

EMERSON ALEXANDRINO

**TRANSLOCAÇÃO DE ASSIMILADOS EM CAPIM *Panicum maximum* cv.
MOMBAÇA, CRESCIMENTO, CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DA
GRAMÍNEA E DESEMPENHO DE NOVILHOS EM PIQUETES SOB PASTEJO
DE LOTAÇÃO INTERMITENTE**

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

EMERSON ALEXANDRINO

**TRANSLOCAÇÃO DE ASSIMILADOS EM CAPIM *Panicum maximum* cv.
MOMBAÇA, CRESCIMENTO, CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DA
GRAMÍNEA E DESEMPENHO DE NOVILHOS EM PIQUETES SOB PASTEJO
DE LOTAÇÃO INTERMITENTE**

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: 11 de setembro de 2003.

Prof. Juraci Alves de Oliveira

Conselheiro

Prof. Odilon Gomes Pereira

Prof. Paulo Roberto Mosquim

Dr. Domingos Sávio Queiroz

Prof. José Alberto Gomide
(Orientador)

A Deus.

Aos meus pais Osmil e Regina.

As minhas irmãs Daniela e Bruna.

Ao meu grande amor Roberta.

Às minhas “meninas”, Ulli, Chica e Bella.

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, pelo exemplo de pesquisador, pelos valiosos ensinamentos, pela orientação, pela amizade e respeito.

Ao professor Juraci Alves de Oliveira, pelas contribuições, pelo apoio, pelo trabalho e pela amizade.

Ao professor Odilon Gomes Pereira, pelas sugestões, pelo apoio e pela amizade.

Ao professor Luiz Cláudio Costa pelos ensinamentos e valiosas sugestões.

Ao professor Paulo Roberto Mosquim, pelas contribuições e exemplo de professor.

Ao doutor Domingos Sávio Queiroz, pelas valiosas sugestões.

Aos funcionários da CEPET/UFV, em especial para Zé Maria, Maurinho e Josmar.

Aos funcionários da fisiologia vegetal, em especial para o Rogério.

Aos demais professores pela contribuição na minha formação profissional.

Aos amigos, Alexandre, Guto e Magno, pela ajuda na condução de pelo menos uma das etapas dos trabalhos de campo.

Aos amigos, principalmente, para: Acyr e Fernanda, Aldrin, Alessandro, Alexandre, Américo, André, Charles, Chico, Edênio, Eduardo, Jailson, Joanis, Jorge, Lincoln e Helenice, Maristela, Márvio, Michela e Marcone, Patrícia, Ricardinho, Rogério, Uisley.

Ao meu amor Roberta, pelo apoio, pela dedicação, pelo carinho e pela amizade em todos os momentos, e principalmente, pela paciência nos momentos difíceis.

BIOGRAFIA

EMERSON ALEXANDRINO, filho de Osmil Alexandrino e Maria Regina Henrique Alexandrino, nasceu em São Carlos, São Paulo, em 8 de janeiro de 1973.

Em fevereiro de 1997, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais.

Em março de 1997, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia, na área de Forragicultura e Pastagens, nesta Universidade, defendendo a dissertação em 13 de agosto de 1999.

Em setembro de 1999, iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia na área de Forragicultura e Pastagens, nesta Universidade, defendendo a dissertação em 11 de setembro de 1999.

CONTEÚDO

RESUMO	vii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. O <i>Panicum maximum</i>	4
2.2. Fisiologia das plantas forrageiras	6
2.3. Características morfogênicas	16
2.4. Características estruturais	18
2.5. Análise de crescimento	20
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
4. CAPÍTULO I	32
Translocação de fotoassimilados recém-sintetizados em folha de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça	32
RESUMO	32
Introdução	33
Material e métodos	34
Resultados e discussão	37
Conclusão	41
Referências bibliográficas	42
5. CAPÍTULO II	43
Distribuição dos fotoassimilados de plantas de <i>panicum maximum</i> cv. Mombaça	43
RESUMO	43
Introdução	44
Material e Métodos	47

Resultados e discussão	51
Conclusões	59
Referências bibliográficas	60
6. CAPÍTULO III	62
Morfogênese e Taxa de Acúmulo de Forragem em Capim-Mombaça mantido sob diferentes Alturas	62
RESUMO	62
Introdução	63
Material e Métodos	64
Resultados e Discussão	66
Conclusões	75
Referências Bibliográficas	76
7. CAPÍTULO IV	78
Características estruturais e ganho de peso vivo de novilhos em pastagem de capim <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça sob lotação intermitente	78
RESUMO	78
Introdução	78
Material e Métodos	81
Resultados e Discussão	84
Conclusões	98
Referências Bibliográficas	99
8. CAPÍTULO V	102
Crescimento do dossel de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça	102
RESUMO	102
Introdução	103
Material e Métodos	105
Resultados e Discussão	107
Conclusões	120
Referências Bibliográficas	121

RESUMO

ALEXANDRINO, Emerson, D. S., Universidade Federal de Viçosa, Setembro de 2003.
Translocação de assimilados em capim *Panicum maximum* cv. Mombaça. Crescimento e características estruturais da gramínea e desempenho de novilhos em piquetes sob pastejo de lotação intermitente. Orientador: José Alberto Gomide.
Conselheiros: Juraci Alves de Oliveira e Luiz Cláudio Costa.

Cinco experimentos foram conduzidos objetivando-se avaliar aspectos morfofisiológicos, estruturais e produtivos relacionados ao crescimento do capim-Mombaça. Dois ensaios foram conduzidos em vasos, em casa de vegetação da unidade de crescimento de plantas (UCP) do Departamento de Biologia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa. Outros três experimentos foram conduzidos a campo, na Central de Experimentação, Pesquisa e Extensão do Triângulo Mineiro – CEPET. O primeiro experimento foi conduzido durante o período de 19/04 a 02/07/2001, visando adaptar uma técnica de radiotraçador com o ^{14}C , para estudar a translocação de fotoassimilados sintetizados na última folha recém-expandida do perfilho. O segundo experimento foi conduzido no período de 25/10/2002 a 19/12/2002, visando ao estudo da translocação de fotoassimilados para os diferentes componentes da planta, em função do nível de inserção da folha, da hierarquia de perfilhos e desfolha da planta. Neste experimento, foram utilizadas plantas durante a fase de intenso perfilhamento. Na parte aérea ficou retida maior quantidade de ^{14}C do que no sistema radicular. Da radioatividade total encontrada na parte aérea da planta, aproximadamente 50% foi retida no perfilho portador da folha exposta ao $^{14}\text{CO}_2$, independentemente da hierarquia de perfilhos. A translocação de assimilados da folha da base tendeu a priorizar o conjunto de outros perfilhos, ao contrário da folha do

topo, que priorizou a translocação de assimilados para o meristema terminal do perfilho da folha exposta ao $^{14}\text{CO}_2$, independente do tipo de perfilho estudado e da presença ou não da desfolhação. Quantidade bastante elevada de ^{14}C foi translocada para as folhas adultas da planta. O terceiro experimento, conduzido a campo durante dezembro de 2000 a março de 2001, em parcelas de 5 x 4 m; onde foram estimadas as taxas de alongamento foliar, taxa de alongamento de pseudo-colmo, taxa de senescência foliar, relação entre a densidade/tamanho de perfilhos, o índice de área foliar (IAF), a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e as taxas de produção bruta e acúmulo de forragem e de folhas, em função das alturas do dossel de 25, 50, 75, 100 e 125 cm, mantidas por cortes semanais. As taxas de alongamento e senescência foliares responderam linear e positivamente, enquanto as taxas de alongamento de pseudo-colmo, mostraram um padrão de resposta quadrática às alturas da vegetação. As menores taxas de alongamento foliar e de alongamento de pseudo-colmo na vegetação mantida mais baixa tenderam a ser compensadas pela maior densidade de perfilhos, caracterizando o fenômeno de compensação tamanho / densidade de perfilhos. O índice de área foliar cresceu linearmente com a altura da vegetação das parcelas, enquanto que a interceptação da radiação respondeu assintoticamente. A taxa de produção bruta e de acúmulo de forragem cresceu com a altura da vegetação, enquanto que a taxa de acúmulo de folhas apresentou-se insensível na faixa de altura da vegetação entre 75 e 125 cm. No quarto experimento, conduzido durante o período de 16/01 a 16/04/2002, acompanhou-se a evolução da massa, do índice de área foliar (IAF), da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) e da eficiência do uso da radiação (EUR), pós-pastejo, no período de verão e outono; também compreendeu uma análise de crescimento, em que se estimou a taxa de crescimento relativo (TCR), a taxa assimilatória líquida (TAL) e a razão de área foliar (RAF) da gramínea. Todas as variáveis basearam-se em estimativas semanais, realizadas aos 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias de rebrotação pós-pastejo. Durante o período de outono, foram observadas as mais baixas estimativas de IAF, massa de forragem verde, eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa interceptada, TCR e TAL, relativamente ao período de verão. No quinto experimento, realizado de 25/10/2001 a 16/04/2002, avaliaram-se dois sistemas de lotação intermitente, definidos pelo tempo necessário para o aparecimento de 2,5 e 3,5 novas folhas/perfilho, quanto aos seus efeitos sobre as características estruturais do dossel e o ganho de peso vivo de novilhos. Concomitantemente, realizou-se o acompanhamento do efeito do momento de pastejo (entrada e saída dos animais) e de ciclos de pastejo (1º, 2º e 3º ciclo) sobre a evolução das

mesmas características, que foram: altura do dossel, massa seca total, de folha, de colmo, relação folha/colmo, índice de área foliar (IAF) e oferta de forragem (OF). Os períodos de descanso não tiveram efeito ($P>0,05$) sobre as características estruturais do dossel, senão sobre a relação folha/colmo. Entretanto, o período de descanso interagiu com os ciclos de pastejo e com o momento do período de pastejo ($P<0,05$), relativamente à relação folha/colmo. Mais larga relação folha/colmo foi obtida com o menor período de descanso, mas somente no momento de entrada dos animais; os ciclos de pastejo tiveram efeito negativo sobre essa variável. Mais altos valores de todas as características estruturais corresponderam à condição pré-pastejo dos piquetes, com exceção da massa de colmo, cujo maior valor se verificou ao final do período de pastejo. Todas as características estruturais tenderam a crescer com a sucessão dos ciclos de pastejo, valores mais altos correspondendo ao terceiro ciclo de pastejo, com exceção à altura do dossel, que ocorreu no 2º ciclo. O ganho por animal foi elevado, de 824 e 760 g/an/dia, respectivamente, em piquetes sob períodos de descanso de 2,5 e 3,5 novas folhas/perfilho, para os quais se estimou taxa de lotação média de 3,6 animais/ha durante o período experimental.

ABSTRACT

ALEXANDRINO, Emerson, D.S., Universidade Federal de Viçosa, September 2003.
Translocation of assimilates in *Panicum maximum* cv. Mombaça. Growth and structural traits of grass and steer performance in paddocks under intermittent stocking systems. Adviser: José Alberto Gomide. Committee Members: Juraci Alves de Oliveira and Luiz Cláudio Costa.

Five experiments were carried out to assess morphological and structural traits and growth indices of Mombaça grass, a *Panicum maximum* cultivar. Two trials were run in pots, in glasshouse. Another three trials were run on the field, at the CEPET, in the Minas Gerais Triangle. The first trial, run from April to July, 2001, intended to establish a radiotracer ^{14}C to follow the photosynthate transport within the grass plant. A second trial was run from October to December, 2002, to examine the export of assimilates to different plant parts and organs with regard to leaf insertion level, tiller hierarchy and plant defoliation. The grass plants in this trial, at the age of 37 days after emergence, were in the intense tillering phase of their establishment. Most of the ^{14}C labeled assimilates was found in the aerial plant parts, of which, about 50% was retained in the tiller whose leaf had been fed to $^{14}\text{CO}_2$, regardless of tiller hierarchy. While basal leaf translocated ^{14}C primarily to plant tillers, the recently-expanded leaf exported most to the terminal meristems of the tiller having the fed leaf. A third experiment was run in small plots (5 x 4 m) to study the rates of leaf and stem elongation as well as leaf senescence rate, tiller number/size ratio, leaf area index, light interception and the gross and net forage production rates, as affected by canopy heights of 25 – 50 – 75 – 100 and 125 cm. Leaf elongation and senescence rates showed positive linear response to canopy heights, but stem elongation pattern was quadratic relative to plant heights. The lower the canopy, the higher was tiller population

density, but smaller the tiller size. While evolution of light interception was assynthetic, LAI values increased linearly with plant heights. Gross and net forage production increased with plant height, but green leaf net growth remained insensible to plant heights within the range of 75 – 125 cm. The fourth experiment dealt with the evolution of biomass, LAI, light interception and radiation efficiency use of the grass in summer and autumn. Estimates of relative growth rate (RGR) and net assimilation rate (NAR) and leaf area ratio (LAR) were also accomplished. Lower estimates of LAI, biomass, light use efficiency and RGR were observed during the autumn, relative to the summer growth. In the fifth experiment, two intermittent stocking systems, defined as to their rest period, were compared regarding their effects on the structural traits of the grass canopy. The rest periods related to the time required for the expansion of 2.5 and 3.5 new leaves on the grass tillers. The study also considered the effects of the grazing cycles and the progress of the grazing period. The rest periods did not effect ($P>0.05$) the estimates of biomass, plant height, LAI, but the leaf / stem ration. Still, there was significance of the interactions rest period x grazing cycle; and rest period x progress of the grazing period on the leaf/stem ratio. The highest values of structural traits corresponded to the pre-grazing condition of the canopy, excepting the leaf / stem ratio, which showed greater value by the end of the grazing period. Wider leaf/stem ratio pertained to the first day of the grazing period of the short rest period. Most of the structural traits values increased as the grazing cycles succeeded each other. High steer gains were observed, with overall average of 792 g/day.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A agropecuária tem sido um dos principais setores responsáveis pelo crescimento econômico do Brasil, representando, de 1994 a 1999, 27,4% do PIB nacional (Furtuoso e Guilhoto, 2002). Segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2002), a taxa de crescimento do agronegócio foi 6,5% nos primeiros nove meses de 2002, sendo ultrapassada apenas pelos setores de extração mineral e comunicações.

De acordo com os dados da Confederação Nacional de Agricultura e Pecuária – CNA (2002), do total gerado em 2001 com a venda dos 25 principais produtos agropecuários brasileiros, o primeiro lugar da lista, com 21% ou R\$ 20,47 bilhões, foi do agronegócio da carne bovina, enquanto o agronegócio do leite ficou em quinto lugar, com 7,39% ou R\$ 7,19 bilhões. Para isso, são utilizados aproximadamente 20% do total da terra utilizada pela agropecuária ou 76% da área total do país (Faria et al., 1996).

O pasto é a principal fonte para a alimentação do gado de corte, pois somente aos animais confinados é fornecida maior quantidade de concentrado. Entretanto, mesmo animais terminados em confinamento, são criados e recriados em pastagem, onde ganham de 70 – 80% do seu peso vivo. Ademais, o confinamento representa apenas 5% do total de abate, e mesmo assim, grande parte da dieta é constituída de forrageiras cortadas fornecidas no cocho (Zimmer e Euclides Filho, 1997). Os pastos, alimento mais barato para a produção animal, são constituídos, na sua maioria, de gramíneas, a principal fonte de alimentação dos rebanhos de herbívoros, integrando o meio ambiente (radiação solar, temperatura, água e nutrientes) e a produção animal (carne, leite, lã...).

As gramíneas forrageiras por apresentar grande capacidade de recuperação após a desfolhação, tornam-se adaptadas à exploração pecuária. Essa capacidade de rebrotação

das gramíneas, garante a produtividade e a perenidade da cobertura vegetal, dois pontos fundamentais na utilização da pastagem.

Apesar do destaque econômico e da área utilizada, Corsi e Aguiar (2003) relatam que a baixa produtividade da pecuária nacional (150 Kg de peso vivo/ha/ano) tem contribuído para a expansão da área agrícola sobre as áreas de pastagens. Assim, a adoção de novas tecnologias se faz necessária, pois a redução das áreas com a manutenção do rebanho bovino, tem acarretado em elevação na pressão de pastejo. Isso provocou o crescimento da utilização de pastagens cultivadas em áreas de pastagem nativa, passando de cerca de 30 milhões de ha, em 1970, para 105 milhões de ha em 1995, o que representa um incremento de 250% em 25 anos. Nestas áreas, após alguns anos de uso, inicia-se um processo de queda de produção, resultando na maioria dos casos em degradação de pastagem, fazendo que os produtores busquem outras forrageiras alternativas (Zimmer e Euclides Filho, 1997).

Devido ao grande número de cultivares e novos lançamentos, estabeleceu-se uma busca constante de novas forrageiras (Silva e Pedreira, 1997), que apresentem alta produção sob solos de baixa fertilidade, inclusive no período seco. No último século, das gramíneas introduzidas no Brasil, as espécies de *Brachiaria* (*B. decumbens* e *B. brizantha*) foram as mais utilizadas, enquanto que a de *Panicum maximum*, ficaram em segundo lugar.

Essa necessidade de melhorar o desempenho do sistema baseado em pastagem tem levado ao lançamento de novos cultivares de *Panicum maximum* como, o Tanzânia em 1990 e Mombaça em 1993, selecionados para maior produção de massa seca, relação folha/colmo, vigor de rebrotação pós-pastejo, melhor distribuição sazonal de forragem e mais rica em proteína bruta do que outros cultivares de *Panicum maximum*. Contudo, apesar de todo o investimento de melhoria das espécies forrageiras, a produção animal continuou sendo meramente uma resposta do processo de pastejo onde o manejo inadequado determinou, após alguns anos de uso, os baixos índices zootécnicos.

Assim, nos últimos anos, vem sendo enfatizada atenção ao manejo das pastagens, que deve ser baseado em técnicas e estratégias que visem não só assegurar a produção animal, mas também garantir o vigor e, conseqüentemente, a perenidade da pastagem, impossível sob manejo que desconheça a aplicação de princípios de fisiologia e morfologia da planta forrageira.

