. The effect of light intensity during growth on the subsequent rate of photosynthesis of leaves of Tall Fescue (*Festuca arundinacea* Schreb). **Annals of Botany**, v.35, p.311-322, 1971.
- WOLEDGE, J. The photosynthesis of ryegrass leaves grown in a simulated sward. **Annals of Applied Biology**, v.73, p.229-237, 1973.
- WOLEDGE, J. The effects of shading and cutting treatments on the photosynthetic rate of ryegrass leaves. **Annals of Botany**, v.41, p.1279-1286, 1977.
- WOLEDGE, J.; LEAFE, E.L. Single leaf and canopy photosynthesis in a ryegrass sward. **Annals of Botany**, v.40, p.773-783, 1976.
- ZELITCH, I. The close relationship between net photosynthesis and crop yield. **Bioscience**, v.32, p.796-802, 1982.

CAPÍTULO III

VALOR NUTRITIVO E DESEMPENHO ANIMAL EM *PANICUM MAXIMUM* CV. MOMBAÇA SOB LOTAÇÃO INTERMITENTE COM TRÊS PERÍODOS DE DESCANSO

1. INTRODUÇÃO

O potencial forrageiro de uma espécie vegetal pode ser avaliado em função do rendimento de matéria seca e da digestibilidade dos seus constituintes (Reid et al., 1959). Embora por muito tempo tenha sido dada ênfase à avaliação da composição químico-bromatológica e da digestibilidade da forragem, as quais na maioria das vezes têm sido determinadas pelo emprego de técnicas laboratoriais, são crescentes as evidências de que, no caso de animais em pastejo, outras características devam ser também consideradas na determinação do potencial de rendimento animal.

De fato, o arranjo estrutural dos componentes do dossel é um importante componente do rendimento animal sob condição de pastejo e sofre grande influência das estratégias de manejo adotadas (Silva et al., 1994a).

Arias et al. (1990), investigando as características estruturais de dossel de *Festuca arundinacea* pastejado após 14, 21 e 28 dias de rebrotação e o consumo por novilhos, observaram altura do dossel antes e após o pastejo proporcionais ao tempo de rebrotação, resposta similar obtida para massa de forragem. Como resultado de tais respostas e do mesmo número de novilhos alocado a cada tratamento, o consumo também se elevou com a idade de rebrotação, devido à maior oferta de forragem.

A altura do dossel relacionou-se com a massa de forragem em estudo que avaliou o rendimento de *Poa pratensis* pastejada em três alturas (11,5; 13,5 e 15,5 cm) e duas intensidades (50 e 60% de utilização) (Bryan et al., 2000). Os piquetes apresentaram altura média pré-pastejo de 11,9; 13,9 e 15,5 cm e respectivas massas secas de forragem pré-pastejo de 1855, 2130 e 2350 kg/ha. Em termos de valor nutritivo, não houve grande diferença entre os dosséis. Apenas aqueles pastejados à menor altura apresentaram

teores ligeiramente inferiores de fibra em detergente ácido e superiores de proteína bruta. A digestibilidade média da matéria seca da forragem pré-pastejo situou-se na faixa de 66%, valor satisfatório, segundo Doble et al. (1971), para permitir ganho médio diário superior a 1,1 kg/animal quando a massa seca de forragem supera 500 kg/ha.

Motazedian & Sharrow (1990) relataram elevação de rendimento de massa seca digestível, com a redução na frequência de desfolhação de dossel misto de *Lolium perenne* e *Trifolium subterraneum*. O rendimento médio de massa seca digestível, em três anos, aumentou de valores entre 3000 e 4250 kg/ha na frequência de sete dias, para valores acima de 5500 kg/ha na frequência de 49 dias. Tal resposta é atribuída à elevação na massa de forragem com a redução na frequência de desfolhação (Parsons & Penning, 1988), já que a digestibilidade da massa seca decresceu (Motazedian & Sharrow, 1990).

Apesar do maior rendimento de massa seca de forragem com o prolongamento do período de descanso, não só a qualidade mas também as características estruturais do dossel são frequentemente comprometidas. Santos et al. (1999) verificaram redução na relação folha/colmo de *Panicum maximum* cv. Mombaça de 1,32 para 0,99 quando o frequência de desfolhação reduziu-se de 28 para 48 dias. A mesma resposta foi observada por Gomide & Gomide (2001), ou seja, redução na relação folha/colmo de 2,8 para 1,7, em dossel da mesma cultivar submetido a períodos de descanso de 2,5 e 4,5 novas folhas expandidas por perfilho, respectivamente.

Stobbs (1973a) ressaltou que não só o rendimento de forragem determina o rendimento animal, mas também a proporção de folhas, principalmente nas gramíneas do tipo C₄, que apresentam grande diferenciação entre folha e hastes com o avanço da idade. É que as características estruturais do dossel também têm grande influência sobre o desempenho dos animais em pastejo, o qual pode ser mais bem interpretado em função do comportamento ingestivo e do consumo de forragem (Moore & Sollenberger, 1997).

O consumo de forragem pelos animais em pastejo é função do tempo de pastejo (TP) e da taxa de ingestão (TI) (Allden & Whittaker, 1970). Esta por sua vez, é função do tamanho do bocado (TB) e da taxa de bocado (TxB) (Cosgrove, 1997), variáveis grandemente afetadas pela estrutura do dossel.

A elevação da altura do dossel compromete o consumo pela menor proporção de folhas nas suas camadas superiores, reduzindo o tamanho do bocado (Stobbs, 1973b;

Penning et al., 1991), devido à dificuldade de apreensão da forragem com a presença de hastes mais longas (Barthram & Grant, 1984). Stobbs (1973b) observou que, com o aumento na duração do crescimento, de duas até oito semanas, a altura do dossel de *Setaria anceps* e *Chloris gayana* se elevou de 15 para 60 cm ou mais e a proporção de folhas na biomassa total da parte aérea diminuiu de 83 para 44 %. Tal fato também foi verificado por Silva et al. (1994b) em pastagem de *Pennisetum purpureum* cv. Mott.

A densidade do dossel afeta o consumo tanto pela sua disposição horizontal – densidade populacional de perfilhos (DPP), quanto vertical – densidade da folhagem. A menor DPP afeta negativamente a taxa de ingestão (Ungar & Noy-Meir, 1988), por comprometer o tamanho do bocado, não compensado pelo aumento na taxa de bocado (Black & Kenney, 1984), acarretando redução do consumo. Também afeta negativamente o tamanho do bocado pelo maior tamanho individual dos perfilhos, com maior proporção de tecidos de sustentação os quais são evitados pelo animal no momento da apreensão da forragem (Flores et al., 1993). A menor densidade da folhagem, por sua vez, afeta negativamente o tamanho do bocado, em função da redução na profundidade do bocado ser proporcionalmente maior que o aumento na área do bocado (Laca et al., 1992). Da mesma forma, Stobbs (1973a) comparando dosséis com diferentes densidades de forragem em função de adubação nitrogenada, aplicação de reguladores de crescimento e de diferenças na composição botânica, verificou menores bocados naqueles de menor densidade.

A relação folha/colmo também tem influência no consumo devido à preferência dos animais pelas folhas (Forbes & Hodgson, 1985), que apresentam maior facilidade de apreensão e maior valor nutritivo. Ainda que o animal possa compensar o menor valor nutritivo da forragem pastejando seletivamente (Bredon et al., 1967; Mannetje, 1974; Chacon & Stobbs, 1976), o consumo pode ser comprometido pela redução na taxa de bocado (Forbes & Hodgson, 1985).

A duração do período de pastejo também afeta o valor nutritivo do dossel, sua condição e o desempenho do animal. Parsons & Penning (1988) verificaram redução na digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica da extrusa em *Lolium perenne* ao longo de 19 dias do período de pastejo por ovinos. Isso se explica pela redução na proporção de folhas e maior proporção de hastes e material morto nas camadas inferiores do dossel, desfolhadas progressivamente no suceder dos dias de pastejo, com comprometimento proporcional no consumo (McGilloway et al., 1999). Blaser et al. (1959) relataram

queda na produção diária de leite por vaca, de 15,4 para 13,6 kg, ao longo de nove dias de período de pastejo.

Esse estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o valor nutritivo e o desempenho de novilhos pastejando *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente, observando períodos de descanso definidos pelo número de novas folhas expandidas por perfilho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Central de Experimentação, Pesquisa e Extensão do Triângulo Mineiro (CEPET/UFV, localizada a 18°41' S, 49°34' O), no período de novembro de 2000 a março de 2001, para acompanhar as variações da composição química, digestibilidade, consumo de forragem e ganho de massa do animal vivo (MAV) em piquetes da cultivar Mombaça de *Panicum maximum*, sob lotação intermitente com três períodos de descanso. O histórico da área, a caracterização climática, imposição dos tratamentos e manejo geral da pastagem e dos novilhos estão detalhados no capítulo I desta tese.

No início e final de cada ciclo de pastejo, foram efetuadas pesagens dos animais de prova, para estimar o seu desempenho. Os novilhos de cada tratamento foram conduzidos ao curral ao final do último dia de pastejo do ciclo, sendo pesados após jejum de aproximadamente 15 horas (Coates & Penning, 2000). Depois de pesados, tais novilhos eram conduzidos à área de reserva até que fosse novamente alcançada a condição de pastejo preconizada (2,5; 3,5 ou 4,5 novas folhas expandidas por perfilho) no primeiro piquete de cada tratamento, quando então eram novamente pesados após jejum de 15 horas e conduzidos ao piquete pertinente, para iniciar novo ciclo de pastejo (para melhor entendimento, vide a Figura 3 do capítulo I desta tese).