Tanto a intensidade como a frequência de desfolhação alteram as características morfogênicas, estruturais e fisiológicas das plantas forrageiras, em resposta à redução na área foliar, e eliminação do meristema apical, determinando mobilização de reservas

orgânicas, modificação na relação fonte/dreno, redução na respiração radicular e na absorção de nutrientes, que podem imprimir alteração na taxa de crescimento das plantas desfolhadas, que depende das condições momentâneas e da habilidade de adaptação das forrageiras. Essas alterações, determinantes do potencial de rebrotação das plantas forrageiras após a desfolhação, têm sido pesquisadas nos últimos 50 anos em gramíneas temperadas. A generalização dessas informações para as gramíneas tropicais deve ser cautelosa, principalmente, em função das diferenças de seus caminhos metabólicos (C_3 x C_4), bem como na variação do porte e estrutura da planta e das condições de ambiente em que se desenvolvem. Assim, estudos semelhantes devem ser conduzidos, os quais foram objetivos da tese:

- Definir a aplicação do uso da técnica de radiotraçador para o estudo da translocação de assimilados;
- Obter informações sobre a partição de assimilados recém-sintetizados nas folhas, envolvendo:
 - o Épocas distintas (verão e inverno);
 - o Nível de inserção da folha (topo x base);
 - o Hierarquia de perfilho e
 - o Grau de desfolhação;
- Traçar as curvas de taxa de acúmulo de forragem e de folhas do dossel mantido sob diferentes alturas;
- Avaliar a evolução da massa, do índice de área foliar, da interceptação da radiação, eficiência de uso da radiação luminosa e dos índices de crescimento do dossel forrageiro;
- Acompanhar a evolução das características estruturais do dossel da gramínea em sistema de lotação intermitente durante seu período de descanso e;
- Comparar o ganho médio diário dos animais em pastagem sob lotação intermitente e contínua.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O *Panicum maximum*

As espécies de gramíneas mais importantes usadas na formação das pastagens brasileiras são *Brachiaria decumbens* e *B. brizantha*, *Cynodon dactylon*, *Panicum maximum* e *Pennisetum purpureum*. O *Panicum maximum* é a segunda espécie mais utilizada na formação de pastagens, ficando atrás apenas das espécies do gênero *Brachiaria*, e seu uso tem sido aumentado devido a sua alta produtividade (Carvalho, 2002).

O *Panicum maximum* Jacq. tem origem africana. Historicamente, o capim-Colonião foi o primeiro cultivar a ser introduzido no Brasil, e por ter sido estabelecido por um longo período, é considerado como uma gramínea nativa em algumas regiões (Carvalho, 2002). Inicialmente, foi introduzido em áreas desmatadas, de solo com alta fertilidade natural. Posteriormente, foi sendo substituído por outras cultivares menos exigentes em fertilidade de solo (Green panic, Gatton panic, Sempre verde e etc), que posteriormente, foram substituídos por outras gramíneas, como as espécies de *Brachiaria*, devido estas serem tolerantes a solo de baixa fertilidade e menor demanda em termos de manejo, sendo por isso amplamente preferidas e utilizadas pelos fazendeiros (Carvalho, 2002).

Um acordo estabelecido entre o Institut Francais de Research Scientifique pour le Development em Cooperation e a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) permitiu a introdução de 426 acessos de *Panicum maximum* Jacq. (Jank et. al., 1994), o que possibilitou, como resultado de um programa de seleção em diferentes institutos de pesquisas, o lançamento de nove cultivares: IZ-1 (1979), Tobiatã (1982),

Centenário (1986), Centauro (1988), vencedor (1990), Tanzânia (1990) e Mombaça (1993) (Jank, 1995), e recentemente, o Massai (Euclides et al., 2000).

2.1.1. O cultivar Mombaça

É um cultivar resultante da seleção da coleção do ORSTON e foi disponibilizado em 1993 pela EMBRAPA – CNPGC. É uma gramínea entouceirada, com folhas de 165 cm de comprimento e largura de 3 cm, produzindo somente 11% de forragem no inverno, com florescimento no outono (abril – junho), e concentração de proteína bruta nas folhas e colmo, de 13,4 e 9,7%, respectivamente (Jank, 1995).

Avaliando 156 dos 426 acessos de *Panicum maximum* recebidos do ORSTOM, Jank et al (1994) apresentaram um ranqueamento dos 25 melhores acessos. O cultivar Mombaça classificou-se na nona posição para a produção de massa seca total (41 ton/ha/ano), na sétima posição em relação à produção de folhas (33 ton/ha/ano), na quarta posição para estacionalidade de produção (11% da produção na estação seca) e na terceira posição em resposta à adubação.

Contudo, a produção de massa seca é altamente influenciada pelas condições de meio e de manejo. Assim, um estudo avaliando o efeito do manejo do corte sobre a produção e qualidade de diferentes seleções de *Panicum maximum* Jacq., mostrou que a redução na frequência de cortes propiciou maior produção, porém com queda de qualidade (Singh, 1995, citado por Santos et al., 1999). Maior produção para o Mombaça e Tanzânia, com o incremento do intervalo de corte, também foi observado por Santos et al. (1999), ao avaliarem intervalos de desfolha de 28, 38 e 48 dias, sendo a maior diferença quando se passou de 28 para 38 dias. Contudo, a redução do período de descanso ou intervalo entre cortes permite um maior número de colheitas, de modo que, a menor produção de massa seca por corte tende a ser compensada pelo maior número de cortes, e assim, não havendo diferença na taxa de crescimento de forragem em função dos diferentes intervalos entre cortes (Santos et al., 1999) ou períodos de descanso (Gomide, 2001).

Além da frequência, a intensidade de corte é outro componente do manejo a afetar a produção de forragem. Cecato et al. (2000), avaliando oito cultivares de *Panicum maximum*, sob duas alturas (20 e 40 cm), no período das águas e inverno, verificaram que a altura teve efeito apenas para o capim KK8 e Mombaça, sendo o vigor de rebrotação maior com cortes a 40 cm, que segundo os autores, está relacionado ao maior número de meristemas apicais eliminados a altura de 20 cm.

A adubação é outra estratégia de manejo que interfere na produção de forragem. Avaliando doses crescentes de NPK, Quadros et al (2002) verificaram que a taxa de

crescimento de massa seca foi maior no Mombaça do que no Tanzânia, cuja produção forrageira respondeu linearmente às doses de NPK aplicadas. Também, dados de Pieterse et al. (1997) evidenciaram resposta linear da produção de massa seca dos cultivares Mutale, Petrie e Gatton de *Panicum maximum*, à aplicação de nitrogênio até a dose de 320 Kg/ha.

2.1.2. Produtividade animal em *Panicum maximum*

A produtividade animal, da ordem de aproximadamente 150 KgPV/ha/ano (Corsi e Aguiar, 2003), pode ser aumentada pelo incremento na capacidade de suporte das pastagens ou do ganho de peso individual. Dentre as opções disponíveis para aumentar a produtividade e a eficiência dos sistemas de produção, Euclides et al. (1999) destacaram a utilização de espécies mais produtivas, a adubação nitrogenada e o controle da utilização das pastagens pela manipulação da taxa de lotação ou do sistema de pastejo, como estratégias mais viáveis para as condições brasileiras.

Em pastagens de gramíneas dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*, Euclides et al. (1997) relataram incrementos de 100% na produtividade animal, registrando índice médio de 622 Kg/ha/ano, média de 3 anos, em resposta a adubação que favoreceu o desempenho animal e, principalmente, a capacidade de suporte das pastagens. Euclides et al. (1999) relatam produtividades de 700, 725 e 820 Kg/ha/ano ao longo dos três anos de pesquisa, em pastagem de capim-Tanzânia e capim-Mombaça adubadas anualmente com 50 e 100 kg/ha/ano de nitrogênio, respectivamente. Nesse experimento, a taxa de lotação nas águas (5,30 animais/ha) foi superior ao período da seca (1,68 animais/ha). O ganho médio diário por animal (GMD) para o período das águas (593 g/animal/dia) foi superior ao período da seca (135 g/animal/dia), e ao longo do ano foi de 440 g/animal/dia. O efeito do aumento da adubação nitrogenada sobre a produtividade animal se deveu principalmente ao aumento na capacidade de suporte das pastagens.

Cândido (2003) verificou pouca alteração na taxa de lotação, mas queda acentuada no ganho por animal, de 704 para 433 g/animal/dia, e conseqüentemente, comprometimento da produtividade animal, de 546 para 363 kg PV/ha/período das águas (125 dias), à medida que se prolongou a duração do período de descanso do capim-Mombaça, sob lotação intermitente.

2.2. Fisiologia das plantas forrageiras

Segundo Bradshaw (1965), citado por Lemaire e Agnusdei (1999), as adaptações após a desfolhação a curto e longo prazo são de origem fisiológica; assim sendo, toda a

plasticidade é fisiológica. Contudo, quando a mudança fisiológica tem predominantemente um efeito final morfológico, pode-se denominá-la como plasticidade fenotípica.

A produção de tecido foliar é o resultado da interação de dois processos: (i) da produção de fotoassimilados, e (ii) do uso desses fotoassimilados pelos meristemas foliares. Assim, a taxa de expansão do novo tecido foliar pode ser limitada tanto pela produção como pelo uso de assimilados (LEMAIRE e AGNUSDEI, 1999), sendo que o meio ambiente, a idade fisiológica e ou manejo interferem no potencial de produção e no uso de fotoassimilados, uma vez que eles se relacionam com a área foliar, com os pontos de crescimento (meristemas), e portanto, com a dinâmica da relação fonte/dreno.

A área foliar é uma importante característica do crescimento das plantas forrageiras, pois condiciona a porcentagem de radiação interceptada e transformada em fotoassimilados essenciais ao desenvolvimento da forrageira.

Existe uma diferença fundamental na fisiologia de produção de gramíneas forrageiras em um relvado crescendo de baixo para alto IAF (durante o período de descanso do pastejo de lotação intermitente) e aquele mantido com IAF constante sob lotação contínua (Parsons et al., 1983). No sistema de pastejo sob lotação intermitente, o crescimento do relvado se inicia a partir de um baixo IAF até alcançar um alto IAF. O incremento no IAF decorre da produção de novas folhas nos perfilhos sobreviventes à desfolhação e do aparecimento de novos perfilhos.

Com o aumento no IAF do relvado cresce a interceptação da luz incidente, até atingir um máximo, a partir do qual, incrementos no IAF não proporcionam aumento na interceptação luminosa. A taxa de crescimento do relvado está relacionada com a porcentagem de luz interceptada, e seu máximo ocorre quando a área foliar é suficiente para interceptar aproximadamente 95% da luz incidente (Brougham, 1956). Contudo, a máxima taxa de acúmulo de forragem ocorre quando um relvado, crescendo de baixo para alto IAF, atinge um IAF em que aproximadamente 95% da luz incidente é interceptada (Chapman e Lemaire, 1993), e é definido como o IAF ótimo (Donald, 1961, citado por Chapman e Lemaire, 1993).

O sucessivo aparecimento de novas folhas, em crescentes níveis de inserção, determina o sombreamento de folhas das camadas inferiores do dossel que, permanecendo abaixo do ponto de compensação por luz, experimentam balanço negativo de carbono e tendem a senescer e morrer.

A taxa de acúmulo de forragem decresce inversamente ao incremento da taxa de senescência de folhas e perfilhos, que pode variar de acordo com a estação do ano e espécies de plantas.

As perdas por senescência foliar são pequenas principalmente após desfolhação mais intensa. Nesta condição, a produção bruta de forragem aumenta com o tempo, e corresponde exatamente ao acúmulo de forragem. Contudo, longos períodos de rebrotação, que excedem a duração de vida das folhas expandidas, comprometem o acúmulo de forragem verde, que pode tornar-se nulo, em função da senescência e morte foliares.

Na fase de intenso aparecimento e alongamento foliares, a produção de forragem é máxima, mas o acúmulo de folha é zero, uma vez que para cada folha que aparece em um dado momento uma outra senesce, e portanto, todo o incremento de tecido foliar devido ao aparecimento e alongamento foliar é anulado pela senescência foliar. Sob estas condições, o IAF do relvado é suficiente para interceptar quase toda, se não toda luz incidente sobre ele, tendo uma alta taxa fotossintética e produção de tecido, porém, como o acúmulo nestas condições é zero, sem nenhuma vantagem sobre a senescência e morte foliar.

Interessado em determinar bases fisiológicas que permitam a definição do melhor momento de desfolhação do dossel sob pastejo de lotação intermitente ou sob regime de cortes, Parsons et al. (1988) avaliaram a fotossíntese bruta, fotossíntese líquida e morte de folhas juntamente com o crescimento acumulado, a taxa de crescimento instantâneo e taxa de crescimento médio em função do tempo de rebrotação. Após desfolhação severa, a taxa de crescimento médio atingiu valor máximo após o pico da taxa de crescimento instantâneo e antes da ocorrência do crescimento acumulado máximo. Segundo estes autores a taxa de crescimento médio poderia ser utilizada como parâmetro para se definir o momento ideal para a desfolhação, visto que correspondeu ao melhor balanço entre fotossíntese bruta, fotossíntese líquida e morte de tecido.

A produção de tecido foliar é um processo contínuo regulado pelas condições de ambiente e pelas características do dossel. Sob pastejo de lotação contínua, a intensidade do fluxo de forragem do dossel (produção, consumo e morte) depende do IAF mantido. Para sustentar um alto IAF e uma alta taxa de produção, apenas uma pequena proporção de tecido produzido é colhido, e grande parte permanece no relvado para contribuir para a fotossíntese, e acaba por senescer e morrer. Existe uma complexa interação entre a proporção da parte aérea que é colhida, o IAF e a taxa de fotossíntese que pode conseqüentemente ser mantida, e a quantidade que pode ser colhida no pastejo em lotação contínua (Parsons et al. 1983). Uma alta taxa de fotossíntese bruta e uma alta produção de

parte aérea não estão associadas a uma alta eficiência de colheita, isto é, de consumo da forragem produzida por área.

Sob alta intensidade de pastejo, o relvado será mantido a um menor IAF e o consumo de forragem por área é alto. Contudo, esse aumento na eficiência de colheita reduz a fotossíntese bruta do dossel, e portanto, a produção da parte aérea. Conseqüentemente, o consumo máximo por área corresponderá a um relvado mantido em um IAF que é substancialmente abaixo do ótimo para a fotossíntese (Parsons et al., 1983).

A desfolhação afeta profundamente a fisiologia das plantas e, portanto, a taxa de produção de novas folhas. Conseqüentemente, a otimização do sistema de pastejo pode não ser concebida com a independente maximização da produção e da eficiência de utilização de forragem, mas como resultado de conciliação entre os três fluxos dinâmicos de tecidos do dossel pastejado: crescimento, senescência e consumo (Parsons et al., 1983).

Segundo Lemaire e Agnusdei (1999), a resposta de plantas individuais à intensidade e frequência de desfolhação envolve vários processos no nível da interface planta-animal. Essas características e adaptações morfogênicas e estruturais decorrentes do manejo imposto à forrageira, causam uma resposta da planta a longo prazo, promovendo alterações morfológicas que resultam na adaptação da arquitetura da planta, tornando-a menos susceptível à desfolhação, utilizando uma estratégia de “fuga” segundo Briske (1996). Contudo, existe também uma adaptação de curto prazo, que consiste de uma resposta fisiológica ligada à redução no suprimento de C como resultado da perda de área foliar.

Com o desenvolvimento da planta, seja durante a fase de estabelecimento ou no crescimento de rebrotação, ocorre um aumento significativo do número de folhas e de perfilhos na planta, contribuindo para aumento da interceptação da energia luminosa (radiação) e a fotossíntese do dossel. Contudo, se o aumento da área foliar ultrapassar determinado valor crítico, intensifica-se o sombreamento mútuo das folhas, modificando a qualidade da luz que penetra no dossel, comprometendo a fotossíntese líquida devido: i) a um aumento na respiração, ii) idade avançada das folhas e iii) sombreamento mútuo.

A alta intensidade e a frequência da desfolhação reduzem a interceptação de energia luminosa, e com isso a fotossíntese do dossel, comprometendo o crescimento do relvado. Portanto, existe um paradoxo a ser conciliado no manejo das pastagens, que é a necessidade de manter ou acumular área foliar para permitir maximizar a interceptação da luz incidente e fazer a desfolhação pelo corte ou pastejo, a fim de atender a necessidade alimentar dos animais. Assim, o grande desafio do manejo é maximizar a eficiência de

colheita da massa vegetal, sem comprometer seriamente a produção primária, e portanto, a produtividade e a persistência das pastagens. Tal fato se agrava em razão da mais alta eficiência fotossintética das folhas mais novas (Brown et al., 1966; Jewiss e Woledge, 1967; Woledge, 1985) que, por se situarem no topo do dossel, são mais susceptíveis à colheita pelo animal e eliminação pelo corte.

A capacidade da planta em reconstituir nova área fotossintética após a desfolhação está relacionada com diversos fatores, entre eles a área foliar residual. Brougham (1956), verificou proporcionalidade entre a rápida recuperação do relvado de azevém perene (*L. perenne*) e a área foliar remanescente. Entretanto, Brown et al. (1966) ressaltaram a baixa eficiência fotossintética das folhas residuais, e, por isso, consideram-na de pequena importância. Por outro lado, Parsons et al. (1983) encontrou que, apesar de as folhas mais jovens representarem apenas 42 % da área foliar, elas foram responsáveis por 77 % da fotossíntese líquida do dossel. Mas, Richards (1993) um aumento na taxa fotossintética das folhas remanescentes após a desfolhação, o que ele chamou de fotossíntese compensatória ou rejuvenescimento, que parece estar relacionada a uma alteração no balanço hormonal da planta após o corte. Esse aumento na atividade das folhas que escapam à desfolhação também foi citado por Davies (1974), em folhas do perfilho de azevém perene.

Estudando a produção de matéria seca de genótipos de milho em resposta a diferentes épocas de semeadura e níveis de adubação nitrogenada, Guideli et al. (1998) verificou correlação linear positiva entre o índice de área foliar remanescente e a produção de matéria seca total, na primeira época de semeadura. Neste caso, o resíduo de folhas verdes favoreceu a habilidade da planta em produzir matéria seca. Contudo, o efeito positivo da área foliar remanescente sobre a rebrotação, pode não ser exclusivo, pois um manejo que permite boa área foliar remanescente garante, ao mesmo tempo, menor eliminação do meristema apical e maior reserva orgânica devido à maior altura do corte, características que também favorecem a rebrotação da forrageira.

Durante o processo de aparecimento e alongamento de folhas e perfilhos, ocorre uma hierarquia de translocação do carbono fixado entre os diferentes compartimentos da planta que atuam como fonte e/ou dreno. A prioridade de alocação de assimilados, ou balanço de assimilados entre os diferentes órgãos das plantas do relvado, depende da força do dreno, que segundo Taiz e Zeiger (1998), é dependente de seu tamanho, que é o peso total do tecido do dreno, e de sua atividade, que é a taxa de absorção de assimilados por unidade de peso do tecido do dreno. Contudo, além da força do dreno, a sua distância relativamente à fonte, a competição entre eles e a arquitetura vascular de folhas e colmos

impõem grande influência sobre o padrão de distribuição do carbono em plantas intactas crescendo sob condições de ambiente não limitantes (Wardlaw, 1968, Canny, 1973, Giffort e Evans, 1981, Watson e Caspe, 1984, citados por Chapman et al. (1991)).