Após alguns ciclos de pastejo, quando o efeito dos períodos de descanso se manifestara mais pronunciadamente sobre as características da forragem, foi avaliado o seu valor nutritivo, por intermédio de:

a) Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da dieta, estimada conforme Tilley & Terry (1963), em amostras da forragem colhidas manualmente, simulando o pastejo dos animais no primeiro, terceiro e quinto dias de pastejo nos piquetes em que o ensaio de consumo foi conduzido. Essa amostragem foi efetuada sempre à tarde,

buscando-se colher, manualmente, forragem semelhante à apreendida pelos animais do piquete. Foram acompanhados diferentes animais dentro de um mesmo piquete até que se obtivesse uma amostra composta de, aproximadamente, 400 g. Essas amostras foram levadas ao laboratório, acondicionadas em saco de papel e colocadas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas. Em seguida, foram processadas em moinho estacionário “Thomas Wiley”, utilizando-se peneira com malha de 1 mm, sendo guardadas em vidros com tampa para parte das análises laboratoriais.

Além da DIVMS, foram também determinados nessas amostras de forragem os teores de proteína bruta (PB), pelo emprego do método de Kjeldahl (AOAC, 1984, descrito em Silva, 1990), e dos constituintes da fração fibrosa (teores de fibra em detergentes neutro e ácido – FDN e FDA, e teor de lignina), segundo método proposto por Goering & Van Soest (1970);

b) Consumo de forragem, estimado a partir das estimativas de excreção de matéria seca fecal e da DIVMS. A matéria seca fecal (MS fecal) foi estimada utilizando-se óxido crômico (Cr₂O₃) como indicador externo, a partir da relação entre a quantidade de óxido crômico (Cr₂O₃) ministrada ao animal e a sua concentração nas fezes, estimada conforme Williams et al. (1962).

Para a estimativa da excreção fecal, foram utilizados quatro novilhos rúmen-fistulados, alheios ao experimento até então, que receberam 10 g de Cr₂O₃ diariamente, divididas em duas doses, 5 g pela manhã e 5 g à tarde, via fístula ruminal durante 24 dias, reservando-se um período de nove dias para adaptação dos novilhos ao manejo e para atingir o estado de equilíbrio do fluxo de Cr₂O₃ no trato gastrintestinal. Cada um dos quatro novilhos fistulados no rúmen, constituindo um bloco, pastejou em um piquete de cada tratamento durante cinco dias, de modo a pastejar, em 15 dias, um piquete de cada um dos tratamentos 2,5; 3,5 e 4,5 folhas, cuja ordem foi casualizada. Durante o período de colheita, de cinco dias em cada piquete, continuaram as aplicações diárias de Cr₂O₃ duas vezes ao dia, quando também foram realizadas as colheitas de fezes diretamente do reto, perfazendo em torno de 500 g de matéria fecal fresca por novilho, por colheita. As amostras de fezes foram levadas à estufa para secagem a 65°C. O consumo foi calculado segundo a fórmula:

$$C = \frac{MS \text{ fecal}}{1 - DIVMS}$$

onde,

C = consumo de forragem (g MS/dia × novilho);

MS fecal = matéria seca fecal (g/dia × novilho);

DIVMS = digestibilidade *in vitro* da matéria seca ingerida.

Foi avaliado ainda, durante todo o período experimental, de novembro de 2000 a março de 2001, o desaparecimento de forragem, por meio do método agrônômico da diferença, utilizando-se a seguinte equação, adaptada de Campbell (1966):

$$D_i = A_i - R_i + \frac{(A_i - R_{i-1})}{n_i} \times r_i$$

onde,

D_i = desaparecimento de forragem durante o período de pastejo i (kg MS/ha × dia);

A_i = massa seca de forragem verde antes do pastejo i (kg MS/ha);

R_i = massa seca de forragem verde residual após o pastejo i (kg MS/ha);

n_i = número de dias de descanso entre o pastejo $i-1$ e o pastejo i ;

r_i = número de dias do período de pastejo i .

De posse das estimativas de desaparecimento de forragem por hectare e da informação do número de novilhos por piquete e de sua massa, foi estimado, para cada período de descanso e para cada ciclo de pastejo, o desaparecimento de forragem em termos de porcentagem da massa do animal vivo (MAV).

Os dados de teores de PB, FDN, FDA, lignina e de DIVMS foram submetidos à análise estatística pelo emprego do procedimento GLM do pacote estatístico SAS (SAS Institute, 1999), segundo o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + D_j + (TD)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

onde,

Y_{ijk} = observação relativa ao k^0 piquete, no j^0 dia de pastejo, do i^0 período de descanso;

μ = média da população;

T_i = efeito do i^0 período de descanso;

$i = 1, 2, 3$ períodos de descanso;

D_j = efeito do j^0 dia de pastejo;

$j = 1^0, 3^0, 5^0$, dia de pastejo;

$(TC)_{ij}$ = interação período de descanso x dia de pastejo;

ε_{ijk} = efeito aleatório relativo ao k^0 piquete, no j^0 dia de pastejo, do i^0 período de descanso;

$k = 1, 2, 3$ piquetes (unidade experimental).

Os dados de consumo de forragem, estimado pelo método do indicador externo (óxido crômico), foram analisados estatisticamente observando os princípios de delineamento em blocos completos casualizados com quatro repetições, pelo emprego do procedimento GLM do pacote estatístico SAS (SAS Institute, 1999), segundo o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

onde,

Y_{ij} = observação relativa ao j^0 novilho, do i^0 período de descanso;

μ = média da população;

T_i = efeito do i^0 período de descanso;

$i = 1, 2, 3$ períodos de descanso;

B_j = efeito do j^0 novilho;

$j = 1, 2, 3$ e 4 novilhos (blocos);

ε_{ij} = efeito aleatório relativo ao j^0 novilho, do i^0 período de descanso, considerada negligenciável a interação TB_{ij} .

Como as estimativas do desaparecimento de forragem pelo método agrônomico da diferença foram obtidas de amostragens das mesmas unidades experimentais (piquetes) ao longo dos ciclos de pastejo sucessivos, a análise estatística foi executada de dois modos distintos.

Para os dois primeiros ciclos de pastejo, em que se dispunha de estimativas relativas aos três períodos de descanso adotados, foi efetuada análise estatística por meio de medidas repetidas no tempo (Gill, 1986), pelo emprego do procedimento

MIXED do pacote estatístico SAS (SAS Institute, 1999), cujo modelo matemático é como se segue:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + P_{(ij)} + C_k + (TC)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

onde,

Y_{ijk} = observação relativa ao k^0 piquete, no j^0 ciclo de pastejo, do i^0 período de descanso;

μ = média da população;

T_i = efeito do i^0 período de descanso;

$i = 1, 2, 3$ períodos de descanso;

$P_{(ij)}$ = efeito aleatório do j^0 piquete do i^0 período de descanso (erro a);

$j = 1, 2, 3, 4, 5$ ou 6 piquetes, conforme o período de descanso;

C_k = efeito do k^0 ciclo de pastejo;

$k = 1, 2$ ciclos de pastejo;

$(TC)_{ik}$ = interação do i^0 período de descanso com o k^0 ciclo de pastejo;

ε_{ijk} = efeito aleatório relativo ao k^0 piquete, no j^0 ciclo de pastejo, do i^0 período de descanso (erro b).

O efeito dos ciclos de pastejo sucessivos sobre o desaparecimento de forragem também foi analisado dentro de cada período de descanso, pelo emprego do procedimento MIXED do pacote estatístico SAS (SAS Institute, 1999), segundo o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + C_i + \varepsilon_{ij}$$

onde,

Y_{ij} = observação relativa ao j^0 piquete, do i^0 ciclo de pastejo;

μ = média da população;

C_i = efeito do i^0 ciclo de pastejo;

$i = 1, 2$ ou 3 ciclos de pastejo, conforme o período de descanso;

ε_{ij} = efeito aleatório relativo ao j^0 piquete, do i^0 ciclo de pastejo;

$j = 1, 2, 3, 4, 5$ ou 6 piquetes, conforme o período de descanso.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

VALOR NUTRITIVO DA DIETA

Os dados de algumas variáveis associadas ao valor nutritivo da dieta amostrada por pastejo simulado encontram-se dispostas na Tabela 1. Os teores de FDN e FDA apresentaram-se elevados, característicos de forrageiras do tipo C₄. O teor de lignina, embora não tão elevado, aumentou com a duração do período de descanso ($P < 0,01$). A idade é um dos fatores de declínio no valor nutritivo da forragem, principalmente nas gramíneas do tipo C₄, que experimentam intenso espessamento da parede secundária (Macadam et al., 1996; Wilson & Kennedy, 1996) e sua lignificação com o avançar da idade do tecido (Titgemeyer et al., 1996; Macadam et al., 1996). Segundo Wilson (1976) e Rodella et al. (1984), lâminas e bainhas foliares de mais alto nível de inserção apresentam maior proporção de esclerênquima e tecido vascular, paredes celulares e cutículas mais espessas, ao lado de menor proporção de mesofilo, bainha parenquimática dos feixes e epiderme. Além disso, dossel em idade mais avançada apresenta folhas de mais alto nível de inserção, as quais são mais compridas (Skinner & Nelson, 1995) e/ou mais verticais, requerendo maior proporção de tecido de sustentação, como a nervura principal, altamente lignificada.