A raiz, o colmo, a folha e, dependendo do estágio de desenvolvimento, a inflorescência, constituem os componentes morfológicos da gramínea forrageira. Contudo, durante a fase inicial do crescimento vegetativo não se visualiza o colmo com seus entrenós. Esses componentes formam o perfilho, e a maioria destes órgãos, dependendo da condição momentânea, poderão atuar como fonte e/ou dreno de assimilados. Assim, a relação fonte e dreno de assimilados é dependente das condições momentâneas ditadas pela fase de crescimento da planta forrageira, assim como das condições de meio e manejo.

Em agrupamentos de plantas, a fotossíntese ocorre ao longo de todo dossel, arranjos de folhas, que se sobrepõem e, se sombreiam mutuamente. Então, de forma gradual a luz incidente é absorvida em sua passagem através dessas diversas camadas, de modo que se aproveita a maior parte dela. O ponto de compensação luminoso corresponde à irradiância em que o ganho líquido de CO₂ é zero. Neste caso, o que é absorvido pela fotossíntese é perdido pela respiração (Larcher, 1986).

Os fotoassimilados produzidos pelos tecidos fotossinteticamente ativos serão utilizados para a manutenção do próprio tecido que a sintetizou (fonte), sendo o excedente translocado para os diversos drenos da planta. A zona de alongamento é um forte dreno uma vez que a maior proporção de fotoassimilados importado ou sintetizado na folha são utilizados nessa zona (Brégard e Allard, 1999). Em contraste, a quantidade de ¹⁴C-carboidratos foi similar na zona de divisão e alongamento, que poderá indicar que iguais proporções de fluxo de carbono das folhas completamente expandidas foram exportadas para ambas zonas (Allard e Nelson, 1991). Esta informação concorda com a condição de dreno tanto da zona de alongamento como da de divisão celulares.

Durante a emergência da lâmina foliar, o ápice foliar emergido, já diferenciado e fotossinteticamente ativo, atua como fonte, enquanto a base em crescimento funciona como dreno. Assim, a lâmina ainda não completamente expandida, não é totalmente um órgão fonte mas, apresentando ainda uma zona de crescimento ativo, é também dreno. Esta zona de crescimento necessariamente tem que importar, uma vez que ela, ainda confinada pelo envoltório de bainha das folhas mais velhas, não é fotossinteticamente ativa. O fotoassimilado utilizado nessa zona pode originar-se das folhas mais velhas ou mesmo da parte emergida dessa lâmina em desenvolvimento, já estruturalmente adulta e fotossinteticamente ativa (Brégard e Allard, 1999, Schnyder e De Visser, 1999).

Ao longo do desenvolvimento da folha, ocorre a transição da relação fonte e dreno, caracterizada pelo declínio na importação de fotoassimilados pela lâmina foliar e iniciação na exportação relacionada ao alongamento da bainha (Brégard e Allard, 1999). Esse tempo de transição de dreno para fonte no desenvolvimento de lâminas foliares de gramíneas tem recebido pouca atenção, sendo que o balanço entre a quantidade de açúcar importado e a quantidade de fotoassimilados produzidos pela lâmina foliar é função da sua capacidade fotossintética. O momento da transição de dreno para fonte, em lâminas foliares de festuca alta (*Festuca arundinaceae*), coincidem com o alongamento da bainha, ocorrendo quando a lâmina foliar completou 80% de seu alongamento (Brégard e Allard, 1999).

Quando o suprimento de assimilados é suficiente para satisfazer a demanda dos meristemas, o crescimento foliar pode alcançar o potencial determinado pela temperatura e o excedente de assimilados pode ser armazenado como carboidrato de reserva (Lemaire e Agnusdei, 1999). Em consequência do aumento da expansão da área foliar, mais energia luminosa é capturada, mais carbono é fixado, mas a demanda por assimilados aumenta em razão desse crescimento. O tamanho e número de meristemas também aumentam e, por isso é mantido o balanço aproximado entre suprimento e demanda de assimilados (com algumas flutuações de acordo com as variações no nível de radiação e temperatura) (Lemaire e Agnusdei, 1999).

Durante a fase inicial do desenvolvimento vegetativo de plantas intactas de *Lolium multiflorum*, a translocação de assimilados ocorreu principalmente para o sistema radicular, sendo pequena a translocação para os perfilhos (Marshall e Sagar, 1968). Também Ryle (1970) destacou a atuação do sistema radicular como dreno, recebendo em maior proporção os assimilados produzidos no início da fase vegetativa de *Lolium perenne* e *Lolium temulentum*. Contudo, houve uma modificação na hierarquia da repartição dos assimilados com o desenvolvimento da planta, no qual as folhas inferiores ainda exportavam para as raízes e as folhas superiores recém-expandidas exportavam para as folhas em expansão e emergentes. Este comportamento possivelmente se relaciona com a distância entre fonte e dreno, entre outros fatores.

Segundo Robin et al. (1987), folhas jovens de *Trifolium repens* L. exportaram o carbono principalmente para o ápice, enquanto folhas mais velhas exportaram principalmente para a base da planta; comportamento esse comum em muitas plantas vasculares (Wardlaw, 1968). Contrastando com os resultados acima, Ryle et al. (1981) encontraram que folhas jovens de trevo branco e vermelho exportaram mais assimilados para as raízes do que as folhas velhas.

Além dos fatores citados que interferem na relação fonte/dreno, Chapman et al. (1991) destacaram que os resultados conflitantes possivelmente ocorrem devido às diferentes espécies estudadas, bem como em razão das suas respectivas técnicas de mensuração para avaliar a distribuição dos assimilados, assim como a idade fisiológica das plantas avaliadas.

O resíduo aéreo após o corte (restolho) é composto principalmente de bainhas de folhas completamente expandidas, que envolvem as folhas imaturas em expansão e diferenciação. O hábito de crescimento é um fator importante que irá determinar a maior ou menor resistência aos cortes, que é função da sobrevivência do meristema apical. Os pontos de crescimento e as zonas meristemáticas das gramíneas, sendo próximas à superfície do solo, em razão do tardio alongamento do colmo, não são normalmente removidas durante a desfolhação (Gomide et al., 1979; Gomide e Zago, 1980).

A desfolhação é um dos fatores de manejo que afetam diretamente o dossel da pastagem, uma vez que o tecido fonte, área foliar fotossinteticamente ativa, é removida. Isso provoca uma alteração no metabolismo da planta, sendo que o crescimento de rebrotação vai estar em função da habilidade da planta desfolhada em reconstituir a fonte de assimilados, ou seja, alterar a relação fonte/dreno, uma vez que tecidos drenos, raízes e base do pseudo-colmo em plantas intactas, passam a ser fonte em plantas desfolhadas, a partir das reservas orgânicas neles armazenadas antes da desfolhação.

O excedente de fotoassimilados da parte aérea do perfilho é acumulado em órgãos de reserva. Contudo, a forma na qual a planta acumula reservas é função da espécie considerada. O papel dos carboidratos de reserva na rebrotação das plantas, na resistência a baixas temperaturas e à desfolhação constitui parte da fisiologia das forrageiras bastante estudada. Segundo Volenec et al. (1996), Graber et al., em 1927, foram os primeiros a reportarem o declínio do nível desses compostos quando da retomada do crescimento subsequente à desfolhação. Há décadas, a influência dessas reservas é atribuída, principalmente, aos carboidratos totais não estruturais.

Nesse sentido, pode-se resumir pelo que foi apresentado até o momento que a desfolhação reduz a área foliar, e portanto, o suprimento de fotoassimilados para os diferentes meristemas da planta, cuja fisiologia após a desfolhação apresenta duas fases distintas. A primeira é um período transitório em que a reserva previamente armazenada é utilizada rapidamente devido a perda de tecido fotossintetizante. A segunda fase, um reajuste da atividade fisiológica quando o pool de reserva é progressivamente restabelecido (Morvan-Bertrand et al., 1999). Assim, o crescimento foliar geralmente depende primeiro

da reserva pré-desfolhação e, depois, do assimilados pós-desfolhação (Davidson e Milthorpe, 1966, Johansson, 1993).

O carbono é necessário durante a rebrotação não somente para síntese de compostos estruturais em novas folhas mas também como substrato respiratório dos componentes acima e abaixo do solo, rizodeposição, e também para o restabelecimento do tecido radicular e dos órgão de reserva (Johansson, 1993).

A desfolhação induz a planta à mudanças que ainda não são bem conhecidas do metabolismo vegetal. Grande modificação que ocorre na planta durante a rebrotação é a relação fonte/dreno de N, em que raiz e resíduo aéreo são considerados fontes, enquanto novos tecidos (formação das lâminas foliares) se tornam forte dreno. As duas possíveis fontes de N para o crescimento das lâminas foliares são absorção radicular e mobilização do N armazenado.

Thornton e Millard (1997) verificaram que o crescimento de folhas depois da desfolhação foi maior, quando as plantas foram capazes de mobilizar N; esta observação da suporte a estudos que sugerem que não só as reservas de carboidratos totais não estruturais são importantes para o crescimento da planta após a desfolhação (Ourry et al., 1994; Volenec et al., 1996). Ourry et al. (1988) verificaram aumento na mobilização e translocação da reserva de N orgânico das raízes e da área foliar residual para a formação de novas folhas durante a rebrotação de *Lolium perenne* após a desfolhação. Ourry et al. (1989), observaram decréscimo líquido de 40% na proteína solúvel das raízes e 45% de peso fresco do resíduo aéreo de *Lolium perenne*, mudanças associadas ao aumento da atividade proteolítica durante a primeira semana após a desfolhação.

Com relação à metodologia de marcação de carbono, o trabalho de Johansson (1993) se destaca por enfatizar a importância simultânea da reserva e do assimilados atual de carbono em diferentes partes da planta de *Festuca pratensis* L. (parte aérea, coroa, raiz, solo e respiração da rizosfera). Após 37 dias de emergência, a distribuição do ¹⁴Carbono na planta foi 70,8% na parte aérea, 6,6% na coroa, 9,1% nas raízes, 3,4% no solo e 10,2% na respiração da rizosfera. A distribuição do ¹³Carbono após o primeiro corte, durante o segundo período de crescimento (15 dias de rebrotação), seguiu praticamente o mesmo modelo de distribuição do ¹⁴Carbono, com exceção de que não foi detectado nada no solo. Tanto o ¹⁴C (que representa a reserva), como o ¹³C (assimilados atual – representando o processo de fotossíntese) foram utilizados para o crescimento da parte aérea após o corte durante o período de 19 dias de rebrotação. Contudo, o ¹³C constituiu mais de 90% do carbono utilizado para o crescimento da massa aérea.

De Visser e Schnyder et al. (1997) refinaram ainda mais a metodologia, pois avaliaram tanto o carbono como o nitrogênio pré e pós-desfolhação, em função dos dias após a desfolhação. Foi utilizada a técnica de “marcação constante” que, por ser uma marcação homogênea durante o período de avaliação, permite o estudo quantitativo da análise da partição. Os autores verificaram que a fotossíntese em *Lolium perenne* foi a fonte de carbono mais importante para a acumulação de matéria seca na zona de alongamento foliar três dias após a desfolhação (mais de 50%) ou 4,5 dias de rebrotação quando avaliado a importância do nitrogênio pós-desfolhação, excedendo de 90% depois da primeira e segunda semanas, respectivamente, constituída desse carbono e nitrogênio assimilados pós-desfolhação. Segundo Morvan-Bertrand et al. (1999) o balanço positivo de carbono foi restabelecido no sexto dia após a desfolhação em *Lolium perenne*.

O período de três dias para o carbono e o de 4,5 dias para o nitrogênio assimilados pós-desfolhação, registrado por De Visser e Schnyder et al. (1997) é menor que o encontrado em outros trabalhos. Por exemplo, para o carbono, Davidson e Milthorpe (1966) e de Johansson (1993) sugeriram o intervalo de uma semana, e Ourry et al. (1989) e Thorton et al. (1993), destacaram ser a reserva de nitrogênio mais importante que o fotoassimilados pós-desfolhação por cerca de uma a duas semanas. Essa discrepância de resultados deve-se principalmente à heterogeneidade funcional do restolho, onde os trabalhos não separaram o tecido de crescimento e de armazenamento, e também utilizaram metodologias distintas. Já no trabalho de Morvan-Bertrand et al. (1999) a contribuição do fotoassimilados atual para o crescimento da parte aérea, foi mais importante que o de reserva já no segundo dia de desfolhação.

Em um estudo de apenas um perfilho em rebrotação de *Lolium perenne* intensamente desfolhado, verificou-se que a quantidade de carbono presente nos novos tecidos no primeiro dia foi principalmente devido ao carbono derivado da reserva (86%). Contudo, já ao segundo dia, 63% do carbono no novo tecido foliar decorria da fotossíntese atual. A alta taxa de acumulação de nitrogênio no primeiro dia foi relacionada a importação tanto de nitrogênio derivado da reserva (75%) como da absorção de nitrogênio do solo. Contudo, o nitrogênio derivado da absorção atual tornou-se a fonte dominante cerca de três dias depois da desfolhação (Schnyder e De Visser, 1999).

Enquanto a relação discutida acima destaca que a rebrotação é suportada pelo suprimento de substrato, uma questão que permanece é se este controle foi exercido pelo carbono, nitrogênio ou ambos. Schnyder e De Visser (1999) destacaram a relevância do balanço entre carbono e nitrogênio para um crescimento ótimo.

A baixa razão carbono/nitrogênio da massa derivada da reserva suporta evidências iniciais de que muito do carbono derivado da reserva em perfilhos em rebrotamento foi derivado da forma de C-aminoácido (Avice et al., 1996; De Visser e Schnyder et al., 1997). Schnyder e De Visser (1999) destacaram que boa parte do carbono derivado da reserva é de origem C-aminoácido, uma vez que ele contribuiu para 50 e 75% do carbono de reserva, respectivamente, para o primeiro e segundo dia após a desfolhação. Como o carbono fixado pós-desfolhação foi a principal fonte já no segundo dia de desfolhação e o C-aminoácido foi o principal componente de carbono derivado da reserva, é altamente improvável que a reserva de carbono derivada de carboidrato seja uma fonte significativa de carbono depois do primeiro dia de desfolhação.

2.3. Características morfológicas

A unidade de crescimento da gramínea é o fitômero, que se constitui de lâmina e bainha foliares, entrenó, nó e gema. Durante o desenvolvimento inicial da gramínea ocorre a formação de fitômeros sucessivos, em cada um dos quais, o crescimento mais intenso é o das folhas (lâmina e bainha). Cada fitômero tem origem no primórdio foliar, formado no meristema apical, localizado no ápice do colmo (Langer, 1972).

As lâminas foliares são as principais responsáveis pelo incremento de matéria seca, pois dos componentes do perfilho, são os órgãos que apresentam expressiva capacidade fotossintética. Silsbury (1970) reconhece cinco estádios de crescimento da folha: iniciação, pré-aparecimento, pós-aparecimento, maturidade e senescência. Supostamente, a produção de lâmina foliar é influenciada pela iniciação, emergência e longevidade das folhas. Segundo Wilman et al. (1977), é escasso o conhecimento do efeito das desfolhações sobre estes estádios de crescimento.

As folhas de gramíneas, composta de lâmina e bainha, crescem uma após a outra. O crescimento da folha ocorre dentro do pseudo-colmo formado de bainha de folhas velhas, e consiste de três zonas distintas. A zona de divisão celular é a porção mais jovem da folha; a zona de alongamento celular e a zona de maturação as mais velhas.

O alongamento da lâmina foliar cessa com a diferenciação da lígula, mas o da bainha persiste até o aparecimento da lígula. Segundo Skinner e Nelson (1995), a iniciação do crescimento da bainha ocorre simultaneamente com o início do desenvolvimento da próxima lâmina foliar. Durante os estádios iniciais de desenvolvimento da folha, somente a lâmina foliar desenvolve ativamente e o crescimento foliar que leva à emergência do ápice

da lâmina é quase que exclusivamente devido ao alongamento da lâmina foliar (Schnyder et al., 1990 citado por Brégard e Allard, 1999).

Em um perfilho de gramínea pode-se identificar quatro tipos diferentes de folhas. De acordo com a idade cronológica temos: a folha mais jovem que se encontra em expansão, ainda envolvida pelo pseudo-colmo constituído pelas bainhas das folhas mais velhas; a folha emergente, também folha jovem em expansão, mas com ápice já exposto; as folhas completamente expandidas, com língulas já exposta e cujas lâminas não estão mais em alongamento e, por último, as folhas mais velhas, senescentes.

Inicialmente, o número de folhas vivas cresce enquanto não se instala e se intensifica o processo de senescência foliar; à partir de então, este número decresce, estabilizando-se quando, para cada folha que aparece, uma morre, sendo este número determinado pela espécie. O número constante de folhas completamente expandidas por perfilho é dado pelo produto entre a duração de vida das folhas e a taxa de aparecimento foliar (Lemaire e Chapman, 1996).

Durante o crescimento de estabelecimento de quatro cultivares de *Panicum maximum*, Gomide e Gomide (2000) evidenciaram, antes que o processo de senescência e morte de folhas se instalasse, que o número de folhas vivas por perfilho é igual ao número de folhas totais. Contudo, à medida que se inicia o processo de senescência e morte foliar, o número de folhas vivas por perfilho torna-se progressivamente inferior ao número de folhas totais, tendendo a estabilização em torno de um valor constante, conforme a cultivar. No caso do crescimento de rebrotação, o número constante de folhas vivas/perfilho foi de 3,5 para os cultivares Centenário, Tanzânia e Mombaça e 6,5 para o Vencedor.

Chapman e Lemaire (1993) descrevem a morfogênese como sendo a dinâmica de geração e expansão da forma da planta no espaço, podendo ser expressa em termos de taxa de aparecimento, expansão de novos órgãos (organogênese) e senescência.

A descrição de um relvado de uma espécie de clima temperado, em sua fase vegetativa, pode ser definida pela caracterização e combinação das variáveis morfogênicas, sendo as características mais importantes as taxas de aparecimento e de alongamento foliares e a duração da vida das folhas (Lemaire, 1997). O conhecimento dessas variáveis é importante na definição de critérios de manejo das plantas forrageiras, pois a combinação destas variáveis determina as três principais características estruturais do relvado de gramíneas de clima temperado em sua fase vegetativa, as quais influenciam o índice de área foliar do relvado, principal fator para a interceptação da luminosa, e assim, a dinâmica de rebrotação do relvado.

2.4. Características estruturais

O tamanho da folha, a população e o tamanho de perfilhos e o número de folhas por perfilho são as características estruturais do relvado mais importantes de gramíneas temperadas no estágio vegetativo. No seu conjunto estas características determinam o índice de área foliar, primeiro fator determinante da interceptação de luz.

As folhas das gramíneas forrageiras constituem duplo papel: representam o aparelho fotossintetizante, fundamental para a produção de fotoassimilados para sustentar a produção primária, e representam material de alto valor nutritivo para os ruminantes e, portanto, indispensável para a produção secundária.

A desfolha e a adubação nitrogenada afetam o comprimento da folha (Wilman et al., 1977) que, juntamente com a largura da folha determinam seu tamanho.

A capacidade de regeneração do tecido foliar, uma das principais características das gramíneas forrageiras, garante a sua persistência após o corte ou pastejo. A regeneração se dá a partir da emissão de folhas de meristemas apicais remanescentes e, ou, das estruturas que apresentam tecido meristemático, as gemas basilares e axilares, por meio do perfilhamento. Daí a importância do processo de perfilhamento, seja durante a fase de estabelecimento da planta, pois, já no estágio de três a cinco folhas, a planta inicia o perfilhamento a partir das gemas basilares, como também após desfolha por corte ou pastejo, quando o meristema apical é eliminado (Langer, 1972).

Assim o perfilhamento também contribui para a produção de massa seca, que está diretamente relacionada ao tamanho dos perfilhos (Zarrough e Nelson, 1980). Contudo, o estágio de crescimento da planta se constitui em fator principal de produção (Silsbury, 1966). Segundo esse autor, o número de perfilhos é o principal fator, quando a planta se encontra no estágio vegetativo, fase em que o aparecimento de perfilhos é intenso, mas, na fase reprodutiva, o surgimento de perfilhos cessa, e o incremento em peso da planta decorre então do crescimento dos perfilhos existentes.

A dinâmica do perfilhamento é determinada por três processos: a formação das gemas, que esta relacionada ao aparecimento foliar; o desenvolvimento e crescimento dessas gemas em perfilhos visíveis e a morte de perfilhos (Van Loo, 1992). O potencial de perfilhamento, conhecido como “site filling”, é definido como o número de novos perfilhos que aparecerem em um perfilho durante o intervalo de tempo de aparecimento de uma folha (Davies e Thomas, 1983). Logicamente esse valor não pode ser um, em razão do

lapso de tempo necessário para a formação e desenvolvimento de cada gema axilar do perfilho.

A taxa de perfilhamento cresce durante o desenvolvimento do relvado de azevém (*Lolium perenne*) até um índice de área foliar de três, estabilizando-se em seguida (Simon e Lemaire, 1987). O trabalho de Robson (1973) demonstrou que a taxa de aparecimento de novos perfilhos diminui rapidamente à medida que a proporção de radiação incidente interceptada pelas folhas atingia valor máximo. Davies e Thomas (1983) destacaram que o sombreamento da base da planta reduziu a produção de perfilho, uma vez que diminuiu a taxa de aparecimento foliar. Então, em condição de relvado bem fechado, o alto índice de área foliar compromete o perfilhamento, sendo que a taxa de alongamento pode aumentar, em decorrência da alocação preferencial de assimilados.

A relação entre densidade e tamanho de perfilhos é modificada pelo manejo e, ou, pela condição do meio. A desfolhação é uma das práticas de manejo que interfere na relação tamanho x população de perfilhos. Grant et al. (1981), avaliando *Lolium perenne* sob três intensidades de pastejo, verificaram que a produção por perfilho (tamanho de perfilho) foi compensada pelo ajuste na densidade de perfilho. Também Zarroug e Nelson (1980) verificaram relação inversa entre esses dois componentes do peso da planta, número e peso de perfilhos. Segundo Grant et al. (1981) a redução no peso do perfilho provavelmente é reflexo de uma reduzida taxa de expansão foliar que ocorre em relvados freqüentemente desfolhados.

O número de folhas vivas por perfilho, razoavelmente constante para cada espécie, constitui informação importante para definir o intervalo de corte quando se pretende minimizar as perdas por senescência e morte foliar, e portanto, orientar o manejo das forrageiras com vistas a maximizar a eficiência de colheita da forragem produzida (Fulkerson e Slack, 1994), sendo um critério prático para definição do momento de desfolhação, por corte e/ou pastejo (Gomide, 1997).

Essas características e adaptações morfogênicas e estruturais descritas, sensíveis ao manejo dado à forrageira, determinarão a velocidade de recuperação da nova área foliar e, portanto, afetarão seu potencial de rebrotação, uma vez que a combinação delas determinará o IAF do relvado, que é o principal fator influenciando a interceptação de luz, e portanto, a produtividade do relvado. Segundo Hodgson et al. (1979) algumas outras características estruturais do relvado, tais como a relação folha/colmo ou a densidade de folhas, tem pouco efeito sobre a expansão do IAF, mas são considerações importantes no manejo do pastejo e na interação planta – animal.

2.5. Análise de crescimento

O crescimento representa um aumento irreversível no peso, tamanho, volume e número de um organismo (Hunt, 1990). A análise de crescimento visa facilitar o entendimento do desenvolvimento da planta, feito através de uma avaliação de índices de crescimento, face às variações nas condições (tratamentos) em que a planta se desenvolve, auxiliando, assim a interpretação dos resultados, ou causas de diferenças de crescimento de plantas, por meio de vários índices fisiológicos.

Na análise de crescimento destacam-se os seguintes índices fisiológicos: taxa de crescimento relativo, taxa assimilatória líquida, taxa de crescimento da cultura, razão de área foliar, razão de peso foliar e área foliar específica (Radford, 1967; Hunt, 1990). Segundo Costa et al. (1997), os estudos quantitativos do crescimento de plantas iniciaram-se a mais de oitenta anos com o trabalho de Blackman (1919). Hoje, esses índices fisiológicos são componentes da chamada “Análise de Crescimento Clássica”, sendo que a principal hipótese na estimativa desses índices é que a interceptação e o uso da luz pelas plantas é proporcional à massa.

Apenas duas características: (1) o peso seco total da massa da planta por unidade de área de solo e (2) a dimensão do sistema assimilatório por unidade de área de solo, são requeridas para o estudo de uma análise de crescimento (Beadle, 1993 e Radford, 1967).

2.5.1. Taxa de crescimento relativo

A taxa de crescimento relativo (TCR) é definida como o aumento de peso seco da planta (P), por unidade de peso original, por unidade de tempo. A TCR é considerada como o índice fisiológico que reflete a eficiência do crescimento da planta, uma vez que ela corresponde à taxa de crescimento por unidade de massa. Sua utilidade resulta por permitir comparar o desempenho da planta sob diferentes condições de crescimento e, por isso, é a mais utilizada. A TCR é usualmente expressa em $\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$.

A taxa de crescimento relativo tem um componente fisiológico e outro morfológico. A taxa assimilatória líquida (TAL) é seu componente fisiológico, enquanto que a razão de área foliar (RAF) é o componente morfológico. A TCR resulta do produto $\text{TCR} = \text{TAL} \times \text{RAF}$. Dos dois componentes da TCR que mede a eficiência da planta ou cultura, um atua como um fator de peso seco (TAL) e outro como um fator de área foliar (RAF). Diferenças observadas na TCR podem ser devidas a assimilação ou área foliar (Beadle, 1993).

Poorter (1989) em revisão de literatura, verificou que a RAF foi o fator que guardou mais alta correlação com as variações de TCR de diferentes espécies durante a fase vegetativa, pois um incremento de 10% na TCR foi acompanhado por um incremento de 1% na TAL e um incremento de 9% na RAF. Isto se deve a pouca variação na taxa fotossintética das folhas com a idade, com sua disposição na planta, entre outros, ela é mais ou menos constante entre as espécies vegetais, e pouco sensível a variações de meio, temperatura e outros. Em relação a plantas do grupo C_4 e C_3 , Ludlow e Wilson (1968) avaliando o capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq. cv. Hamil) e siratro (*Phaseolus atropurpureus* DC. Cv. Siratro), encontraram valores máximos de 0,545 e 0,362 g g⁻¹ d⁻¹ para a TCR das duas espécies, respectivamente, duas semanas após a semeadura. O maior valor de TCR para o colonião foi resultado de sua maior TAL. Então, para esses tipos de comparações, variações na TCR são atribuídas principalmente a TAL.

2.5.2. Taxa assimilatória líquida

As plantas capturam carbono atmosférico para síntese de compostos orgânicos através do processo fotossintético. Os fotoassimilados são utilizados na respiração de manutenção ou na respiração de crescimento para sintetizar novos tecidos. Segundo Lambers et al. (1989) e Kraus et al. (1989), a taxa assimilatória líquida (TAL) expressa o balanço entre fotossíntese bruta e a respiração da planta ou do dossel, conforme o estudo.

A TAL é definida como a taxa de aumento de peso seco (P) por unidade de área foliar (AF) por unidade de tempo (t). Ela é freqüentemente expressa em mg⁻¹ cm⁻² dia⁻¹, e mede o ganho líquido em peso seco da planta por unidade de área foliar e de tempo, e difere da taxa fotossintética que mede o ganho líquido de carbono durante somente o período luminoso (Beadle, 1993).

Gomide e Gomide (1996) observaram redução acentuada na TAL dos cultivares de Mombaça, Tanzânia e Vencedor entre as idades de 17 e 24 dias, e queda suave em idades posteriores. Além disso, eles destacaram a redução da RAF com a idade, devido ao incremento na massa seca sob a forma de outros órgãos vegetais que não folhas, causando aumento de perdas respiratórias.

A adubação pode determinar alterações nos valores de TAL. Dentre os nutrientes utilizados na nutrição mineral de plantas, o N parece ser o elemento que mais influencia os índices de crescimento. Estudando o efeito de níveis de N em *D. glomerata*, Ryle (1970) atribuiu o aumento de peso de matéria seca ao aumento na TAL.

Avaliando o capim-elefante cv. Mott, sob três doses de nitrogênio (0, 75 e 100 kg ha⁻¹ corte⁻¹ de nitrogênio) e duas alturas de corte (80 e 120 cm), Pacciulo et al. (1998)

relatou que a TAL alcançou valor médio de 2,32 g Meio digital⁻² dia⁻¹, não alterado pelas doses de nitrogênio em plantas cortadas ao atingir a altura de 80 cm. Entretanto, em plantas cortadas a 120 cm, e não adubadas, a TAL apresentou valores mais baixos. Segundo o autor, esse comportamento pode ser explicado pela diferença nas idades das plantas para atingir a altura de 120 cm, em média 97, 87 e 66 dias, respectivamente, para as que receberam 0, 75 e 100 kg ha⁻¹ corte⁻¹ de nitrogênio, que causaria uma redução do teor de nitrogênio da planta.

2.5.3. Taxa de crescimento cultural

A TAL além de ser componente da TCR, faz parte também da taxa de crescimento da cultura (TCC), que é um índice que mede o incremento no peso da matéria seca por unidade de área de solo em um determinado período. Mais frequentemente, a TCC, expressa em kg ha⁻¹ dia⁻¹, é dada pelo produto da TAL pelo IAF (índice de área foliar) ($TCC = TAL \times IAF$). A TCC é mais sensível à mudança em IAF do que em TAL (Beadle, 1993). Também Lawlor (1995) destacou que o rendimento forrageiro de uma determinada espécie depende mais de características estruturais do relvado que determinam a interceptação de luz, do que da eficiência fotossintética.

Para atingir a superfície do solo coberto pelo dossel, a radiação atravessa diversas camadas de folhas; durante esse percurso, a intensidade de radiação diminui exponencialmente segundo a lei de Lambert Beer (Larcher 1986), em que o grau de atenuação da radiação depende do IAF e seu coeficiente de extinção. Para um determinado IAF, o coeficiente de extinção indica o grau de atenuação da luz no interior do dossel, sendo ele primariamente determinado pela inclinação e arranjo das folhas e, secundariamente, pela transmissividade (Mota, 1989).

Para baixos valores de IAF, relvados com predominância de folhas horizontais interceptam maior proporção de luz que aqueles com predominância de folhas verticais. Para se atingir a mesma interceptação de luz, relvados com folhas predominantemente verticais apresentam valores mais altos de IAF. Por isso, destaca-se que o dossel com folhas horizontais são mais eficientes em situações de baixa irradiância. Esta arquitetura faz com esse dossel tenha um ponto de saturação por luz a uma intensidade de radiação mais baixa do que um relvado com predominância de folhas verticais, pois a radiação se concentrará na camada superior do relvado, não sendo distribuída para todas as camadas de folhagem inferior (Larcher, 1986). Por outro lado, sob alta irradiância, relvados com folhas predominantemente verticais terão maior vantagem pois a radiação será interceptada

mesmo nas camadas inferiores de folhagem, havendo maior distribuição da radiação pelas camadas de folhagem do dossel.

Em cultivo de cereais, em que predominam as folhas com orientação vertical (mais de $\frac{3}{4}$ das folhas estão a um ângulo de mais de 45° da horizontal), o coeficiente de extinção é inferior a 0,5. Em contraste, para comunidades de plantas de folhas largas e horizontais, tais como os cultivos trevo e girassol, o coeficiente de extinção é superior a 0,7 (Larcher, 1986).

2.5.4. Razões simples

A razão de área foliar (RAF), razão de peso foliar (RPF), o peso foliar específico (PFE), área foliar específica (AFE) e o índice de área foliar (IAF), são consideradas razões (divisões) simples.

A AFE relaciona a área foliar com o peso foliar (PF), geralmente expressa em $\text{m}^2 \text{Kg}^{-1}$. Seu inverso, indicando a espessura da folha, é conhecido como PFE, que representa o peso da matéria seca foliar (PF) pela área foliar, e pode ser expresso em kg m^{-2} .

Um dos fatores de ambiente que influenciam a AFE é a irradiância (Evans, 1972). Dias-Filho (2000) avaliou a habilidade da *Brachiaria brizanta* e *B. decumbens* em ajustar suas características fisiológicas e morfológicas em relação ao ambiente luminoso. Os dados médios do experimento mostraram que baixas irradiancias resultaram em significativo aumento na AFE e RAF, em ambas espécies, evidenciando capacidade de adaptação destas plantas, pois maximiza a captura de luz em um meio pouco luminoso.

Alguns trabalhos relataram redução da AFE em função do aumento da idade do relvado. Gomide (1996) relatou redução nos valores médios de AFE em capim tifton 85, entre o período de 21 ($0,0206 \text{ m}^2 \text{g}^{-1}$) e 70 dias de rebrotação ($0,0144 \text{ m}^2 \text{g}^{-1}$). Pinto (1993) também observou que, a AFE diminuiu com o desenvolvimento dos perfilhos de capim-guiné (*Panicum maximum* Jacq.), setária (*Setaria anceps* Staft) e andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth), com valores mais altos sendo observados em capim-setária, refletindo a condição de suas folhas mais delgadas. Segundo o mesmo autor, parece razoável admitir que à medida que avança a maturidade da folha, aumenta a proporção dos tecidos condutor e mecânico, provocando redução da área foliar específica.

O balanço de assimilados entre os diferentes órgãos da planta é um processo dinâmico, onde o momento, o estágio fisiológico e o próprio manejo dado a planta, definem a hierarquia de translocação dos assimilados. Assim, por exemplo, condições de estresse hídrico ou deficiências nutricionais podem promover o maior investimento de

fotoassimilados para o sistema radicular (Poorter, 1989), ao passo que, maior translocação de fotoassimilados para a parte aérea ocorre em resposta à adubação nitrogenada e, ou, após uma desfolhação (Bélanger et al., 1992). A RAF é um componente morfológico que espelha a capacidade de captura (interceptação) da radiação, e ainda a distribuição preferencial dos fotoassimilados para a área foliar da planta.

Em grama-bermuda tifton 85 (*Cynodon* spp.), a RAF reduziu de forma exponencial, variando de 0,0195 a 0,0054 m² g⁻¹, no período de 14 a 70 dias de rebrotação (Oliveira, 2000). A queda da RAF com a maturidade da planta, representando acúmulo progressivo de órgãos outros que não folhas, sinaliza translocação preferencial de assimilados para o desenvolvimento de outras partes da planta, como colmo, em detrimento da produção de folhas.

Variações na RAF decorrem de alterações na RPF e/ou na AFE, visto que, a RAF = AFE x RPF (Poorter, 1989). A RPF discrimina dentre os componentes vegetais, qual deles recebeu prioritariamente os fotoassimilados. Geralmente ela é expressa em mg mg⁻¹, g g⁻¹ ou Kg Kg⁻¹.

A redução da RPF em tifton 85 com a idade da planta, pode estar relacionada em função da redução da relação lâmina : colmo (Oliveira, 2000).

Tem-se encontrado na literatura pouca atenção, apesar de sua grande importância, à análise de crescimento de gramíneas forrageiras. Assim, as estimativas dos parâmetros para a análise de crescimento são escassos, mesmo em se tratando de gramíneas forrageiras temperadas.

Os artigos a seguir foram editorados com base nas exigências da Revista Brasileira de Zootecnia, publicada pela Sociedade Brasileira de Zootecnia, com adaptação das normas para elaboração das teses da Universidade Federal de Viçosa.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLARD, G., NELSON, C. J. 1991. Photosynthate partitioning in basal zones of tall fescue leaf blades. **Plant Physiology**, 95: 663-668.
- AVICE, J.C., OURRY, A., LEMAIRE, G., BOUCAUD, J. 1996. Nitrogen and carbon flows estimated by ¹⁵N and ¹³C pulse-chase labeling during regrowth of alfalfa. **Plant Physiology**, 112: 281-290.
- 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. 1992. Growth analysis of a Tall Fescue sward fertilized with different rates of nitrogen. **Crop Science**, 32: 1371-1376.
- BIRCHAM, J.S., HODGSON, J. 1983. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed sward under continuous stocking management. **Grass and Forage Sci.** 38(4): 323-331.
- BOYCE, P.J., VOLENEC, J.J. 1992. Taproot carbohydrate concentrations and stress tolerance of contrasting alfalfa genotypes. **Crop Sci.**, 32: 757-761.
- BRÉGARD, A., ALLARD, G. 1999. Sink to source transition in developing leaf blades of tall fescue. **New Phytol.**, 141: 45-50.
- BROUGHAM, R.W. 1956. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. **Aust. J. Ag. Res.**, 7(5): 377-387.
- BROWN, R.H., COOPER, R.B., BLASER, R.E. 1966. Effects of leaf age on efficiency. **Crop Sci.**, 6(2): 206-209.
- CÂNDIDO, M. J. D. **Morfofisiologia e crescimento do dossel e desempenho animal em *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente com três períodos de descanso**. Viçosa, MG. UFV. 2003. 134p. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Federal de Viçosa. 2003.
- CARVALHO, D. D. **Leaf morphogenesis and tillering behaviour in single plants and simulated swards of Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) cultivars**. Palmerston North, New Zealand: Massey University, 2002 186p. *Doctor of Philosophy* (Plant Science), Massey University, 2002.