Tabela 1 – Teores de fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), de lignina, de proteína bruta (PB) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da dieta amostrada por pastejo simulado em piquetes de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob três períodos de descanso

Período de descanso	FDN	FDA	Lignina	PB	DIVMS
	----- % MS -----				
2,5 folhas	67,8a	32,4a	4,3b	10,4a	67,4a
3,5 folhas	69,4a	35,1a	4,9ab	7,9b	63,1a
4,5 folhas	68,2a	34,3a	5,5a	9,7ab	63,8a

Médias na mesma coluna, seguidas de letras distintas, diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

O teor de proteína bruta (PB) variou ($P < 0,05$) com a duração dos períodos de descanso, sendo que mais baixo teor de PB correspondeu à forragem da dieta amostrada por pastejo simulado nos piquetes sob período de descanso de 3,5 folhas. Esse resultado é, em parte, inconsistente, na medida em que se esperaria redução progressiva no teor de PB com o prolongamento do período de descanso, pois a maturidade acelera o espessamento da parede celular secundária, reduz o conteúdo celular, onde está grande

parte do nitrogênio, na forma de proteínas, aminoácidos, aminas e amidas; e desencadeia a mobilização desse nutriente para outras partes da planta, diluindo a sua concentração. Andrade & Gomide (1971) relataram redução de quase 50% no teor de PB do capim Elefante Taiwan A-146 com o avançar da sua idade de 28 até 56 dias. Nesse sentido, não haveria razão para o teor de PB do tratamento 4,5 folhas ser equivalente ($P > 0,05$) ao de 2,5 folhas, a não ser que o intenso alongamento das hastes verificado neste último tratamento (capítulo I desta tese), acarretando melhor distribuição de luz e reduzindo o sombreamento mútuo, tenha reduzido a taxa de amadurecimento dos tecidos foliares. Vale ressaltar ainda que o dossel sob período de descanso de 3,5 folhas apresentou não somente teor de PB da dieta amostrada por pastejo simulado inferior aos demais períodos de descanso, como também menor taxa de alongamento foliar (capítulo I desta tese). Considerando-se que o nitrogênio total estimado (PB) pode ser em grande parte constituinte de enzimas metabólicas, tal comportamento global sugere que esse dossel apresentou menor eficiência de crescimento, possivelmente pela menor síntese de enzimas no momento do desenvolvimento dos primórdios foliares e/ou menor atividade das folhas posteriormente, em função do ambiente mais sombreado que no dossel sob período de descanso de 2,5 folhas, em que o IAF foi menor, ou do dossel sob período de descanso de 4,5 folhas, em que o intenso alongamento das hastes reduziu o sombreamento mútuo. Sabe-se que enzimas centrais no processo fotossintético são reguladas pela luz, como a Ribulose-1,5-bis-fosfato-carboxilase/oxigenase (RUBISCO), a Fosfo-enol-piruvato-carboxilase (PEPcase), entre outras.

A DIVMS não variou em função dos períodos de descanso ($P \leq 0,0651$), resultado também inesperado, mas que pode ser atribuído à variabilidade das amostras, ao reduzido número de repetições (apenas três) e ao nível de significância (5% de probabilidade). De fato, observou-se tendência de superioridade na DIVMS da dieta amostrada por pastejo simulado nos piquetes sob menor período de descanso em relação aos demais (Tabela 1). Vários fatores já discutidos podem contribuir para a queda da DIVMS com o avançar da idade da planta.

Outra variável de grande importância no método de pastejo em lotação intermitente é a duração do período de pastejo. Essa variável afeta não só o acúmulo de forragem durante o pastejo, quando maior que dois ou três dias, como também afeta o desempenho dos animais à medida que os dias de pastejo se sucedem. Blaser et al.

(1959) relataram flutuação na produção diária de leite por vaca entre 15,4 e 13,6 kg ao longo de nove dias de período de pastejo. Isso evidencia que o ideal seria o pastejo em faixas, com a mudança dos animais de área a cada dia. Contudo, sua viabilidade ao nível de fazenda é reduzida a circunstâncias específicas e o que se busca é determinar um ponto ótimo no equilíbrio entre custo operacional e redução no desempenho dos animais.

Embora haja tendência de aumento no suceder dos dias de pastejo (Tabela 2), os teores de FDN e FDA não variaram ($P>0,05$). Esperar-se-ia elevação significativa nesses teores, uma vez que, ao exercer o pastejo em camadas, característico da lotação intermitente, as frações mais nutritivas da lâmina foliar, a extremidade superior ofertada a cada dia, vão sendo progressivamente consumidas, restando a base da lâmina, com sua nervura principal enrijecida e de baixa qualidade. Por outro lado, não se esperaria redução no teor de lignina ao longo dos dias de pastejo, mas sua elevação, uma vez que a base da nervura principal é o principal local de deposição de lignina na lâmina.

Tabela 2 – Teores de fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), de lignina, de proteína bruta (PB) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da dieta amostrada por pastejo simulado em piquetes de *Panicum maximum* cv. Mombaça ao longo do período de pastejo

Dia de pastejo	FDN	FDA	Lignina	PB	DIVMS
	----- % MS -----				
1 ^o	66,1a	31,5a	5,6a	11,1a	67,6a
3 ^o	68,8a	34,4a	5,1ab	8,6b	63,9a
5 ^o	70,5a	35,9a	4,2b	8,3b	62,9a

Médias na mesma coluna, seguidas de letras distintas, diferem ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

Os teores de PB reduziram-se com o decorrer dos dias de pastejo ($P<0,05$), principalmente do primeiro para o terceiro. Essa redução pode ter sido um balanço entre deposição de proteína, considerando grande parte do nitrogênio total na forma protéica, e de carboidratos estruturais. No terço superior da lâmina foliar, apesar do avançado estágio de maturidade das células, com menor atividade enzimática e menor conteúdo absoluto de proteínas, a reduzida proporção de carboidratos estruturais poderia proporcionar a concentração do teor de proteína bruta. Por outro lado, na base da lâmina, apesar de ser a região de maior atividade meristemática até a sua expansão (Langer, 1972), com conseqüente maior conteúdo de proteínas, a nervura principal bem

mais proeminente resultaria diluição da concentração de proteína bruta com base na massa seca do órgão.

Os valores da DIVMS, embora exibindo tendência de queda com o avançar dos dias de pastejo, não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$), conforme se verifica na Tabela 2. Esse resultado é inesperado, uma vez que o pastejo em camadas, característico da lotação intermitente, determinaria que o terço final das folhas e as hastes, consumidos nos últimos dias de pastejo (Penning et al., 1994), exibissem menor digestibilidade que o ápice das mesmas folhas. No entanto, observações detalhadas do comportamento ingestivo dos novilhos evidenciaram que os mesmos não adotaram esse pastejo em camadas durante todo o período de pastejo. Ainda que os animais caracteristicamente tenham selecionado o terço superior da folha no primeiro dia de pastejo e o terço intermediário no terceiro dia de pastejo, por ocasião do quinto dia observou-se os novilhos selecionando o ápice das folhas próximas ao solo, ainda presentes e também as primeiras folhas emergentes do interior da touceira. Esse comportamento permitiria a seleção de uma dieta de valor próximo ao dos primeiros dias, embora reduza o consumo em função da redução no tamanho do bocado sendo bem superior ao aumento na taxa de bocado (Penning et al., 1994).

A relação folha/colmo do dossel foi afetada pelos períodos de descanso adotados (capítulo I desta tese). Tal variável foi reduzida, em média, de 2,3 para 1,6 com o prolongamento do período de descanso de 2,5 para 4,5 folhas. Resposta similar foi descrita por Santos et al. (1999) e Gomide & Gomide (2001) para essa mesma cultivar quando o período de descanso elevou-se de 28 para 48 dias, ou de 2,5 para 4,5 folhas, respectivamente.

A relação folha/colmo é característica estrutural determinante do desempenho de ruminantes pastejando gramíneas do tipo C_4 . Stobbs (1973a) observou que o tamanho do bocado correlacionou-se positivamente com a proporção de folhas no dossel e, mais particularmente, com a porcentagem de folhas nas suas camadas superiores. Concluiu que, ao contrário das pastagens de espécies do tipo C_3 , em que altura e densidade de plantas são os principais determinantes do consumo, em gramíneas do tipo C_4 , a densidade da folhagem é característica estrutural de maior influência sobre o consumo. Segundo Stobbs (1973b), o movimento de preensão da forragem torna-se mais difícil em dossel com baixa densidade de folhagem e grande proporção de hastes. Além disso, Barthram & Grant (1984) e Flores et al. (1993) verificaram rejeição dos animais em

aprofundarem o bocado além do horizonte definido pela altura das hastes. A implicação das mudanças nas características estruturais do dossel em função dos períodos de descanso sobre o desempenho dos novilhos no presente estudo é explicitada mais adiante.

CONSUMO X DESAPARECIMENTO DE FORRAGEM

A ANOVA dos dados de desaparecimento de forragem por meio de medidas repetidas não acusou efeito ($P > 0,05$) dos períodos de descanso e nem dos ciclos de pastejo, mas acusou ($P < 0,05$) significância da interação destes fatores. A ausência de efeito de períodos de descanso e de ciclos de pastejo, até certo ponto inesperada, pode ser atribuída à natureza do modelo matemático utilizado na análise estatística. Ao se desdobrarem os graus de liberdade (GL) entre erros (a) e (b), reduz-se a sensibilidade do teste, principalmente do efeito dos períodos de descanso.

A vantagem de tal modelo matemático advém da repetição no tempo (ciclos de pastejo), propiciando maior número de GL para o erro (b), tornando mais sensível o teste estatístico dos efeitos de ciclos de pastejo e da interação período de descanso x ciclo de pastejo. Todavia, o longo período de descanso de 4,5 folhas, só permitiu a obtenção de dois ciclos de pastejo nesse tratamento, impossibilitando o aproveitamento do terceiro ciclo de pastejo dos demais tratamentos na análise de medidas repetidas e reduzindo os graus de liberdade do erro (b). Ademais, a escolha do nível de significância de 5% contribuiu para diminuir a probabilidade de significância das diferenças observadas, já que a interação entre períodos de descanso e ciclos de pastejo foi significativa ($P < 0,05$), com o dossel sob período de descanso de 4,5 folhas apresentando, no segundo ciclo, tendência de desaparecimento de forragem (4,76% MS) superior ($P \leq 0,0619$) ao dossel sob período de descanso de 2,5 folhas (2,01% MS) (Tabela 3).

A aparente contradição na significância da interação alcançada na ANOVA e a ausência de significância no teste de médias é explicada pela natureza da análise por medidas repetidas. A interação é testada contra o quadrado médio do erro (b), cujo valor é inferior ao quadrado médio do erro (a), havendo maior probabilidade de sua significância. Contudo, o teste dos efeitos condicionados usa como denominador uma terceira variância residual, de valor intermediário entre os valores do quadrado médio do erro (a) e do quadrado médio do erro (b). Com isso, o valor crítico calculado no teste de

médias pode ser ligeiramente superior ao do teste de F, que é declarado não significativo, dependendo do nível de significância pré-determinado.

Tabela 3 – Desaparecimento de massa seca de forragem (% MAV)¹ em piquetes de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob três períodos de descanso e ao longo de dois ciclos de pastejos

Período de descanso	Ciclo de pastejo	
	1 ^o	2 ^o
2,5 folhas	3,95Aa	2,01Aa
3,5 folhas	3,13Aa	2,94Aa
4,5 folhas	3,81Aa	4,76Aa

¹ Massa do animal vivo

Médias na mesma coluna e na mesma linha, seguidas de letras maiúsculas e minúsculas distintas, respectivamente, diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey.

A análise do desaparecimento de forragem por medidas repetidas, associada à grande variabilidade de suas estimativas, também pode explicar a ausência de significância dos efeitos de ciclos de pastejo dentro de cada período de descanso (Tabela 4), excetuando-se no caso dossel sob período de descanso de 2,5 folhas, em que o segundo ciclo de pastejo apresentou menor (P<0,05) desaparecimento que os demais.

Tabela 4 – Desaparecimento de massa seca de forragem (% MAV)¹ em piquetes de *Panicum maximum* cv. Mombaça ao longo de ciclos de pastejos sucessivos dentro de cada período de descanso

Período de descanso	Ciclo de pastejo		
	1 ^o	2 ^o	3 ^o
2,5 folhas	3,95a	2,01b	3,61a
3,5 folhas	3,13a	2,94a	3,63a
4,5 folhas	3,81a	4,76a	---

¹ Massa do animal vivo

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey.

Em termos de consumo, em porcentagem da massa do animal vivo (MAV), estimado pelo método do indicador externo (óxido crômico), não se observou diferença (P>0,05) atribuível aos períodos de descanso, sendo observados valores médios de 1,89; 1,87 e 1,67 % estimados para animais pastejando em piquetes sob períodos de descanso

de 2,5; 3,5 e 4,5 folhas, respectivamente (dados não mostrados). Esse resultado é, até certo ponto, inesperado, tendo em vista o maior teor de PB e menor teor de lignina (Tabela 1) da dieta amostrada por pastejo simulado nos piquetes sob menor período de descanso e, principalmente, pela estreita relação folha/colmo da forragem (capítulo I desta tese) nos piquetes sob mais longo período de descanso.

Independentemente do período de descanso, os percentuais de consumo observados no presente estudo podem ser considerados baixos, em comparação com o valor nutritivo das dietas amostradas por pastejo simulado.

Vários fatores afetam o consumo dos ruminantes em pastejo. Segundo Doble (1971), o desempenho animal só é comprometido ao serem consumidas forragens com digestibilidade acima de 60%, quando a massa seca de forragem verde é inferior a 500 kg/ha. Entretanto, do capítulo I desta tese, depreende-se, que a quantidade de forragem não foi fator limitante para o consumo.

Sob condições de quantidade de forragem não limitante, o consumo é função da qualidade da dieta ingerida. Euclides et al. (2000) verificaram consumo de novilhos superior a 2,5% MAV durante a época chuvosa em piquetes de espécies do gênero *Brachiaria*, cujas extrusas apresentaram teores de PB em torno de 8,5% MS. Já para cultivares de *Panicum maximum*, Euclides et al. (1999) observaram consumo médio acima de 2,3% MAV em novilhos, cujas extrusas apresentaram teores médios de PB entre 9,4 e 12,0%. Portanto, para qualidade de dietas similar, esses autores observaram consumo superior aos valores observados no presente estudo.

Os baixos percentuais de consumo aqui estimados e a pequena diferença entre os mesmos podem ser atribuídos à idade avançada dos animais utilizados para estudar essa variável, que, com MAV média acima de 383 kg, já não estavam na fase mais acelerada de crescimento. Sua utilização deveu-se à indisponibilidade de animais fistulados de menor MAV e por se acreditar que tal adversidade seria suplantada pela magnitude da diferença de consumo médio a ser estimada nos piquetes sob três períodos de descanso. No estudo de Euclides et al. (2000), em que foi relatado consumo variando de 2,5 a 3,0 % da MAV durante a estação chuvosa, os novilhos apresentaram massa corporal entre 220 e 350 kg. Infere-se também que o elevado teor de FDN (Tabelas 1 e 2) observado, acima de 66% da massa seca, independentemente do dia de pastejo ou período de descanso, tenha sido o principal fator responsável pelo baixo consumo observado. Segundo Van Soest (1965), o consumo de forragem é comprometido com teor de FDN

da forragem apresentando valores acima de 50 a 60%. Além dos baixos valores das estimativas de consumo e da pequena diferença entre os mesmos, enfatiza-se a ausência de significância estatística, que se atribui ao reduzido número de graus de liberdade (seis) do resíduo.

Comparando-se as estimativas de consumo de forragem (método do óxido crômico), com as estimativas de desaparecimento de forragem durante o ciclo 2, por maior proximidade cronológica (Tabela 3), verifica-se que as estimativas de desaparecimento são substancialmente mais elevadas que as de consumo. Isto evidencia que o método do desaparecimento superestima o consumo, principalmente em se tratando de gramíneas cespitosas, como a cultivar Mombaça de *Panicum maximum*. A diferença entre os métodos foi mais acentuada nos piquetes sob período de descanso de 4,5 folhas devido, possivelmente, à maior perda de forragem no momento da apreensão da forragem pelo ruminante, mediante tombamento de perfilhos e/ou queda de folhas.

DESEMPENHO E RENDIMENTO ANIMAL

As variáveis referentes ao ganho médio diário (GMD) dos novilhos em resposta aos períodos de descanso e ao rendimento de massa do animal vivo (MAV) por hectare podem ser visualizadas na Tabela 5. Não foram analisadas estatisticamente em função do mesmo grupo de novilhos de cada tratamento ter pastejado todas as unidades experimentais (piquetes) dentro do respectivo tratamento (Fisher, 1999), não havendo repetição para cada um dos sistemas de lotação intermitente (conjunto de piquetes sob períodos de descanso de 2,5; 3,5 e 4,5 novas folhas expandidas por perfilho).

O GMD dos novilhos pastejando nos piquetes sob período de descanso de 2,5 folhas foi 62,6% superior ao dos novilhos em pastejo nos piquetes sob maior período de descanso (Tabela 5). Da comparação dos dados de valor nutritivo da forragem das dietas amostradas por pastejo simulado (Tabela 1), das características estruturais do dossel (capítulo I desta tese) e do GMD dos novilhos, pode-se explicar a diferença no desempenho dos novilhos. Isso sugere duas hipóteses: a) a simulação do pastejo não foi bem executada; b) os novilhos conseguiram selecionar dietas de valor nutritivo similar, mas com seu desempenho sendo comprometido via alterações no comportamento ingestivo. O estudo, portanto, teria sido complementado com informações de comportamento ingestivo que, embora segundo Burns & Sollenberger (2002) não seja técnica adequada para estimar o consumo por períodos prolongados de pastejo ao nível

de sistema de produção, é útil para comparar tratamentos dentro de um mesmo experimento.

O desempenho animal estimado pelo GMD pode ser considerado razoável. Euclides et al. (1999) relataram GMD de 680 g/novilho × dia, durante a estação chuvosa para animais pastejando três cultivares de *Panicum maximum* e atribuíram tal estimativa ao valor nutritivo apenas razoável da forragem ingerida, cujos teores de PB e FDN se aproximaram daqueles observados no presente ensaio (Tabelas 1 e 2).

Tabela 5 – Taxa de lotação por ciclo de pastejo e total, taxa de lotação média e desempenho animal em piquetes de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob três períodos de descanso no período das águas

		Período de descanso			
		(novas folhas expandidas/perf)			
		2,5	3,5	4,5	
Taxa de lotação (dias-novilho/ha)	Ciclo	1 ⁰	246	321	388
		2 ⁰	207	253	295
		3 ⁰	164	225	---
		4 ⁰	160	---	---
		Total	776	799	684
Período de uso do sistema ¹		1/12-4/4	12/12-4/4	22/12-2/4	
Número de dias de uso do sistema		125	114	102	
Taxa de lotação média (novilhos/ha) ²		6,2	7,0	6,7	
Ganho médio diário (g/novilho × dia)		704	546	433	

¹ Contado a partir do primeiro dia de pastejo no primeiro piquete no primeiro ciclo de pastejo até o último dia de pastejo do último piquete utilizado no último ciclo de pastejo. Para melhor entendimento, consulte a Figura 3 do capítulo I desta tese.

² Novilhos com massa corporal média de 335 kg.