- CECATO, U., MACHADO, A. O., MARTINS, E. N. et al. 2000. 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**, 29: 660-668.
- CHAPMAN, D. F., ROBSON, M. J., SNAYDON, R. W. 1991. Quantitative carbon distribution in clonal plants of white clover (*Trifolium repens*): source-sink relationship during undisturbed growth. **Journal of Agricultural Science**, 116: 229-238.
- CHAPMAN, D.F., LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: **International grassland Congress**, 17, Austrália, 1993, Proceedings..., s. ed., 1993, p.95-104.
- 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.
- CORSI, M., AGUIAR, R. N. Sistema de manejo de pastagem e sustentabilidade. In A. R. Evangelista, S. T. Reis, E. M. Gomide. (Eds) *Simpósio sobre Forragicultura e Pastagens*, Lavras: UFLA. p. 227-263, 2003.
- COSTA, L.C., MORISON, J., DENNETT, M. 1997. Effects of the weather on growth and radiation intercepted by Faba bean. **Pesq. Agrop. Bras.**, 32(3): 277-281.
- DAVIDSON, J.L., MILTHORPE, F.L. 1966. Leaf growth in *Dactylis glomerata* following defoliation. **Ann. Botany**, 30: 173-184.
- DAVIES, A, THOMAS, H. 1983. Rates of leaf and tiller production in young spaced perennial ryegrass plants on relation to soil temperature and solar radiation. **Annals of Bot.**, 57: 591-597.
- DAVIES, A. 1974. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. **J. Agric. Sci.**, 82: 165-172.
- DAVIES, A. Tissue turnover in the sward. In: DAVIES, R.D. et al. eds. **Sward measurement Handbook**, 2nd ed., Reading, UK, 1993, p.183-216.
- DE VISSER, R, SCHNYDER, H. 1997. Kinetics and relative significance of remobilized and current C and N incorporation in leaf and root growth zones of *Lolium perenne* after defoliation: assessment by ¹³C and ¹⁵N steady-state labelling. **Plant, Cell and Environment**, 20: 37-46.
- DIAS-FILHO, M.B. 2000. Growth and biomass allocation of the C₄ grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 35: 2335-2341.
- EUCLIDES, V. P. B., MACEDO, M. C. M., OLIVEIRA, M. P. Avaliação de cultivares de *Panicum maximum* em pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais..** Porto Alegre: SBZ, 1999, v.2, cdrom.
- EUCLIDES, V. P. B., MACEDO, M. C. M., OLIVEIRA, M. P. Desempenho animal em pastagens de gramíneas recuperadas com diferentes níveis de fertilização. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais..** Juiz de Fora: SBZ, v.2, p. 201-203.
- EUCLIDES, V. P. B., MACEDO, M. C. M., VALÉRIO, J. R. et al. Cultivar Massai (*Panicum maximum*) a new forage option: adaptability and productivity. In: REUNIÃO

- DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. **Anais**. Viçosa: SBZ. 2000, cdrom.
- EVANS, G. C. **The quantitative analysis of plant growth**. Oxford: Blackwell Scientific, 1972. 734 p.
- FARIA, V.P., PEDREIRA, C.G.S., SANTOS, F.A.P. Evolução do uso de pastagens para bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 13, 1996, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1996, p.1-15.
- FULKERSON, W.J., SLACK, K. 1994. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*. 1. Effect of water-soluble carbohydrates and senescence. **Grass and Forage Science**, 49: 373-377.
- 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. 2002.
- GOMIDE, C. A. M., GOMIDE, J. A. 2000. Morfogênese de cultivares de *Panicum maximum*. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, 29(2): 341-348.
- GOMIDE, C. A. M., GOMIDE, J. A. Morfogênese e análise de crescimento de cultivares de *Panicum maximum* In: REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996. P. 403-405.
- GOMIDE, C. C. C. **Algumas características fisiológicas e químicas de cinco cultivares de *Cynodon***. Jaboticabal: FCAV/VUNESP, 1996. 100p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 1996.
- 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, J.A. Morfogênese e análise de crescimento de gramíneas tropicais. In: Gomide, J. A. ed. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, 1997, p.411-430.
- GOMIDE, J.A., GOMIDE, C.A.M. Morphogenesis and growth analysis of *Panicum maximum* cultivars. **Proceedings Int. Grassld Congress**, 18, Session 7. Plant Physiology and Growth. Manitoba, Canada, p.65-66, 1997.
- GOMIDE, J.A., OBEID, J.A., RODRIGUES, L.R.A. 1979. Fatores morfofisiológicos da rebrotação do capim-colônia (*Panicum maximum*). **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, 8(4): 532-562.
- GOMIDE, J.A., ZAGO, C.P. 1980 . Crescimento e recuperação do capim-colônia após corte. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, 9(2): 293-305.
- GRANT, S.A., BARTHAN, G.T., TORVELL, L. 1981. Components of regrowth in grazed and cut *Lolium perenne* swards. **Grass and Forage Sci.**, 36: 155-168.
- GUIDELI, C., FAVORETTO, V., MALHEIROS, E. B. Produção de matéria seca de genótipos de milho em diferentes épocas de semeadura e níveis de adubação nitrogenada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu: SBZ, v. 2, 1998, p. 572-574.
- HODGSON, J, RODRIQUEZ CAPRILES, J M, FENLON, J S. 1979. The influence of sward characteristics on the intake of grazing calves. **J. Agric. Sci.** 89: 743 750.

- HUNT, H. **Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners**. London: Unwin Hyman Ltd., 1990. 112p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Contas Nacionais Trimestrais**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 02 dez. 2002.
- JANK, L. Melhoramento e seleção de variedades de *Panicum. Maximum*. In A. M. Peixoto, J. C. Moura, V.P. Faria. (Eds) *Simpósio sobre Manejo da Pastagem*, 12 Piracicaba: FEALQ. .p 21-58, 1995.
- JANK, L., SAVIDAN, Y., SOUZA, M. T., et al. 1994. Avaliação de germoplasma de *Panicum maximum* introduzido da África. 1. Produção forrageira. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 23: 433-440.
- JEWISS, O.R., WOLEDGE, J. 1967. The effect of age on the rate of apparent photosynthesis in leaves of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) **Annals of Botany**, 31(124): 661-671.
- JOHANSSON, G. 1993. Carbon distribution in grass (*Festuca pratensis* L.) during regrowth after cutting – utilization of stored and newly assimilated carbon. **Plant and Soil**, 151: 11-20.
- KRAUSS, E., WILSON, D., ROBSON, M.J. et al. Respiration: correlation with growth rate and its quantitative significance for net assimilation rate and biomass production. In: Lambers, H. et al. *Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants*. Hague: Netherlands, 1989. p.187-198.
- 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.
- LANGER, R.H.M. 1972. **How grasses grow**. London, Edward Arnold, 1972. 60p. (Studies in Biology, 34).
- LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. São Paulo: EPV, 319p. 1986.
- LAWLOR, D.W. 1995. Photosynthesis, productivity and environment. **Journal of Experimental Botany**, 46: 1449-1461.
- LEMAIRE, G. The physiology of grass growth under grazing: tissue turnover. In: Gomide, J. A. ed. SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, Viçosa, MG, 1997. **Anais...**Viçosa, p.115-144, 1997.
- LEMAIRE, G., AGNUSDEI, G. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL “GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY”, 1999, Curitiba, Pr. **Anais...**Curitiba, 1999, p.165-186.
- LEMAIRE, G., CHAPMAN, D. 1996. Tissue flows in plant communities. In: HODGSON, J., ILLIUS, A.W. eds. **The Ecology and Management of Grazing Systems**. United Kingdom, 1996, p.3-36.
- LUDLOW, M. M., WILSON, G. L. 1968. Studies on the productivity of tropical pasture plants II. Growth analysis, photosynthesis, and respiration of 20 species of grasses and legumes in a controlled enviroment. **Aust. J. Agric. Res.**, 19(1): 35-45.
- MARSHALL, C., SAGAR, G. R. 1968. The interdependence of tillers in *Lolim multiflorum* : A quantitative assessment. **J. Exp. Botany**, 19(61): 785-794.

- MORVAN-BERTRAND, A, PAVIS, N, BOUCAUD, J et al., 1999. Partitioning of reserve and newly assimilated carbon in roots and leaf tissues of *Lolium perenne* during regrowth after defoliation: assessment by ^{13}N steady-state labelling and carbohydrate analysis. **Plant, Cell and Environment**, 22: 1097-1108.
- MOTA, F S. Meteorologia Agrícola. 7ª edição. São Paulo: Nobel, 376p.. 1989.
- OLIVEIRA, M.A., PEREIRA, O.G., GARCIA et al. Morfogênese de folhas do tifton 85 (*Cynodon* spp) em diferentes idades de rebrota. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu: SBZ, v.2, 1998, p.302-303.
- OLIVEIRA, M.A., PEREIRA, O.G., GOMIDE, J.A. et al. 2000. Análise de crescimento do capim-bermuda 'Tifton 85' (*Cynodon* spp). **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29: 1930-1938.
- OURRY, A., BIGOT, J., BOUCAUD, J. 1989. Protein mobilization from stubble and roots, and proteolytic activities during post-clipping regrowth of perennial ryegrass. **J. Plant Physiology**, 134: 298-303.
- OURRY, A., BOUCAUD, J., SALETTE, J. 1988. Nitrogen mobilization from stubble and roots during re-growth of defoliated perennial ryegrass. **J. Exp. Botany**, 39(203): 803-809.
- OURRY, A., KIM, T.H., BOUCAUD, J. 1994. Nitrogen reserve mobilization during regrowth of *Medicago sativa* L. Relationships between availability and regrowth yield. **Plant Physiology**, 105: 831-837.
- PACIULLO, D.S.C., GOMIDE, J.A., RIBEIRO, K.G. 1998. Adubação nitrogenada do capim elefante cv. Mott. 1. Rendimento forrageiro e características morfofisiológicas ao atingir 80 e 120 cm de altura. **R. Soc. Bras. Zootec.**, 27(6): 1069-1075.
- PARSONS, A J, JOHNSON I. R. e WILLIAMS J. H. H. 1988. Leaf age structure and canopy photosynthesis in rotationally and continuously grazed swards. **Grass and Forage Sci.**, 43(1): 1-14, 1988.
- PARSONS, A J, LEAFE, E L, COLLET B et al. 1983. The physiology o grass production under grazing. II. Photosynthesis, crop growth and animal intake of continuously-grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, 20: 127-139, 1983.
- PIETERSE, P. A., RETHMAN, N. F. G., Van BOSCH, F. 1997. Production, water use efficiency and quality of four cultivars of *Panicum maximum* at different levels of nitrogen fertilization. **Tropical Grasslands**, 31(2): 117-123.
- PINTO, J.C. **Crescimento e desenvolvimento de *Andropogon gayanus* Kunth, *Panicum maximum* Jack. e *Setaria anceps* Stapf ex Massey cultivadas em vasos, sob diferentes doses de nitrogênio.** Viçosa, M.G.: UFV, 1993 149p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1993.
- 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.
- QUADROS, D. G., RODRIGUES, L. R. A., MALHEIROS, V. F. E. B. et al. 2002. Componentes da produção de forragem dos capins Tanzânia e Mombaça adubadas com quatro doses de NPK **Revista Brasileira de Zootecnia**, 31: 1333-1342.

- RADFORD, P.J. 1967. Growth analysis formulae – their use and abuse. **Crop Science**, 7: 171-175.
- RICHARDS, J.H. Physiology of plants recovering from defoliation. In: BAKER, M.J. ed. **Grassland for our world**. Wellington, New Zealand. 1993.
- ROBIN, C., CHONE, T., GUCKERT, A. 1987. Role of leaf position in carbon assimilation and transport in white clover (*Trifolium repens* L.). **Agronomie**, 7: 599-605.
- ROBSON, M.J. 1973. 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**, 37: 487-500.
- RYLE, G. J. A. 1970. Distribution pattern of assimilated ^{14}C in vegetative and reproductive shoots of *Lolium perenne* and *L. temulentum*. **Annals of Botany**, 66: 155-167.
- RYLE, G. J. A., POWELL, C. E., GORDON, A. J. 1981. Patterns of ^{14}C -labelled assimilate partitioning in red and white clover during vegetative growth. **Annals of Botany**, 47: 505-514.
- SANTOS, P.M., CORSI, M., BALSALOBRE, M.A.A. 1999. 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**, 28: 244-249.
- SCHNYDER, H, DE VISSER, R. 1999. Fluxes of reserve-derived and currently assimilated carbon and nitrogen in perennial ryegrass recovering from defoliation. The regrowing tiller and its component functionally distinct zones. **Plant Physiol.**, 119: 1423-1435.
- SILSBURY, J.H. 1970. Leaf growth in pasture grasses. **Tropical Grasslands**, 4(1): 17-36.
- SILVA, S. C., PEDREIRA, C. G. S. Princípios de ecologia aplicados ao manejo da pastagem. In: Favoretto et al. Anais Simpósio sobre Ecossistema de pastagens. 1997. Jaboticabal, SP, Unesp, 1-62, 1996.
- SIMON, J. C., LEMAIRE, G. 1987. Tillering and leaf area index in grasses in the vegetative phase. **Grass and Forage Sci.**, 42: 373-380.
- SKINNER, R H, NELSON, C. J. 1994. Epidermal cell division and the coordination of leaf and tiller development. **Ann. Bot.**, 74: 9-15.
- SKINNER, R. H., NELSON, C. J. 1995. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllocron. **Crop Sci.**, 35: 4-10.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. **Plant physiology**. 2nd ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. 792p.
- THORNTON, B., MILLARD, P. 1997. Increased defoliation frequency depletes remobilization of nitrogen for leaf growth in grasses. **Annals of Botany**, 80: 89-95.
- THORNTON, B., MILLARD, P., DUFF, E.I. 1993. Effects of nitrogen supply on the source of nitrogen used for regrowth of laminae after defoliation of four grass species. **New Phytologist**, 128: 615-620.
- VAN LOO, E N. 1992. Tillering, leaf expansion and growth of plants of two cultivars of perennial ryegrass grown using hydroponics at two water potentials. **Annals of Bot.**, 70: 511-518.
- VOLENEC, J. J., OURRY, A., JOERN, B.C. 1996. A role of nitrogen reserves in forage regrowth and stress tolerance. **Physiologia Plantarum**, 97: 185-193.

- WARDLAW, I. F. 1968. The control and pattern of movement of carbohydrates in plants. **Botanical Review**, 34: 79-105.
- WILMAN, D., DROUSHIOTIS, D., MZAMANE, M.N., SHIM, J.S. 1977. The effect os interval between harvests and nitrogen application on initiation, emergende and longevity of leaves, longevity of tillers and dimensions and weights of leaves and 'stem' in *Lolium*. **J. Agric. Sci.**, 89: 65-79.
- WOLEDGE, J. 1985. The effect of age and shade on the photosynthesis of white clover leaves. **Annals of Botany**, 57: 257-262. 1985.
- ZARROUGH, K.M., NELSON, C.J. 1980. Regrowth of genotypes of tall fescue differing in yield per tiller. **Crop. Sci.**, 20(4): 540-544.
- ZIMMER, A.H., EUCLIDES FILHO, K. As pastagens e a pecuária de corte brasileira. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais...Viçosa**, p.349-379, 1997.

4. CAPÍTULO I

Translocação de fotoassimilados recém-sintetizados em folha de *Panicum maximum* cv. Mombaça

RESUMO: Com o uso de carbono radioativo como marcador, foi conduzido o experimento visando adaptar uma técnica de radiotraçador para estudar a distribuição de fotoassimilados recém-sintetizados na última folha expandida de um perfilho para os diversos drenos da planta. As unidades experimentais foram plantas de *Panicum maximum* cv. Mombaça, cultivadas em vaso, em casa de vegetação. Foi verificada pequena exportação de fotoassimilados da folha recém-expandida, que pode estar relacionada as condições de ambiente e do estágio fisiológico da planta. Dos fotoassimilados sintetizados pelas lâminas foliares de um dos perfilhos da planta, pouco foi translocado para os perfilhos jovens, folhas expandidas ou senescentes do perfilho da folha estudada; a maior proporção se destinou, em ordem crescente, à base da planta, ao meristema terminal do perfilho da folha estudada, aos perfilhos grandes, ao colmo do perfilho da folha estudada e sistema radicular.

Palavras-chave: $^{14}\text{CO}_2$, fixação de carbono e translocação

Introdução

O incremento da massa vegetal é o resultado da divisão, alongamento e maturação celular, processos que dependem de compostos orgânicos oriundos da fotossíntese. As folhas são os órgãos que apresentam as mais altas taxas fotossintéticas e, portanto, onde se concentra a produção de fotoassimilados da planta. A quantidade de fotoassimilados é dependente da área foliar e da eficiência da fotossíntese da folha.

A raiz, os perfilhos, as folhas e dependendo do estágio de desenvolvimento, o colmo e a inflorescência, constituem os componentes morfológicos de uma gramínea forrageira. Contudo, durante a fase inicial do crescimento vegetativo não se visualiza o colmo com seus entrenós. Esses componentes formam o perfilho, e a maioria destes órgãos, dependendo da condição momentânea, poderão atuar como fonte e/ou dreno de fotoassimilados. Contudo, em crescimento contínuo, onde não se aplica a desfolhação, as lâminas foliares, devido a sua taxa fotossintética, são os órgãos fontes predominantes.

Os fotoassimilados produzidos nos tecidos fonte pode ser utilizado pelo próprio órgão, ser mobilizado ou translocado para as áreas de crescimento, tais como folhas em expansão ou emergente, perfilhos e raízes, ou para órgãos de reserva, dependendo da relação fonte/dreno, ditada pela interação dinâmica entre os inúmeros fatores intrínsecos e extrínsecos durante o crescimento, desenvolvimento e morte da planta forrageira. Apenas os fotoassimilados não utilizados para a manutenção do órgão fonte são mobilizados e translocados via floema para os diferentes órgãos da planta.

As folhas completamente expandidas sintetizam os fotoassimilados para a sua manutenção e exporta o excedente para o sistema radicular, folhas em expansão e folhas emergentes (tecidos meristemáticos) (Williams, 1964).

Tanto a produção como o uso de fotoassimilados são importantes, pois podem limitar a expansão de novo tecido foliar (Lemaire e Agnusdei, 1999). Há várias décadas o estudo da relação fonte / dreno tem estimulado inúmeras pesquisas, resultando em grande contribuição ao conhecimento da fisiologia da planta forrageira.

O meio, as condições de ambiente, a idade fisiológica, espécie e manejo interferem no potencial de uso e, portanto, na dinâmica da relação fonte/dreno de fotoassimilados. Os estudos sobre a relação fonte / dreno têm sido quase que exclusivamente realizados em forrageiras de clima temperado, sendo exceção aqueles conduzidos com gramíneas tropicais.