Sollemberger & Jones Junior (1989) e Zervoudakis et al. (2001) relataram GMD médio de 970 e 890 g/novilho × dia para animais pastejando em piquetes de *Pennisetum purpureum* e *Brachiaria decumbens* na estação chuvosa. Enquanto no primeiro caso, o uso de doses mais elevadas de nitrogênio (160 kg/ha × ano) pode ter propiciado maiores rendimento forrageiro e seletividade pelo animal, no segundo, a baixa lotação utilizada (1,1 novilho/ha) também permitiu maior seletividade pelos animais em pastejo, em relação ao presente estudo, em que as taxas de lotação foram mais elevadas (Tabela 5).

Além do mais, as elevadas temperaturas máximas diárias observadas durante o período experimental (Figura 2 do capítulo I desta tese), podem ter contribuído para o menor desempenho dos animais, que relutavam em pastejar nas horas mais quentes do dia, reduzindo assim o tempo de pastejo.

Na Tabela 5, observa-se ainda que os piquetes sob menor período de descanso tenderam a apresentar TL média inferior aos demais, em consequência do menor tempo de crescimento da vegetação, acarretando menor acúmulo de forragem (capítulo I desta tese). TLs mais próximas nos piquetes sob período de descanso de 3,5 ou 4,5 folhas decorreriam do critério para o encerramento do período de pastejo. Como foi preconizado IAF residual em torno de 2,0, para todos os tratamentos, o qual só considera folhas verdes e como a cultivar Mombaça de *Panicum maximum* mantém 3,5 folhas verdes por perfilho (Gomide & Gomide, 2000) (equivalente ao total produzido durante o período de descanso intermediário nesse estudo), grande parte do acréscimo de massa seca de forragem nos piquetes sob período de descanso de 4,5 folhas era de colmo, fração rejeitada pelos animais. Portanto, não houve vantagem, em termos de taxa de lotação, de se permitir um período de descanso mais longo que o necessário para a expansão de 3,5 novas folhas por perfilho. Embora o maior período de descanso tenha propiciado maior massa seca de forragem, com uma diferença de 1190 kg/ha em relação ao período de descanso intermediário, a vantagem do mesmo em termos de massa seca de lâminas foliares verdes reduz-se para 442 kg/ha (capítulo I desta tese).

Além da menor TL média nos piquetes sob menor período de descanso, observa-se, por intermédio da Tabela 5, que a lotação total por ciclo de pastejo aumentou com o prolongamento do período de descanso. Isso pode ser atribuído ao maior acúmulo de massa seca de lâminas foliares verdes nos piquetes sob período de descanso mais prolongado (capítulo I desta tese). Verifica-se, ainda, a redução na lotação total com o avançar dos ciclos de pastejo, para qualquer dos sistemas de lotação intermitente. Tal fato decorre do comprometimento da taxa de crescimento da vegetação à medida que se aproxima o final da estação chuvosa, com a menor incidência pluviométrica (Figura 1 do capítulo I desta tese) e reforça a utilidade da técnica de taxa de lotação variável para aferir a lotação que os piquetes comportam a cada instante, condicionada pela disponibilidade de fatores abióticos para o crescimento vegetal.

Apesar da menor lotação total observada em qualquer dos ciclos do sistema de lotação intermitente sob período de descanso de 2,5 folhas, comparativamente ao

sistema intermediário e desses em relação ao sistema sob período de descanso mais longo, verifica-se aumento no número de ciclos de pastejo propiciado pelo menor tempo de descanso. A consequência de tal fato é a proximidade dos valores de lotação total (dias-novilho/ha) nos sistemas sob períodos de descanso curto e intermediário, ambos sendo superiores ao sistema sob mais longo período de descanso. Ou seja, quando se considera toda a estação de pastejo, a desvantagem do período de descanso de 2,5 folhas em termos de taxa de lotação média por ciclo é revertida pelo maior número de ciclos de pastejo obtido no sistema de lotação intermitente sob desfolhação mais freqüente.

A partir dos valores de GMD e da lotação total corrigida para 125 dias de uso de qualquer dos três sistemas intermitentes, estimou-se o rendimento de massa do animal vivo por unidade de área (kg/ha), para os três períodos de descanso, ao longo de 125 dias de utilização do sistema, nas águas (Figura 1). Observa-se maior rendimento de MAV no sistema intermitente sob período de descanso de 2,5 folhas. Isto ocorreu em razão do desempenho superior dos novilhos pastejando em tal sistema e da mas alta taxa de lotação total, a despeito da menor taxa de lotação média por ciclo, conforme já comentado. O sistema intermitente sob período de descanso de 3,5 folhas propiciou rendimento total de MAV intermediário, em razão, principalmente, do menor desempenho por animal comparativamente ao dos novilhos lotados no sistema sob desfolhação mais freqüente. Por outro lado, rendimento de MAV no sistema sob mais longo período de descanso foi inferior, tanto pela menor lotação total, ocasionada pela estimativa de obtenção de apenas 2,5 ciclos de pastejo (já efetuada a correção para 125 dias de utilização), como pelo menor GMD estimado para os respectivos novilhos.

As respostas obtidas no presente trabalho em termos de produção primária (produção vegetal) e secundária (produto animal) reforçam as conclusões de Parsons et al. (1983). Esses autores, ao manterem dossel sob lotação contínua com IAF de 1 ou 3, obtiveram maior fotossíntese bruta e maior rendimento de massa seca de forragem (kg/ha) na segunda condição. Contudo, grande parte do CO₂ fixado foi perdido por respiração e a menor taxa de lotação adotada para permitir esse maior crescimento acarretou menor consumo por área. O resultado foi eficiência de utilização da forragem produzida de, aproximadamente, 50% no primeiro caso e 31% na lotação leve.

Trazendo essa idéia para o presente estudo, observa-se que os piquetes sob maior período de descanso apresentaram maior massa seca de forragem por ciclo, porém, com predominância de hastes e redução na proporção de folhas, repercutindo em

comprometimento do desempenho animal. Uebele (2002) relatou associação de elevadas frequência e intensidade de desfolhação propiciando maior eficiência de utilização da forragem produzida (64%). Tal manejo foi ainda efetivo no controle das características estruturais do dossel.

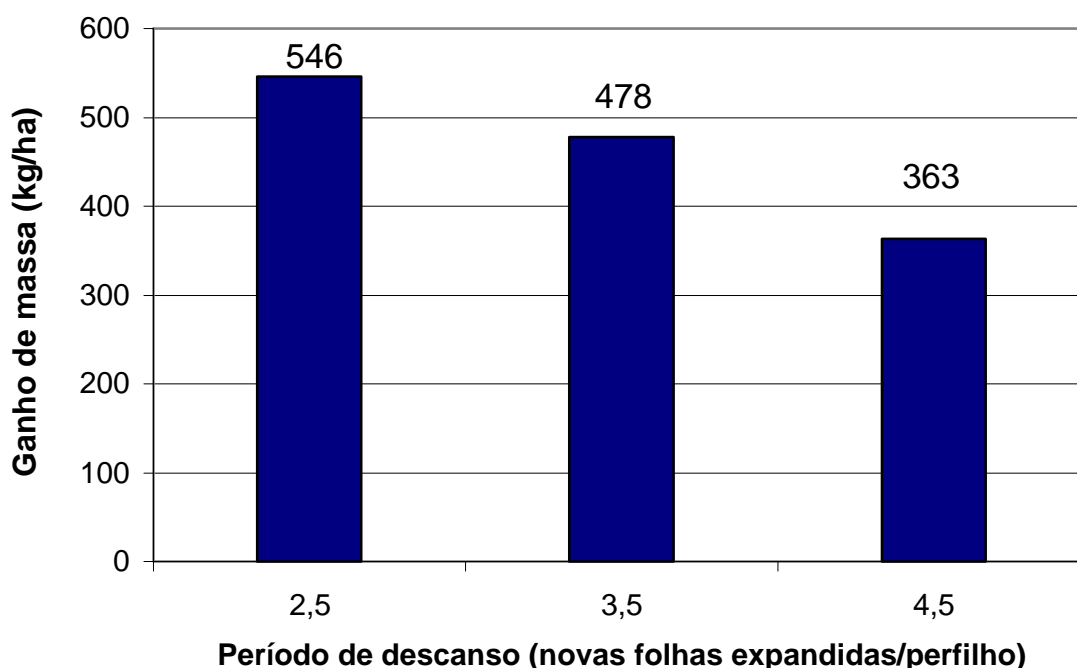


Figura 1 – Rendimento de massa do animal vivo ao longo de 125 dias na estação chuvosa (novembro a março) em piquetes de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob três períodos de descanso.

Pode-se afirmar, então, que o sistema de lotação intermitente sob período de descanso de 2,5 folhas foi vantajoso, podendo ser recomendado pelo que se segue: a) por exercer algum controle sobre o alongamento das hastes e manter mais elevada a relação folha/colmo (capítulo I desta tese); b) pelo menor custo com divisões da pastagem, visto requerer menor número de piquetes; c) pelo maior rendimento de MAV ao longo de 125 dias de utilização do sistema, nas águas; e d) pelo melhor desempenho animal permitindo, possivelmente, maior precocidade e melhor qualidade da carcaça (Feijó et al., 2001).

Uma dúvida que surge diante de tal recomendação seria acerca da perenidade da pastagem sob desfolhação tão freqüente. Os dados de densidade populacional de perfilhos (capítulo I desta tese) mostram sua elevação com o suceder dos ciclos de pastejo. As taxas de crescimento relativo e de assimilação líquida decrescentes desde o

início da rebrotação (capítulo II desta tese) atestam a adequação do índice de área foliar residual preconizado, não havendo indícios de mobilização de reservas orgânicas. Ademais, tal pastagem foi estabelecida em 1998-1999 e desde então, foi manejada sob lotação intermitente nas estações de crescimento de 1999-2000, 2000-2001 e 2001-2002, tendo sido diagnosticada elevação progressiva na densidade populacional de perfilhos, de 240 (Gomide, 2001) a valores acima de 350 perf/m² no presente estudo e ausência de áreas com solo descoberto (Alexandrino²).

Com relação ao desempenho superior dos novilhos lotados no sistema sob desfolhação mais freqüente, vale mencionar que o GMD obtido no presente trabalho, ainda que sob condições de pluviosidade não tão favoráveis (Figura 1 do capítulo I desta tese) e modesta adubação nitrogenada, permite o incremento em massa corporal de 88 kg ao longo de 125 dias de utilização do sistema intermitente, nas águas, permitindo caracterizar esse sistema como engorda de novilhos somente a pasto nas águas propiciando acabamento dos novilhos aos 36 meses com 490 kg de MAV, em confinamento. Tal sistema foi o mais rentável no relato de Arruda (1997), comparativamente aos sistemas superprecoce, precoce, somente pastagem cultivada e sistema tradicional, com lucro de US\$ 3,89/@.

4. CONCLUSÕES

Os períodos de descanso não causaram substanciais diferenças de valor nutritivo da dieta dos novilhos em pastejo em piquetes de *Panicum maximum* cv. Mombaça. Alterações mais evidentes foram observadas quanto ao desempenho animal e ao rendimento animal por hectare;

O mais longo período de descanso comprometeu o desempenho animal e, conseqüentemente, o rendimento animal por área ao longo de toda a estação de pastejo (águas), a despeito de resultar em maior massa de forragem;

A desfolhação mais freqüente, permitindo a manutenção da estrutura do dossel favorável ao desempenho animal, propicia maior precocidade dos novilhos em pastejo e elevado rendimento animal por área;

O período de descanso em piquetes da cultivar Mombaça de *Panicum maximum* não deve exceder o tempo necessário para a expansão de 2,5 novas folhas por perfilho.

² ALEXANDRINO, E. Comunicação pessoal, 2003.

5. LITERATURA CITADA

- ALLDEN, W.G.; WHITTAKER, I.A.McD. The determinants of herbage intake by grazing sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.21, p.755-766, 1970.
- ANDRADE, I.F.; GOMIDE, J.A. Curva de crescimento e valor nutritivo do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) 'A-146 Taiwan'. **Ceres**, v.18, p. 431-447, 1971.
- ARIAS, J.E.; DOUGHERTY, C.T.; BRADLEY, N.W. et al. Structure of tall fescue swards and intake of grazing cattle. **Agronomy Journal**, v.82, p.545-548, 1990.
- ARRUDA, J.A. A pecuária bovina de corte no Brasil e resultados econômicos de sistemas alternativos de produção. In: SIMPÓSIO SOBRE PECUÁRIA DE CORTE: produção do novilho de corte, 4, 1996, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 259-273.
- BARTHAM, G.T.; GRANT, S.A. Defoliation of ryegrass-dominated swards by sheep. **Grass and Forage Science**, v.39, p.211-219, 1984.
- BLACK, J.L.; KENNEY, P.A. Factors affecting diet selection by sheep. II – Height and density of pasture. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.35, p.565-578, 1984.
- BLASER, R.E.; BRYANT, H.T.; WARD, C.Y. et al. Animal performance and yields with methods of utilizing pasturage. **Agronomy Journal**, v.51, p.238-242, 1959.
- BREDON, R.M.; TORELL, D.T.; MARSHALL, B. Measurement of selective grazing of tropical pastures using esophageal fistulated steers. **Journal of Range Management**, v.20, p.317-320, 1967.
- BRYAN, W.B.; PRIGGE, E.C.; LASAT, M. et al. Productivity of Kentucky Bluegrass pasture grazed at three heights and two intensities. **Agronomy Journal**, v.92, p.30-35, 2000.
- BURNS, J. C.; SOLLENBERGER, L.E. Grazing behavior of ruminants and daily performance from warm-season grasses. **Crop Science**, v.42, p.873-881, 2002.
- CAMPBELL, A.G. Grazed pasture parameters. I. Pasture dry-matter production and availability in a stocking rate and grazing management experiment with dairy cows. **Journal of Agricultural Science**, v.67, p.199-210, 1966.
- CHACON, E.; STOBBS, T.H. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.27, p.709-727, 1976.
- COATES, D.B.; PENNING, P. Measuring Animal Performance. In: MANNETJE, L.; JONES, R.M. (EE.). **Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research**. Wallingford: CAB International, 2000. p.353-402
- COSGROVE, G.P. Grazing behaviour and forage intake. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997. p. 59-80.

- DUBLE, R.L.; LANCASTER, J.A.; HOLT, E.C. Forage characteristics limiting animal performance of warm-season perennial grasses. **Agronomy Journal**, v.63, p.795-798, 1971.
- EUCLIDES, V.P.B.; THIAGO, L.R.L.S.; MACEDO, M.C.M. et al. Consumo voluntário de forragem de três cultivares de *Panicum maximum* sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p. 1177-1185, 1999.
- EUCLIDES, V.P.B.; CARDOSO, E.G.; MACEDO, M.C.M. et al. Consumo voluntário de *Brachiaria decumbens* cv. basilisk e *Brachiaria brizantha* cv. marandu sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p. 2200-2208, 2000(suplem.2).
- FEIJÓ, G.L.D.; EUCLIDES FILHO, K.; EUCLIDES, V.P.B. et al. Avaliação das Carcaças de Novilhos F1 Angus-Nelore em Pastagens de *Brachiaria decumbens* Submetidos a Diferentes Regimes Alimentares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p. 1015-1020, 2001(suplem.1).
- FISHER, D.S. Defining the experimental unit in grazing trials. In: AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 1999, United States. **Proceedings...**, United States: ASAS, 1999. p.1-5.
- FLORES, E.R.; LACA, E.A.; GRIGGS, T.C. et al. Sward height and vertical morphological differentiation determine cattle bite dimensions. **Agronomy Journal**, v.85, p.527-532, 1993.
- FORBES, T.D.A.; HODGSON, J. Comparative studies of the influence of sward conditions on the ingestive behaviour of cows and sheep. **Grass and Forage Science**, v.40, p.69-77, 1985.
- GILL, J.L. Repeated measurement: sensitive tests for experiments with few animals. **Journal of Animal Science**, v.63, p.943-954, 1986.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures and Some Applications)**. Washington: USDA-ARS, 1970. 20p. (USDA-ARS. Agriculture Handbook, 379).
- GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A. Morfogênese de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p. 341-348, 2000.
- GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A.M. The duration of regrowth period and the structural traits in a rotationally grazed *Panicum maximum* sward. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, 2001, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. (cd-rom).
- LACA, E.A.; UNGAR, E.D.; SELIGMAN, N., et al. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. **Grass and Forage Science**, v.47, p.91-102, 1992.
- LANGER, R.H.M. **How grasses grow**. London: Edward Arnold Limited, 1972. 61p.
- MacADAM JW; KERLEY MS; PIWONKA EJ, et al. Tiller development influences seasonal change in cell wall digestibility of big bluestem (*Andropogon gerardii*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.70, p.79-88, 1996.
- MANNETJE, L. Relations between pasture attributes and liveweight gains on a subtropical pasture. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 12, 1974, Moscow. **Proceedings...** Moscow: s. ed., 1974. p.299-304.

- McGILLOWAY, D.A.; CHUSHNAHAN, A.; LAIDLAW, A.S. et al. The relationship between level of sward height reduction in a rotationally grazed sward and short-term intake rates of dairy cows. **Grass and Forage Science**, v.54, p.116-126, 1999.
- MOORE, J.E.; SOLLENBERGER, E. Techniques to predict pasture intake. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997. p. 59-80.
- MOTAZEDIAN, I.; SHARROW, S.H. Defoliation frequency and intensity effects on pasture forage quality. **Journal of Range Management**, v.43, p.198-200, 1990.
- PARSONS, A.J.; LEAFE, E.L.; COLLETT, B. et al. The physiology of grass production under grazing. II. Photosynthesis, crop growth and animal intake of continuously-grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, v.20, p.127-139, 1983.
- PARSONS, A.J.; PENNING, P.D. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. **Grass and Forage Science**, v.43, p.15-27, 1988.
- PENNING, P.D.; PARSONS, A.J.; ORR, R.J. et al. Intake and behaviour responses by sheep to changes in sward characteristics under continuous stocking. **Grass and Forage Science**, v.46, p.15-28, 1991.
- PENNING, P.D.; PARSONS, A.J.; ORR, R.J. et al. Intake and behaviour responses by sheep to changes in sward characteristics under rotational grazing. **Grass and Forage Science**, v.49, p.476-486, 1994.
- REID, J.T.; KENNEDY, W.K.; TURK, K.L. et al. What is forage quality from the animal standpoint. **Agronomy Journal**, v.51, p.213-216, 1959.
- RODELLA, A.R.; AYOUB, J.F.; RODELLA, R.C.S.M. Estudo quantitativo de características anatômicas da folha de *Panicum maximum* Jacq. e *Panicum coloratum* L. **Revista de Agricultura** v.59, p.163-74, 1984.
- SANTOS, P.M.; CORSI, M.; BALSALOBRE, M.A.A. Efeito da frequência de pastejo e da época do ano sobre a produção e a qualidade em *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p. 244-249, 1999.
- SAS INSTITUTE. Version 8.0. Cary: SAS Institute Inc. 1999. 2 CD-ROMs.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2 ed. Viçosa: UFV; Impr. Univ. 1990. 165p.
- SILVA, D.S.; GOMIDE, J.A.; FONTES, C.A.A. et al. Pressão de pastejo em pastagem de capim-elefante anão (*Pennisetum purpureum*, Schum. cv. Mott): 1 - Efeito sobre a estrutura e disponibilidade de pasto. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, p.249-257, 1994a.
- SILVA, D.S.; GOMIDE, J.A.; QUEIROZ, A.C. Pressão de pastejo em pastagem de capim-elefante anão (*Pennisetum purpureum*, Schum. cv. Mott): Efeito sobre o valor nutritivo, consumo de pasto e produção de leite. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, p.453-464, 1994b.
- SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v.35, p.4-10, 1995.