Provavelmente, um dos motivos para a falta de pesquisas sobre a relação fonte / dreno nas gramíneas tropicais é o desconhecimento da metodologia aplicável. Destacam-se algumas metodologias, como: a distribuição hierárquica da massa seca da planta, o uso de isótopos pesados (^{13}C) e de radiotraçadores (^{14}C).

A análise da distribuição hierárquica da massa vegetal possibilita o entendimento da prioridade de translocação de fotoassimilados pela planta após um determinado período de crescimento, dando idéia da relação fonte / dreno. Entretanto, ela não permite o estudo da resposta imediata da planta a uma determinada condição, pois os ajustes fisiológicos são de curta duração. Assim, ela é aplicada quando o interesse é entender os ajustes de longa duração, como por exemplo, a morfologia da planta.

Quando o interesse são ajustes de curta duração da resposta fisiológica, faz-se necessária a utilização de traçadores. O isótopo estável ^{13}C é viável e biologicamente seguro por não ser radiotóxico, mas a técnica requer equipamento altamente sofisticado. Alternativamente, a espectrometria de cintilação líquida é mais acessível e apresenta boa sensibilidade; entretanto, o radioisótopo ^{14}C é radiotóxico, exigindo observância de normas de segurança.

Assim, objetivou-se com esse trabalho definir uma metodologia para nossas condições de cultivo aplicando o ^{14}C como radiotraçador e obter dados iniciais sobre a translocação de fotoassimilados— ^{14}C para os diversos drenos da planta.

Material e métodos

Plantas de *Panicum maximum* cv. Mombaça foram cultivadas em vasos, em casa de vegetação da unidade de crescimento de plantas do Departamento de Biologia Vegetal, da Universidade Federal de Viçosa. Por se tratar de um ensaio exploratório com o objetivando definir metodologia para uso de radiotraçador, não foi adotado tratamento experimental. As condições do ambiente no interior da casa de vegetação durante o período experimental estão apresentadas na Figura 1.

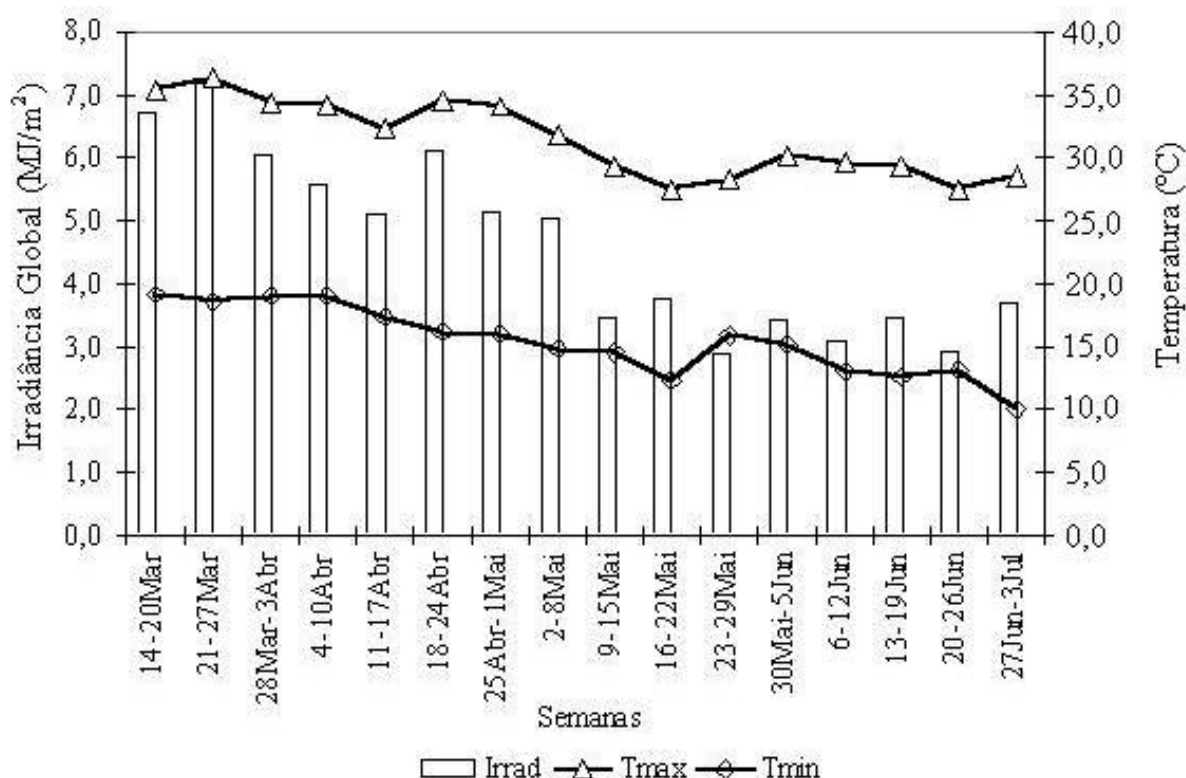


Figura 1 - Condições de ambiente no interior da casa de vegetação durante o período experimental.

Foram utilizados seis vasos com capacidade de 6 dm^3 , contendo, como substrato, um latossolo vermelho-amarelo corrigido quanto à acidez com o uso de calcário, e misturado com areia, na proporção de 2:1, para facilitar a remoção do sistema radicular, ao final do experimento. Neste substrato, foi realizada adubação fosfatada em dose única de 400 mg dm^{-3} de P.

A semeadura foi realizada em areia contida em caixas plásticas, irrigadas diariamente. A germinação ocorreu em aproximadamente 10 dias. Uma semana após a germinação, as plântulas foram fertirrigadas com solução nutritiva de Hoagland e Arnold (1938) (com $1/4$ de força iônica), diariamente, até o transplantio, que ocorreu quando as plântulas encontravam-se no estágio de quatro folhas completamente expandidas (15 dias após a germinação). Foram transplantadas quatro plântulas por vaso; e após 10 dias fez-se o desbaste deixando apenas duas plantas por vaso.

A partir do transplantio, realizado em meados de maio, até a exposição da folha ao $^{14}\text{CO}_2$, em início de julho, foram realizadas seis adubações, em cobertura, fornecendo as seguintes doses, em cada aplicação: macronutrientes (50 mg dm^{-3} de N e K, via solução de uréia e cloreto de potássio) e micronutrientes (202,5; 915,0; 1000; 332,5 e $37,5 \text{ } \mu\text{g dm}^{-3}$ de B, Mn, Zn, Cu e Mo).

A última folha completamente expandida do perfilho foi escolhida para ser exposta ao $^{14}\text{CO}_2$. No momento da exposição, cada planta apresentava em torno de 10 perfilhos e número constante de folhas vivas por perfilho ($3,5 \text{ folhas perfilho}^{-1}$).

Após a adaptação das plantas por meia hora às condições do ambiente, a aplicação do $^{14}\text{CO}_2$ foi realizada com a injeção de 10 mL de gás ($2,5 \text{ mL de } ^{14}\text{CO}_2 + 7,5 \text{ mL de gás ambiente}$) em câmara de acrílico de $25 \times 25 \text{ cm}$, vedada hermeticamente. Parte da lâmina foliar, previamente selecionada, ficou exposta por 15 minutos ao $^{14}\text{CO}_2$.

O $^{14}\text{CO}_2$ utilizado no experimento foi obtido a partir de bicarbonato de sódio marcado com atividade específica de $0,5 \text{ mCi mL}^{-1}$. Uma alíquota de $150 \mu\text{L}$ de $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$ foi adicionada em uma coluna de vidro, sobre a qual foram adicionadas duas gotas de fenolftaleína (indicador). Em seguida, a coluna de vidro foi hermeticamente fechada com tampa de borracha. Com uma seringa, foram injetadas duas gotas de ácido láctico para a liberação do $^{14}\text{CO}_2$, constatada pela mudança na cor da solução de bicarbonato, de rósea para incolor. A produção desse gás estava contida em volume de 25 mL , correspondendo a dez doses. Foi utilizado um mecanismo (Silva, 1976) que permitiu que, a cada retirada de gás, houvesse redução do volume de gás produzido na mesma proporção, ou seja, de modo a garantir a constância da concentração do gás marcado, a cada retirada de gás.

Durante este período, a folha foi iluminada por duas lâmpadas de halogênio de 1000 W , que geraram um fluxo de fótons fotossintéticos sobre a folha exposta (15 cm da fonte de luz) de $600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Uma lâmina d'água corrente, de $\pm 50 \text{ mm}$ de profundidade, foi colocada entre a fonte de luz e a folha, para prevenir aquecimento excessivo da folha.

Decorrido o período de exposição, antes da abertura da câmara, o gás remanescente foi succionado, por medida de segurança, passando por uma série de frascos contendo solução de Ba(OH)_2 .

Após a exposição ao $^{14}\text{CO}_2$, as plantas permaneceram por 24 horas sob condições de casa de vegetação, sendo então colhidas e separadas em: raiz, base da planta (da conexão da raiz até 5 mm de altura dos perfilhos), perfilhos grandes, e dentre eles, aqueles cuja lâmina foliar foi exposta a $^{14}\text{CO}_2$, e perfilhos pequenos (aqueles que apresentavam área foliar reduzida). O perfilho portador da folha exposta foi fracionado em material senescente, colmo (5 mm acima do solo até o meristema apical), folhas expandidas, folha exposta e meristema terminal (meristema apical + folhas em expansão e emergente).

Todo o material vegetal foi seco em estufa a 75°C , por 48 horas, para a obtenção do peso da massa seca de cada componente. A seguir, procedeu-se à moagem de cada

componente em moinho de bola, até uma textura equivalente a 200 mesh. Para análise, alíquotas de 10 mg de matéria seca de cada componente da planta foi adicionada em frasco de vidro para contagem de cintilação líquida, com capacidade de 20 mililitros, e homogeneizada com 1 mL de Triton – X – 100 por 15 segundos em vortex, adicionando, em seguida, 10 mL de coquetel de cintilação (30 g de cab – o – sil, 1 L de dioxano, 100 g de naftaleno e 5 g de PPO), sendo novamente submetido à homogeneização.

Os frascos assim preparados, foram colocados em espectrômetro de cintilação líquida Beckman 6500, o qual corrigia o “quenching” automaticamente. Posteriormente, a radioatividade da alíquota foi convertida para a massa total de cada componente, e o somatório da contagem de todos os componentes da planta tomado como 100% do carbono radioativo recuperado; a partir do qual, fez-se à distribuição percentual da radioatividade de cada componente. A atividade específica (cpm g⁻¹ de matéria seca) de cada componente também foi calculada.

Resultados e discussão

Os dados médios da distribuição da massa seca e do ¹⁴C – recuperado nos diversos componentes das plantas de capim Mombaça estão apresentados na Figura 2. O ¹⁴C mobilizado e translocado reflete a relação fonte/dreno, que é dependente das condições momentâneas ditadas pela ontogenia da planta, mas também é susceptível à condição de meio e/ou manejo. O balanço de fotoassimilados entre os diferentes órgãos das plantas, depende da força do dreno, que é função da massa total do tecido dreno (tamanho) e de sua atividade (taxa de absorção de assimilados por unidade de peso do tecido do dreno) (Taiz e Zeiger, 1998).

Avaliando-se a distribuição da massa seca total da planta (54,2 g), verificou-se maior massa na parte aérea, com a relação de 2,24, ou seja, a planta investiu a maior parte da massa em parte aérea (69,14 % = 37,47 g) em relação ao sistema radicular (30,83%). Os resultados obtidos com o uso de ¹⁴C apresentaram a mesma tendência, com a maior presença de ¹⁴C – recuperado na parte aérea do que na raiz, correspondendo a 83,11 % e 16,89 % do ¹⁴C total, respectivamente. Com esses resultados, infere-se que a técnica de radiotraçador utilizada estaria superestimando a força do dreno da parte aérea e subestimando o sistema radicular. Contudo, Ryle e Powell (1974) verificaram que a distribuição de fotoassimilados para os diferentes drenos da planta variou em função do nível de inserção da folha exposta ao ¹⁴C. Folhas de nível de inserção mais baixo na planta tendem a exportar mais para o sistema radicular do que folhas de nível de inserção

superior. Assim, provavelmente se a folha exposta fosse de um nível de inserção inferior, o sistema radicular teria recebido maior quantidade de ^{14}C .

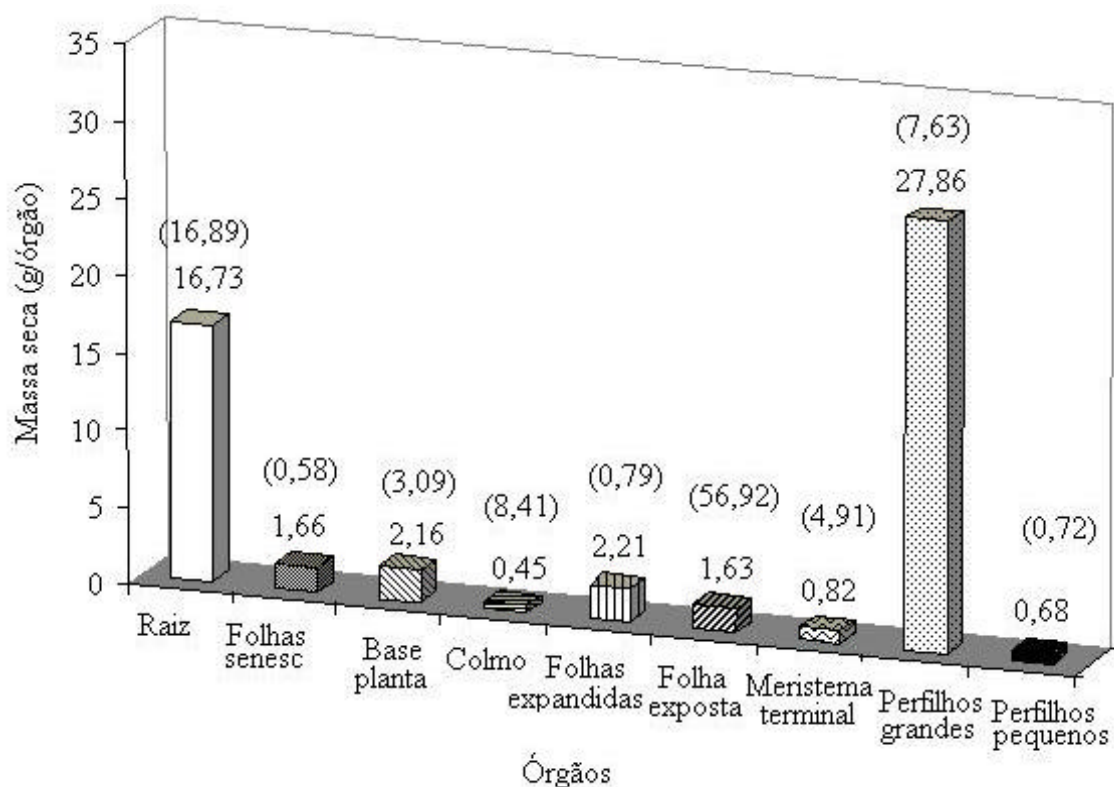


Figura 2 - Distribuição da massa seca e % de ^{14}C – recuperado (entre parênteses), dos componentes estudados nas plantas de *Panicum maximum* cv. Mombaça.

Avaliando-se a distribuição do ^{14}C assimilados pela última folha completamente expandida de azevém perene, Ryle e Powell (1974) verificaram que 82% do ^{14}C permanecia na planta, após perdas respiratórias, dos quais, 38% encontravam-se nos perfilhos, 25% nos meristemas terminais, 17% nas raízes e 2% no colmo. Contudo, os autores verificaram que a distribuição do ^{14}C nessas quatro áreas de atividade meristemáticas mudou quando a folha exposta foi de outro nível de inserção ou espécie estudada.

O comportamento da distribuição do ^{14}C obtido no capim-Mombaça concorda com a (Taiz e Zeigher, 1998), o qual é função da força do dreno. Entre os diversos componentes do capim-Mombaça, os que apresentam atividade meristemática detêm a maior quantidade de ^{14}C – recuperado. Contudo, existe uma variação ao se avaliar os valores encontrados para os diferentes drenos da planta. Esta discrepância de informações era esperada, uma vez que a maioria das pesquisas publicadas são de países de clima temperado, em que o crescimento vegetativo das espécies forrageiras predomina no outono e inverno, e as

gramíneas predominantes são plantas de metabolismo C₃, em que se destacam os azevéns anual (*Lolium multiflorum*) e perene (*Lolium perenne*), e quando utilizam plantas C₄, elas diferem por serem anuais, como o sorgo, e na maioria dos casos, o milho que não perfilha. Assim, as informações contidas na literatura devem ser interpretadas com muito cuidado e de forma restrita, para definir uma estratégia de manejo, pois como observado, os dados de distribuição de ¹⁴C para os diferentes drenos são conflitantes, destacando a importância de pesquisas nessa área.

Do total de ¹⁴C recuperado na planta, 56,92% do material radioativo se concentrou na folha exposta ao ¹⁴CO₂, e o restante 43,08%. Este resultado está muito abaixo dos encontrados por Ryle e Powell (1976) em plantas de *Lolium temulentum*.

A baixa exportação observada neste trabalho deve-se provavelmente à condição momentânea da planta, ou seja, ela foi estabelecida no outono e se desenvolveu no inverno, sendo dados de translocação obtidos em plantas tropicais no inverno. Sob estas condições, a estratégia da planta seria apenas de manutenção, uma vez que o ¹⁴C translocado da folha fonte, foi dividido praticamente em partes iguais para a raiz (38,60%), o perfilho que sustenta a folha exposta (33,19%) e demais perfilhos com a base geral da planta (28,21%). Portanto, não se detectou uma prioridade de translocação como seria de se esperar em uma planta forrageira em pleno crescimento. Os dados médios da importação do ¹⁴C para os diferentes componentes da planta estão apresentados na Figura 3.

Para o estágio fisiológico estudado, a raiz, o colmo do perfilho portador da folha exposta, os perfilhos grandes e o meristema terminal foram os principais drenos (Figura 3), e a exportação de assimilados para raiz, perfilhos, folhas expandidas e material senescente apresentou relação direta com a massa. Contudo, a importação de assimilados pelo colmo, meristema terminal e base da planta não seguiram essa relação, pois mesmo representando apenas 0,84; 1,50 e 3,99% da massa total da planta, eles importaram, respectivamente, 19,68; 11,39 e 7,16% do total de ¹⁴C exportado. De fato, a importação de assimilados pode ser explicada pela força do dreno, uma vez que ele é função da massa e da atividade do órgão (Taiz e Zeiger, 1998). Entretanto, a distância dele à fonte, a competição entre eles e a conexão vascular de folhas e colmos têm grande influência sobre o padrão de distribuição do carbono em plantas intactas crescendo sob condições não limitantes de ambiente (Wardlaw, 1968; Canny, 1973; Gifford e Evans, 1981; Watson e Caspe, 1984, citados por Chapman et al. (1991). Assim, faz-se necessário o conhecimento das conexões existentes entre os componentes estudados da planta. A folha alimentada com o ¹⁴C estava conectada

ao colmo, e a grande quantidade de $^{14}\text{CO}_2$, encontrado nesse órgão ressalta a importância da posição do dreno em relação a fonte.