- SOLLENBERGER, L.E.; JONES JUNIOR, C.S. Beef production from nitrogen-fertilized mott dwarf elephantgrass and Pensacola bahiagrass pastures. **Tropical Grasslands**, v.23, p.129-134, 1989.
- STOBBS, T.H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. I. Variation in the bite size of grazing cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.24, p.809-819, 1973a.
- STOBBS, T.H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. II. Differences in sward structure, nutritive value, and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.24, p.821-829, 1973b.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **The Journal of the British Grassland Society**, v.18, p.104-111, 1963.
- TITGEMEYER, E.C.; COCHRAN, R.C.; TOWNE, E.G. et al. Elucidation of factors associated with the maturity-related decline in degradability of big bluestem cell wall. **Journal of Animal Science**, v.74, p.648-657, 1996.
- UEBELE, M.C. **Padrões demográficos de perfilhamento e produção de forragem em pastos de capim Mombaça submetidos a regimes de lotação intermitente**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2002. 83p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, 2002.
- UNGAR, E.D.; NOY-MEIR, I. Herbage intake in relation to availability and sward structure: grazing processes and optimal foraging. **Journal of Applied Ecology**, v.25, p.1045-1062, 1988.
- Van SOEST, P.J. Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. **Journal of Animal Science**, v.24, p.834-843, 1965.
- WILLIAMS, C.H.; DAVID, D.J.; IISMAA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. **Journal of Agricultural Science**, v.59, p.381-385, 1962.
- WILSON, J.R. Variation of leaf characteristics with level of insertion on a grass tiller. II. Anatomy. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.27, p.355-364, 1976.
- WILSON, J.R.; KENNEDY, P.M. Plant and animal constraints to voluntary feed intake associated with fibre characteristics and particle breakdown and passage in ruminants. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.17, p.199-225, 1996.
- ZERVOUDAKIS, J.T.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E. et al. Desempenho e Características de Carcaça de Novilhos Suplementados no Período das Águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p. 1381-1389, 2001.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Ao final de três estudos realizados em uma mesma área, sob as mesmas condições de manejo geral, um grande número de informações importantes e complementares pôde ser obtido acerca do comportamento da cultivar Mombaça de *Panicum maximum* e dos animais ao longo de cinco meses de pesquisa, compreendendo a estação chuvosa de 2000-2001. Além disso, respostas aos períodos de descanso estudados, principalmente do dossel, em termos de crescimento, fisiologia e plasticidade puderam ser confrontadas e julgadas à luz das mesmas condições ambientais.

No capítulo II, observou-se o grande potencial de crescimento dessa gramínea, atingindo valores estimados de massa seca de forragem verde acima de 11 ton/ha × ciclo, quando da expansão de 4,5 novas folhas. Por outro lado, verificou-se, pela redução na razão de área foliar que alterações morfológicas indesejáveis ocorrem muito cedo na rebrotação, assim, a idéia de permitir maior período de descanso, a fim de se obter maior acúmulo de forragem, precisa ser urgentemente revista. De fato, os dados apresentados no capítulo I mostraram que, após certo tempo, pouco se ganha em termos de massa de folhas, com grande produção de hastes, que são rejeitadas pelos ruminantes em pastejo.

A constatação de que a frequência de desfolhação é decisão de manejo eficiente no controle da estrutura do dossel de gramíneas cespitosas credencia o método de pastejo em lotação intermitente como prática recomendável, devendo ser ponderada a sua utilização principalmente quando do uso de espécies/cultivares de precoce alongamento do colmo. Na lotação contínua, por mais alta que seja a pressão de pastejo adotada, algum tipo de seletividade é exercida pelo ruminante, tornando o dossel

verticalmente heterogêneo e favorecendo o alongamento das hastes em diferentes pontos da pastagem, processo que, uma vez desencadeado, dificilmente poderá ser revertido apenas via variação da taxa de lotação.

De outra forma, verificou-se no capítulo III uma vantagem adicional da lotação intermitente. Mediante algum controle sobre a estrutura do dossel pelo emprego de maior frequência de desfolhação, foi possível obter em piquetes com menor taxa de lotação média, mais altos desempenho e rendimento animal durante a estação de pastejo e provável precocidade dos novilhos. É difícil imaginar algum outro método de pastejo que associe tantas vantagens. Na lotação contínua, ao se impor adequada pressão de pastejo, obtém-se maior rendimento animal e, talvez, um controle da estrutura do dossel. Porém, o desempenho animal pode ser comprometido. Por sua vez, em situações que priorizem o desempenho animal, é necessária maior oferta de forragem, com provável comprometimento na estrutura do dossel no longo prazo, sobretudo em se tratando de espécies cespitosas.

Some-se às vantagens anteriores da lotação intermitente com maior frequência de desfolhação, o menor gasto com divisões da pastagem, em relação a sistemas com maior número de piquetes, o que distancia menos o custo fixo do sistema de lotação intermitente com o do sistema em lotação contínua.

Comparações de métodos para estimativa da massa seca de forragem verde e entre desaparecimento e consumo de forragem propiciaram informações relevantes. No primeiro caso, a técnica do fluxo de biomassa mostrou-se promissora para estimar a massa de forragem. No segundo caso, concluiu-se que o desaparecimento de forragem superestimou o consumo de forragem. Esse problema poderia ser minimizado procedendo-se à colheita de forragem ao nível do solo. Além do que, estudos de acúmulo de material morto e de eficiência de utilização da forragem produzida poderiam ser efetuados. Contudo, tal técnica é bastante complexa no caso de gramíneas cespitosas como a cultivar Mombaça de *Panicum maximum*, em que a base dos colmos já se encontra em elevado grau de lignificação, apresentando grande resistência ao corte.

Cogita-se ainda, que estudos posteriores investiguem a possibilidade de técnicas de morfogênese serem utilizadas para estudos de análise de crescimento. A vantagem de tal método seria a continuidade das medições no mesmo indivíduo em idades consecutivas, reduzindo-se o efeito de variações aleatórias entre perfis.

ADAPTAÇÃO DA TEORIA ÀS GRAMÍNEAS CESPITOSAS DO TIPO C₄

Desde que Chapman & Lemaire (1993) apresentaram a integração das características morfogênicas e estruturais em um só diagrama (Figura 1 da Introdução Geral) e o papel do manejo em controlar a condição da vegetação de gramíneas do tipo C₃ no estágio vegetativo, condicionada ainda pelos fatores abióticos, a pesquisa em pastagens tomou novos rumos. Tal integração de conceitos serviu de base para a proposição de novas linhas de pesquisa e uma visão mais detalhada dos componentes do processo de produção de forragem se desenvolveu. Entretanto, na ciência não existe verdade absoluta e num planeta tão rico em biodiversidade e regiões climáticas, seria simplório considerar tal conceito como uma unanimidade para todas as regiões e espécies forrageiras. Assim é que Cruz & Boval (1999) sugeriram um novo diagrama relacionando características morfogênicas e estruturais para espécies estoloníferas, em que o alongamento do estolão surgia como nova variável a afetar a taxa de aparecimento de folhas, o tamanho da folha, a densidade populacional de pontos de crescimento e o número de folhas por estolão, tudo isso afetando, em última análise, o IAF do dossel.

Por outro lado, no caso de gramíneas cespitosas do tipo C₄, observações remotas (Pedreira, 1965/66; Pedreira & Boin, 1969) e recentes (Fagundes et al., 1999; Cecato et al., 2000; Cavalcante, 2001; Gomide, 2001) registram alongamento das hastes ainda na fase vegetativa, processo que incrementa o rendimento forrageiro mas compromete a eficiência do pastejo, face à redução na relação folha/colmo (Sbrissia & Silva, 2001) e na densidade da folhagem (Stobbs, 1973).

De fato, as informações colhidas nos três experimentos ora reportados avaliando o crescimento, a morfofisiologia e o valor nutritivo da cultivar Mombaça de *Panicum maximum* demonstram o papel central do alongamento das hastes dessa gramínea em influenciar a produção de forragem (capítulos I e II desta tese; Pinto et al., 2001) a eficiência com que essa forragem é aproveitada pelo animal ao longo de sucessivos ciclos de pastejo (Uebele, 2002), bem como seu desempenho (capítulo III desta tese).

Feitas essas colocações, propõe-se agora e à luz do que sugeriu pela primeira vez Silva³ uma reformulação do Diagrama de Chapman & Lemaire para as condições das gramíneas cespitosas do tipo C₄, visualizada por meio da Figura 1.

³ SILVA, S.C. Comunicação pessoal, 2001.

Nessa figura, estão propostas as inter-relações entre as principais características morfológicas e estruturais para gramíneas cespitosas do tipo C₄ durante o estágio vegetativo e como o manejo as afeta. Comparando-a com o Diagrama de Chapman & Lemaire, observa-se o efeito dos fatores abióticos sobre o alongamento e aparecimento foliares, sobre o tempo de vida das folhas e também sobre o alongamento das hastes, conforme já detalhado na discussão dos resultados do presente estudo.

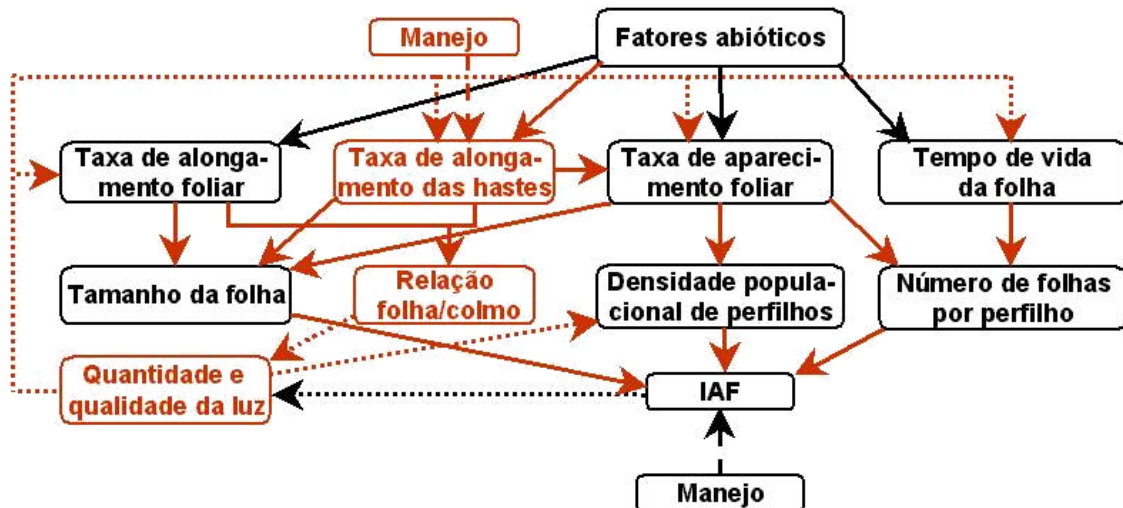


Figura 1 – Relações entre as principais características morfológicas e estruturais em dossel de gramínea cespitosa do tipo C₄, na fase vegetativa e o papel do manejo a afetá-las (os trechos em vermelho representam as alterações nos compartimentos e seu efeito sobre os fluxos, comparativamente ao Diagrama de Chapman & Lemaire). Maiores detalhes no texto.

O alongamento das hastes, por sua vez, altera a TApF e o tamanho da folha, em função das mudanças na magnitude do percurso efetuado pela lâmina para emergir do pseudocolmo (Skinner & Nelson, 1995). Ademais, o balanço entre as taxas de alongamento das hastes e das lâminas foliares provoca alterações na relação folha/colmo, característica estrutural central no manejo das pastagens de gramíneas cespitosas do tipo C₄, em função de sua relação direta com o desempenho dos animais em pastejo (Paulino, 1999; Euclides et al., 2000). Ainda que a redução na relação folha/colmo provocada pelo aumento da fração hastes não tenha influência direta no IAF do dossel, a distribuição da folhagem no perfil do dossel é grandemente afetada pelo alongamento das hastes o que, por sua vez, reduz o coeficiente de extinção de luz,

em função do maior espaçamento entre as folhas (Sugiyama et al., 1985) e do seu posicionamento mais ereto (Rhodes, 1971), alterando, assim, a quantidade e a qualidade da luz no interior do dossel.

A alteração na quantidade e qualidade da luz no interior do dossel, por sua vez repercute em modificações nas taxas de alongamento foliar (Barthram & Grant, 1984), e senescência de folhas (Bélanger, 1998) e no perfilhamento (Deregibus et al., 1983 e 1985; Wan & Sosebee, 1998), alterando, por conseguinte, as três características estruturais anteriormente descritas e também a relação folha/colmo. O resultado final é a modificação no IAF do dossel, comprovado pela continuidade do seu aumento após a estabilização da interceptação da RFA em torno de 95% (capítulo II desta tese).

O manejo do dossel também precisa ser encarado de outra forma no caso da Região Intertropical. Não somente o IAF é importante característica controlada pelo manejo imposto (Parsons et al., 1983), mas o controle do alongamento das hastes via manejo, principalmente frequência de desfolhação no caso da lotação intermitente (capítulo I desta tese; Uebele, 2002) ou via pressão de pastejo na lotação contínua (Silva et al., 1994; Almeida et al., 2000) é um processo central dentro do manejo de pastagens de gramíneas cespitosas do tipo C₄.

Essa proposta não tem a ambição de ser definitiva, decorre tão somente do reconhecimento da necessidade de se buscar, à luz da experiência existente, adaptar os conceitos estabelecidos, preponderantemente para espécies de gramíneas do tipo C₃ em regiões temperadas, às condições de crescimento de gramíneas cespitosas do tipo C₄ na Região Intertropical. Tal diagrama, ressalta o papel central da estrutura do dossel no processo de crescimento da vegetação e o papel complementar do manejo controlando a estrutura do dossel, objetivando elevado desempenho animal ao longo de sucessivos ciclos e estações de pastejo.

LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, E.X.; MARASCHIN, G.E.; HARTHMANN, O.E.L. et al. Oferta de forragem de Capim-Elefante Anão 'Mott' e o rendimento animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p. 1288-1295, 2000.
- BARTHARAM, G.T.; GRANT, S.A. Defoliation of ryegrass-dominated swards by sheep. **Grass and Forage Science**, v.39, p.211-219, 1984.

- BÉLANGER, G. Morphogenetic characteristics of timothy grown with varying N nutrition. **Canadian Journal of Plant Science**, v.78, p.103-108, 1998.
- CAVALCANTE, M.A.B. **Características morfogênicas e acúmulo de forragem em relvado de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk sob pastejo, a diferentes alturas.** Viçosa: UFV, 2001. 64 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- CECATO, U.; MACHADO, A.O.; MARTINS, E.N. et al. Avaliação da produção e de algumas características da rebrota de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq sob duas alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p. 660-668, 2000.
- CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: BAKER, M.J. (Ed.). **Grasslands for our world.** Wellington: SIR Publishing, 1993. p.55-64.
- CRUZ, P.; BOVAL, M. Effect of nitrogen on some morphogenetical traits of temperate and tropical perennial forage grasses. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL “GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY”, 1999, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1999. p. 134-150.
- DEREGIBUS, V.A.; SANCHEZ, R.A.; CASAL, J.J. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. **Plant Physiology**, v.72, p.900-902, 1983.
- DEREGIBUS, V.A.; SANCHEZ, R.A.; CASAL, J.J. et al. Tillering responses to enrichment of red light beneath the canopy in a humid natural grassland. **Journal of Applied Ecology**, v.22, p.199-206, 1985.
- EUCLIDES, V.P.B.; CARDOSO, E.G.; MACEDO, M.C.M. et al. Consumo voluntário de *Brachiaria decumbens* cv. basilisk e *Brachiaria brizantha* cv. marandu sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p. 2200-2208, 2000(suplem.2).
- FAGUNDES, J.L.; SIVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. et al. Intensidades de pastejo e a composição morfológica de pastos de *Cynodon* spp. **Scientia Agricola**, v.56, p. 897-908, 1999.
- GOMIDE, C.A.M. **Características morfofisiológicas associadas ao manejo do capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.).** Viçosa: UFV, 2001. 100p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- PARSONS, A.J.; LEAFE, E.L.; COLLETT, B. et al. The physiology of grass production under grazing. II. Photosynthesis, crop growth and animal intake of continuously-grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, v.20, p.127-139, 1983.
- PAULINO, M.F. Estratégias de suplementação para bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1, 1999, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1999. p. 137-156.
- PEDREIRA, J.V.S. Estudo de crescimento do capim-colonião (*Panicum maximum*, Jacq.). **Boletim de Indústria Animal**, v.23, p.139-145, 1965/66.
- PEDREIRA, J.V.S.; BOIN, C. Estudo de crescimento do capim elefante, variedade napier (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Boletim de Indústria Animal**, v.26, p.263-273, 1969.
- PINTO, L.F.M.; SILVA, S.C.; SBRISSIA, A.F. Dinâmica do acúmulo de matéria seca em pastagens de tifton 85 sob pastejo. **Scientia Agricola**, v.58, p. 439-447, 2001.

- RHODES, I. The relationship between productivity and some components of canopy structure in ryegrass (*Lolium* spp.). **Journal of Agricultural Science**, v.77, p.283-292, 1971.
- SBRISSIA, A.F.; SILVA, S.C. O ecossistema de pastagens e a produção animal. In: SIMPÓSIO SOBRE A PRODUÇÃO ANIMAL NA VISÃO DOS BRASILEIROS /REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 731-754.
- SILVA, D.S.; GOMIDE, J.A.; FONTES, C.A.A. et al. Pressão de pastejo em pastagem de capim-elefante anão (*Pennisetum purpureum*, Schum. cv. Mott): 1 - Efeito sobre a estrutura e disponibilidade de pasto. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, p.249-257, 1994.
- SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v.35, p.4-10, 1995.
- STOBBS, T.H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. II. Differences in sward structure, nutritive value, and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.24, p.821-829, 1973.
- SUGIYAMA, S.; YONEYAMA, M.; TAKAHASHI, N. et al. Canopy structure and productivity of *Festuca arundinacea* Schreb. swards during vegetative and reproductive growth. **Grass and Forage Science**, v.40, p.49-55, 1985.
- UEBELE, M.C. **Padrões demográficos de perfilhamento e produção de forragem em pastos de capim Mombaça submetidos a regimes de lotação intermitente.** Piracicaba: ESALQ/USP, 2002. 83p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, 2002.
- WAN, C.; SOSEBEE, R.E. Tillering responses to red:far-red light ratio during different phenological stages in *Eragrostis curvula* **Environmental and Experimental Botany**, v.40, p.247–254, 1998.