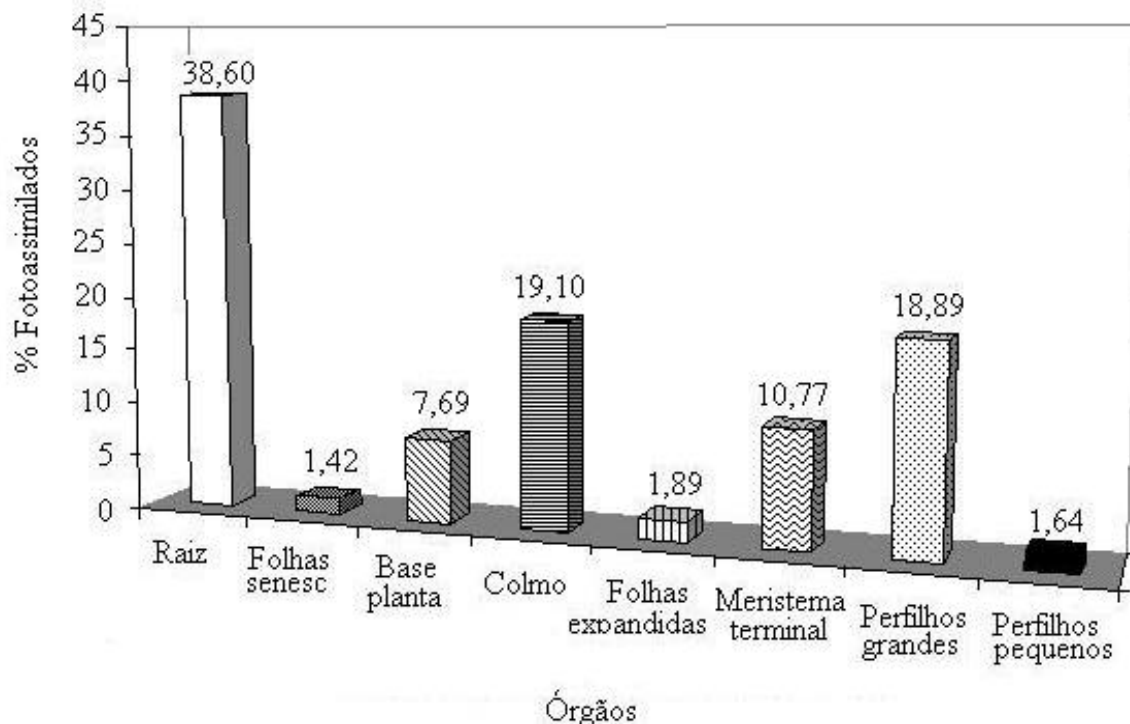


Figura 3 - Fotoassimilados importados pelos diferentes componentes da planta de *Panicum maximum* cv. Mombaça.

À base da touceira da planta, conectavam-se o sistema radicular, os perfilhos grandes e pequenos. Como os perfilhos grandes apresentam suas próprias folhas fontes, e a planta se encontra em uma fase de fraco perfilhamento, a maior exportação de $^{14}\text{CO}_2$ foi para as raízes, que dependem da energia e esqueletos de C para seu crescimento, manutenção e absorção de nutrientes.

De posse dos dados de translocação de $^{14}\text{CO}_2$, aliados aos de massa e conexão de cada componente estudado, fica fácil visualizar a importância da força do dreno e a relação da posição do dreno x fonte sobre a translocação do $^{14}\text{CO}_2$ para os diferentes componentes da planta.

Conclusão

A metodologia utilizada propiciou a obtenção de dados coerentes com a condição da planta, podendo ser aplicável para pesquisas futuras na avaliação da translocação do $^{14}\text{CO}_2$ em folhas de gramíneas tropicais de diferentes níveis de inserção, condições de ambiente e situações de manejo, e assim, facilitar o entendimento da fisiologia da planta forrageira tropical, de modo a contribuir para a definição de estratégias de manejo;

Houve translocação diferenciada de $^{14}\text{CO}_2$ entre os diferentes componentes da planta de *Panicum maximum* cv. Mombaça;

Menos da metade do $^{14}\text{CO}_2$ total recuperado em plantas de *Panicum maximum* cv. Mombaça foi exportada para os diferentes componentes da planta, cujos drenos principais, em ordem decrescente foram: a raiz, o colmo, os perfilhos grandes e o meristema terminal.

Referências bibliográficas

- CHAPMAN, D. F.; ROBSON, M. J.; SNAYDON, R. W. 1991. Quantitative carbon distribution in clonal plants of white clover (*Trifolium repens*): source-sink relationship during undisturbed growth. **Journal of Agricultural Science**, 116: 229-238.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The method for growing plants without soil**: water-culture. Berkeley: Univ. of California, 1938. 32p. (Circular of the Agricultural Experimentation Station, 347).
- LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, G. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL "GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY", 1999, Curitiba, Pr. **Anais...**Paraná, 1999, p.165-186.
- RYLE, G. J. A.; POWELL, C. E. 1974. The utilization of recently assimilated carbon in graminaceous plant. **Ann. Appl. Biol.**, 39: 145-158.
- RYLE, G. J. A.; POWELL, C. E. 1976. Effect of rate of photosynthesis on the pattern of assimilate distribution in the graminaceous plant. **J. Exp. Botany**, 27(97): 189-199.
- SILVA, J. E. **Influência da temperatura sobre a translocação axial de fotoassimilados e na formação de lesões no caule de cafeeiros**. Viçosa – MG: UFV, 1976. p. 39. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa. 1976.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 2nd ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. 792p.
- WILLIAMS, R. D. 1964. Assimilation and translocation in perennial grasses. **Annals of Botany**, 28(111): 419-42.

5. CAPÍTULO II

Distribuição dos fotoassimilados de plantas de *panicum maximum* cv. Mombaça

RESUMO: Foi avaliada a distribuição dos fotoassimilados sintetizados de folhas individuais para os diversos componentes de plantas de *Panicum maximum* cv. Mombaça, em função do nível de inserção da folha exposta ao $^{14}\text{CO}_2$ (folha recém-expandida x folha no segundo nível de inserção abaixo), de diferentes perfilhos (perfilho principal, primeiro e terceiro perfilhos primários), de plantas intactas ou submetidas à desfolhação total (ao nível da lígula, com exceção da folha exposta ao $^{14}\text{CO}_2$). Apesar dos componentes estudados apresentarem quantidade distinta de ^{14}C , a significância ($P < 0,05$) para o efeito dos tratamentos apenas foi constatada para a porcentagem de ^{14}C presente na parte aérea dos perfilhos, com valores mais altos ($P < 0,05$) correspondendo ao perfilho portador da folha exposta, independente da hierarquia do perfilho. A parte aérea recebeu a maior quantidade de ^{14}C que o sistema radicular. A translocação de assimilados da folha da base tendeu a priorizar o conjunto de outros perfilhos, enquanto a folha do topo priorizou a translocação de assimilados para o perfilho da folha exposta ao ^{14}C . De todos os componentes estudados, a folha do topo teve como principal dreno o meristema terminal, independente do tipo de perfilho portador da folha exposta e da presença ou não da desfolhação.

Palavras – chaves: $^{14}\text{Carbono}$, partição de fotoassimilados, perfilhos, relação fonte/dreno e translocação

Introdução

Mais de 90% da massa seca vegetal se origina diretamente da assimilação fotossintética do carbono (Robson et al., 1988). Em plantas superiores, o mesófilo é o tecido mais ativo na assimilação de CO₂, pois as células contidas nesse tecido apresentam cloroplastos, organelas que contêm pigmentos especializados na absorção de luz, as clorofilas, localizadas em proteínas especializadas (Taiz e Zeiger, 1998).

A folha expandida ou um órgão de reserva, que é, respectivamente, capaz de produzir assimilados além de sua demanda ou apresenta-se em fase de exportação de assimilados, são exemplos de órgãos fonte. De acordo com Parsons et al. (1983), a folha é o principal órgão fonte de fotoassimilados, sendo a lâmina foliar, a porção da folha que mais contribui para a assimilação do CO₂, em virtude de sua maior fotossíntese líquida.

Durante a fixação do carbono no ciclo de Calvin, o 3-fosfoglicerato é o primeiro produto estável. A triose fosfato (3-fosfogliceraldeído 3 fosfato) formada pode então ser transformada em amido no próprio cloroplasto ou em sacarose no citosol (Taiz e Zeiger, 1998).

A partição da triose fosfato nos diversos caminhos metabólicos é dada pela alocação, e pode ser utilizada na síntese de compostos de armazenamento – o amido sintetizado é armazenado nos cloroplastos, como fonte de energia ou fonte de esqueletos de carbono e na síntese de compostos de transporte – pode ser incorporado em açúcares e exportado para os diversos drenos da planta (Taiz e Zeiger, 1998).

A translocação dos produtos da fotossíntese dos órgãos fonte para os diversos drenos se faz pelo floema. A seiva do floema é composta principalmente de carboidratos, em que a sacarose é a substância mais comumente transportada, de nitrogênio na forma principal de aminoácidos (glutamina e asparina) e outros aminoácidos de hormônios, tais como as giberilinas, as citocininas e o ácido abscísico, e alguns solutos inorgânicos, como o potássio, o magnésio, o fosfato e o cloro (Taiz e Zeiger, 1998).

Embora o modelo de transporte no floema represente simplesmente o movimento da fonte para o dreno, o caminho específico entre eles é altamente complexo, pois nem todos os drenos são igualmente supridos por todas as folhas fontes da planta, uma vez que certas fontes suprem drenos específicos. O modelo de distribuição dos assimilados é, em grande parte, função da proximidade entre os órgãos fontes e drenos, do estágio de desenvolvimento dos órgãos drenos, das conexões vasculares e alteração nos caminhos de translocação em que, na ausência de uma conexão direta entre fonte e dreno (ex. desfolha),

as interconexões vasculares (anastomoses) constituem um caminho alternativo (Taiz e Zeiger, 1998).

O meristema terminal (meristema apical + folhas em expansão + folhas emergentes), os perfilhos, o colmo, a raiz, a inflorescência e a formação de sementes nas plantas em estágio reprodutivo, constituem-se nos diversos drenos das gramíneas. Segundo Robson et al (1988) os diversos drenos podem tornar-se ativos e expandir para formar um órgão adulto ou podem permanecer reprimidos, dependendo do genótipo, ontogenia e ambiente. A competição entre esses drenos constitui-se em um outro fator que pode determinar o modelo de translocação na planta, a força do dreno, que é dependente de dois fatores: do seu tamanho e de sua atividade (Taiz e Zeiger, 1998).

O açúcar transportado, uma vez descarregado do floema, entra nas células do dreno, e pode permanecer como tal ou pode ser transformado em outro composto orgânico. Em drenos que armazenam, o carbono pode ser acumulado como sacarose ou hexose no vacúolo, ou como amido no amiloplasto (Taiz e Zeiger, 1998). Em drenos em crescimento, a energia do açúcar pode ser liberada pela respiração de modo controlado (Taiz e Zeiger, 1998).

A respiração apresenta duas funções essenciais ao crescimento. A primeira é disponibilizar a energia requerida para a síntese de novas moléculas e para outros processos metabólicos e a segunda é doar esqueletos carbônicos essenciais à síntese de novas moléculas e tecidos (Robson et al., 1988).

Em gramíneas perenes, de 20 – 35% de cada unidade de massa de assimilados são respirados, conforme a nutrição mineral (Robson e Parsons, 1978), estágio de desenvolvimento da planta (Jones et al., 1978), irradiância (Woledge, 1971) e temperatura (Woledge e Jewiss, 1969), de forma, em que o restante do assimilados é convertido em nova parte aérea e raiz, com eficiência de conversão na biossíntese de 65 – 80% (Robson et al., 1988).

A partição é definida como a distribuição diferencial de fotoassimilados pelos diferentes órgãos da planta, e portanto, determina o modelo de crescimento da planta, que pode ser balanceado entre parte aérea e sistema radicular. A pressão de turgescência no floema e os mensageiros químicos, como hormônios e nutrientes, são fatores que também controlam a relação fonte / dreno de assimilados (Taiz e Zeiger, 1998).

A taxa fotossintética da folha determina a quantidade total de carbono fixada disponível para a folha (Taiz e Zeiger, 1998), e é função dos fatores intrínsecos, como: o nível de inserção (Ryle e Powell, 1974), idade (Woledge, 1971), e extrínsecos às folhas:

como a irradiância, água no solo, temperatura e nutrientes (Larcher, 1995). Como resultado desse conjunto de fatores, as folhas de mais alto nível de inserção no perfilho, mais jovens e melhor iluminadas, fotossintetizam mais e geralmente contribuem mais para o pool de fotoassimilados da planta do que as folhas mais velhas, com níveis de inserção mais baixo (Robson et al., 1988).

As folhas adultas retêm cerca de 10–25% de seu assimilados para sua manutenção, sendo o destino dos assimilados exportados função da idade da folha e do seu nível de inserção no perfilho (Ryle, 1970a). Em geral, as folhas exportam a maior parte de seu assimilados para os meristemas das folhas em expansão, quanto mais alto o seu nível de inserção no perfilho. Contrariamente, folhas da base do perfilho exportam mais para as raízes (Ryle, 1970b).

Inicialmente, todo o carbono requerido para o desenvolvimento do perfilho em início de desenvolvimento é importado principalmente de uma folha do perfilho hierarquicamente em estágio mais avançado, dependendo de sua posição relativamente ao perfilho em questão. Geralmente, as folhas exportam grande proporção de assimilados para os perfilhos em crescimento, ou um perfilho pequeno, próximo às suas axilas. Quando o meristema intercalar do perfilho torna-se ativo, na maioria das vezes ele utiliza o assimilados daquelas folhas que exportavam predominantemente para as raízes e perfilhos (Ryle, 1970b; Ryle e Powell, 1972).

A independência do perfilho vai sendo estabelecida com o seu desenvolvimento. A habilidade para satisfazer sua necessidade de fotoassimilados ocorre quando o perfilho apresenta uma folha completamente expandida (Clifford et al, 1973). Contudo, a dependência nutricional dos perfilhos tende a ser mais prolongada, até aproximadamente o momento de três folhas, que coincide com a presença da formação do sistema radicular (Klepper et al, 1984).

Qualquer área foliar residual, mesmo aquela que originalmente supria raízes e perfilhos antes da desfolhação, tende a exportar para o meristema terminal, por tempo variável conforme a severidade da desfolhação (Robson et al., 1988). Assim, a desfolhação é um dos fatores de manejo que interfere na partição de assimilados, cujo efeito no crescimento da planta durante o período de rebrotação é gradativo e dependente da intensidade de remoção da área foliar e decapitação dos perfilhos. Essa interferência pode ser positiva ou negativa, dependendo da habilidade da planta em restabelecer uma nova partição de assimilados das novas fontes para os novos drenos.

Em geral, após a desfolhação, tanto a partição dos assimilados recém sintetizados nas folhas residuais, como as reservas orgânicas (Schnyder e De Visser, 1999), contribuem para a reconstituição da área foliar, priorizando os meristemas terminais, no qual a importância de uma determinada fonte está em função do binômio intensidade de desfolhação e tempo de recuperação. Mas, a importância dos assimilados recém sintetizados vem ganhando crescente relevância, pois estudos recentes vêm demonstrando que mesmo em perfilhos de *Lolium perenne* intensamente desfolhados, já ao segundo dia, 63% da quantidade total do carbono presente nos novos tecidos são oriundos da fotossíntese (Schnyder e De Visser, 1999).

Estudos sobre a partição e a alocação de assimilados podem ser importantes com o objetivo de melhorar a produtividade das culturas, como resultado do aumento do índice de colheita, isto é, a razão entre o produto comercial, como por exemplo os grãos, em cultura de cereais, pelo restante da planta (Beadle, 1993). Assim, o entendimento da partição, além de contribuir para a seleção ou desenvolvimento de variedades que priorizam a translocação de fotoassimilados para as porções comestíveis da planta, eles ainda torna-se fundamental para o conhecimento da planta, pois a dinâmica entre a relação fonte/dreno varia conforme o meio e estágio fisiológico da planta. O manejo do pasto deve ser orientado em favor das folhas, pois ele interfere na área foliar e nos pontos de crescimento (meristemas), e portanto, na dinâmica da relação fonte/dreno.

Objetivou-se com este experimento obter informações sobre a partição e a dinâmica da relação fonte/dreno de fotoassimilados recém-sintetizados em plantas de *Panicum maximum* cv. Mombaça, conforme o tipo de folha completamente expandida, de diferentes perfilhos de plantas intactas ou submetidas à desfolhação.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da unidade de crescimento de plantas, do Departamento de Biologia Vegetal da UFV, desde a semeadura (25/10/2002) à coleta das plantas (20/12/2002). As condições de ambiente estão apresentadas na Figura 4.

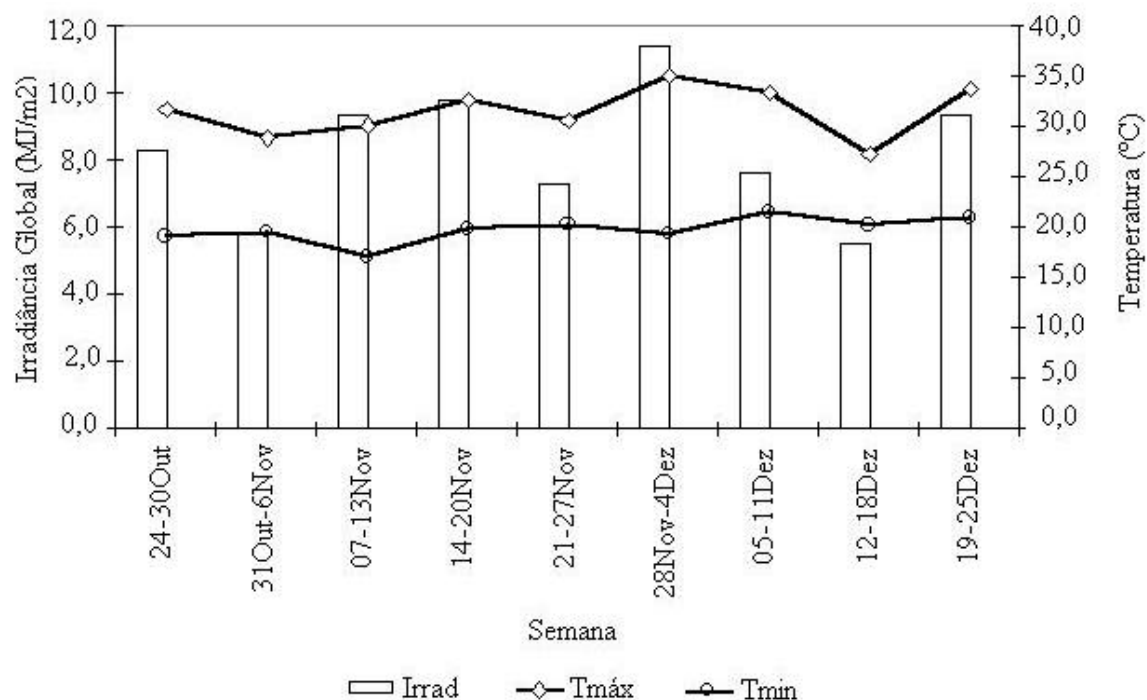


Figura 4 Condições de ambiente na casa de vegetação ao longo do período experimental.

Foram utilizadas plantas de *Panicum maximum* cv. Mombaça, obtidas de sementeira em bandejas perfuradas, contendo areia, irrigadas com água, três vezes ao dia até a germinação, ocorrida ao quinto dia após sementeira (DAS). No estágio de duas folhas expandidas (16° DAS), notou-se um amarelecimento nas plântulas, que foi solucionado com a irrigação com solução de Hoagland e Arnon (1938), com 1/4 de força iônica.

No transplantio, realizado ao 20° DAS, as plântulas apresentavam duas folhas completamente expandidas, uma folha emergente e a cotiledonar senescente. Elas foram transplantadas para vasos (3 plântulas vaso⁻¹) contendo 3,8 dm³ de substrato, constituído por uma mistura de solo corrigido quanto a acidez com o uso de calcário em função da análise química do solo, e areia, na proporção de 1:1; a esta mistura, foi adicionada dose única de superfosfato simples, equivalente a 400 mg dm⁻³ de P. Aos 32° DAS, foi feito um desbaste deixando apenas uma planta por vaso, que constituiu a unidade experimental.

Após o transplantio, adicionou-se, semanalmente N e K, na dosagem de 50 e 40 mg dm⁻³, respectivamente, e 50 mL vaso⁻¹ de solução de micronutrientes com força iônica total, preparada segundo Hoagland e Arnon (1938). Em decorrência de tombamento das plantas durante a fase inicial de seu desenvolvimento, alterou-se essas dosagens, que do 24° aos 56° DAS, foram adicionados 80 e 70 mg dm⁻³ de N e K e, para micronutrientes,

200 mL vaso⁻¹ de solução de Hogland e Arnon (1938), preparada com força iônica total apenas com os micronutrientes.

Foram avaliados três tipos de perfilhos, o perfilho principal, o primeiro e terceiro perfilhos primários. O órgão fonte de fotoassimilados recém-sintetizados de cada um desses perfilhos foi apenas uma porção da lâmina foliar expandida, relacionada ao seu nível de inserção, em que a folha do topo corresponde àquela recém completamente expandida (mais jovem) do perfilho, e a da base, a que estava no segundo nível de inserção abaixo da folha do topo. A desfolhação, quando realizada, foi praticada pela remoção das lâminas foliares da planta ao nível da lígula, minutos antes da exposição ao ¹⁴CO₂, em todas as folhas da planta, inclusive a folha emergente, com exceção da lâmina foliar que seria exposta. A combinação desses três fatores gerou um total de 10 tratamentos (Tabela 1), visto que a folha da base do terceiro perfilho primário não foi exposta, pela dificuldade de seu manuseio para a exposição, decorrente de seu pequeno tamanho.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições por tratamento, totalizando-se 30 unidades experimentais. As plantas encontravam-se em fase de perfilhamento, ao tempo da exposição do ¹⁴CO₂.

Tabela 1– Tratamentos estudados em plantas de capim – Mombaça

Fonte de estudo	Tipo de folha			
	Topo		Base	
Tipo de perfilho / Desfolhação	Sem	Com	Sem	Com
Perfilho principal	TPS	TPC	BPS	BPC
1º Perfilho primário	T1S	T1C	B1S	B1C
3º Perfilho primário	T3S	T3C	X	X

Ao longo do desenvolvimento da planta, foi realizado o acompanhamento diário do perfilhamento em cada vaso, buscando-se identificar cada novo perfilho com anéis coloridos, assim que visualizado. Assim, no momento da exposição da lâmina foliar ao ¹⁴CO₂ e da colheita da planta, houve a possibilidade de identificar os perfilhos, possibilitando separá-los por ordem cronológica de aparecimento, isto é, sua hierarquia.

Sacos plásticos transparentes foram usados como câmara para isolar, do restante da planta, a lâmina foliar a ser alimentada com o ¹⁴CO₂. Para isso, no momento de exposição, a folha previamente identificada foi introduzida no saco, e posteriormente, vedada com sílica gel e fita adesiva. Antes do isolamento da lâmina foliar, foi colocado no interior do

saco um tubo plástico (ependófilo) com bicarbonato de cálcio marcado (^{14}C) e uma pipeta de plástico com ácido láctico, a fim de provocar a produção do gás marcado ($^{14}\text{CO}_2$) internamente na câmara.

Após o isolamento da folha, o vaso foi colocado sob uma estrutura de iluminação, que irradiava sobre a planta um fluxo de fótons fotossintéticos em torno de $600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Uma lâmina d'água corrente, de ± 50 mm de profundidade, foi colocada entre a fonte de luminosa e a folha para minimizar o efeito da temperatura das lâmpadas sobre a planta. Após posicionamento da folha sob a fonte luminosa, adicionou-se uma gota de ácido láctico a 25,0 μL de solução do bicarbonato marcado ($\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$), que apresentava atividade específica de 5,0 mCi/ 10 mL de solução. Após a produção do $^{14}\text{CO}_2$, o saco plástico foi movimentado a fim de obter a distribuição do gás marcado por toda a câmara.

As lâminas foliares permaneceram expostas à atmosfera enriquecida com $^{14}\text{CO}_2$ por um período de 30 minutos. Decorrido esse período, por medida de segurança, colocou-se o vaso em capela para a abertura dos sacos plásticos, realizada após o ar do interior do saco plástico ser succionado por alguns segundos, e passado por uma série de frascos contendo solução de $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Após retirada dos sacos plásticos, cada vaso foi levado para casa de vegetação, onde ficou sob condições naturais de luz, temperatura e umidade do ar.

Após 24 horas da exposição das lâminas ao $^{14}\text{CO}_2$, as plantas de cada tratamento foram colhidas e fracionadas nos seguintes componentes:

- o perfilho principal e sua raiz;
- o primeiro perfilho primário e sua raiz;
- o segundo perfilho primário e sua raiz;
- o terceiro perfilho primário e sua raiz;
- o quarto perfilho primário;
- o perfilhos secundários (originado na gema axilar da folha de um dos perfilhos primários);

Além disso, o perfilho cuja lâmina foliar foi exposta, foi desmembrado, em:

- o meristema terminal (meristema apical + folhas em expansão e emergentes);
- o folha exposta ao $^{14}\text{CO}_2$;
- o folhas completamente expandidas verdes (bainha + lâmina ou apenas bainha das plantas desfolhadas) e
- o base do perfilho (segmento entre a raiz e o meristema apical).

A colheita e a separação dos componentes da planta de cada vaso, durou aproximadamente 15 minutos. Nesse procedimento, cada perfilho foi desconectado da

planta e o sistema radicular que o acompanhava foi considerado como a raiz desse perfilho. Enfatiza-se a possibilidade da recuperação apenas parcial do sistema radicular de cada perfilho. De qualquer modo, optou-se em analisar cada um dos segmentos de raiz.

Após a separação e identificação, cada componente da planta foi levado a estufa sob ventilação forçada com temperatura de 100°C por 20 minutos para o cessamento do metabolismo vegetal. Findo este período, todo o material foi transferido para estufa a 70°C por 72 horas, para posterior, determinação da massa seca de cada componente. Cada componente, então, foi moído em almofariz elétrico até obter-se textura equivalente a 200-mesh.

Para a análise foi seguido o procedimento citado no Capítulo 1.

O efeito dos 10 tratamentos sobre a distribuição percentual do ^{14}C para cada um dos componentes estudados foi avaliado pela análise de variância, e quando o efeito foi significativo, usou-se o teste de Tukey, ao nível de 5,0%, para comparar as médias dos tratamentos. Estas análises foram processadas no pacote estatístico SAS (1990).

Resultados e discussão

Ao 14º dia após o transplântio, surgiu o primeiro perfilho primário na axila da terceira folha do perfilho principal; a partir de então, novos perfilhos surgiram a cada 3 – 4 dias, em média. No momento de exposição de suas folhas ao $^{14}\text{CO}_2$, o perfilho principal da gramínea apresentava em torno de 10 folhas completamente expandidas, das quais 4–6 se apresentavam senescentes, e, em cada planta, observava-se a presença de ± 6 perfilhos. Segundo Gomide e Gomide (2000), o capim-Mombaça apresentou 8 – 9 perfilhos por planta ao 37º pós-emergência e número de folhas verdes por perfilho principal estabilizado entre 3 – 4 folhas. Enfatiza-se que, no presente estudo, a gramínea encontrava-se em pleno processo de perfilhamento no momento de exposição de suas folhas ao $^{14}\text{CO}_2$, e os perfilhos estudados apresentavam-se em diferentes estádios de desenvolvimento (Tabela 2).

Tabela 2- Número médio dos tipos de perfilhos por planta e estágio fisiológico dos diferentes perfilhos do capim – Mombaça, expresso pelo número de folhas expandidas, no momento de exposição da lâmina foliar ao $^{14}\text{CO}_2$

Número de perfilhos planta ⁻¹			Número de folhas expandidas		
Totais	Primários	Secundários	Principal	1º Primário	3º Primário
5,7(1,07)	3,9(0,38)	0,8(0,85)	10(0,00)	5,0(0,74)	4,75(0,62)

Números entre parênteses correspondem ao erro padrão da média

No momento da exposição das lâminas foliares ao $^{14}\text{CO}_2$, os perfilhos apresentavam-se com 48, 19, 18, 16 e 12 dias, respectivamente, para o perfilho principal, o 1º, o 2º, o 3º e o 4º perfilho primário. Apesar de idades distintas, os três primeiros perfilhos primários apresentavam uma massa aérea não equivalente a do perfilho principal. Entretanto, a massa seca do sistema radicular desses perfilhos foi bem inferior ao do perfilho principal, e ausente no quarto perfilho primário e no conjunto de perfilhos secundários (Figura 5). A taxa média de crescimento de cada perfilho calculada pela massa da parte aérea do perfilho dividida pela idade, foi de 0,0845, 0,1350, 0,1755, 0,1777 e 0,1435g de massa seca perfilho⁻¹ dia⁻¹, respectivamente, do perfilho principal, 1º, 2º, 3º e 4º perfilhos primários.

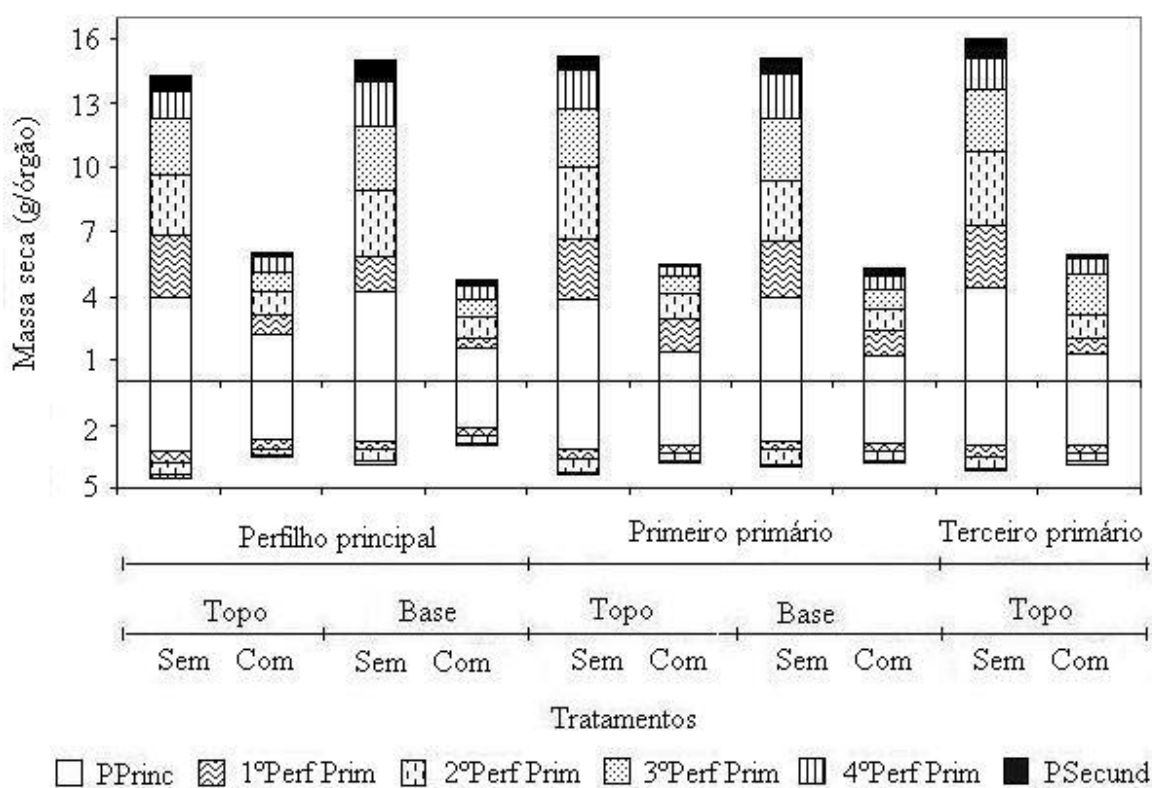


Figura 5- Massa seca dos órgãos de plantas de *Panicum maximum* cv. Mombaça em função dos tratamentos. Acima do eixo refere-se a parte aérea, e abaixo, o sistema radicular dos diferentes perfilhos.

A remoção das lâminas foliares antes da exposição da lâmina foliar ao $^{14}\text{CO}_2$, resultou em grande redução na massa da planta, principalmente da parte aérea ($P < 0,05$), mas também do sistema radicular, nas 24 horas subseqüentes à desfolhação (Figura 5). A tendência de redução da massa seca do sistema radicular estaria relacionada a mobilização das reservas orgânicas.

A redução de massa seca dos perfilhos devido à desfolhação é um fator de provável alteração no modelo de distribuição de fotoassimilados da planta, pois a massa do órgão (Taiz e Zeiger, 1998), juntamente com idade da folha (Rawson e Hofstra, 1969), posição e estágio fisiológico da folha fonte (Ryle, 1970a) e do tipo de perfilho (Marshall e Sagar, 1968), determinam o modelo de distribuição de fotoassimilados de uma determinada folha para os diversos drenos da planta.

Os tratamentos experimentais, resultantes da combinação dos níveis de inserção da folha, da hierarquia dos perfilhos e da desfolhação, não tiveram efeito ($P>0,05$) sobre o modelo de distribuição percentual do assimilados recuperado entre a parte aérea e o sistema radicular seja do perfilho da folha exposta ou dos outros perfilhos da planta após 24 horas de exposição (Figura 6).

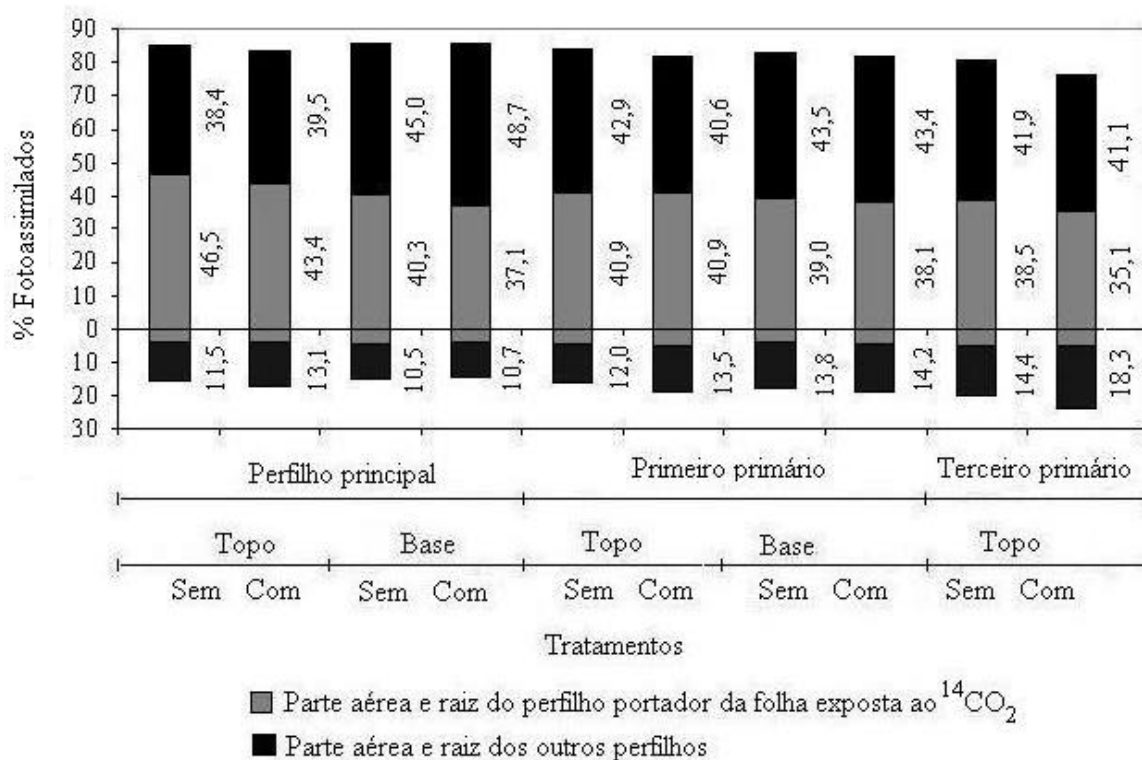


Figura 6- Distribuição dos assimilados para os diferentes perfilhos de plantas de capim *Panicum maximum* cv. Mombaça em função dos tratamentos. Acima e abaixo do eixo, corresponde, respectivamente, à parte aérea e ao sistema radicular dos perfilhos.

A partição de ^{14}C pela planta inteira alcançou valores médios de 82,5% para a parte aérea e 17,5% para o sistema radicular. Enquanto a porção referente à parte aérea se distribuiu praticamente em partes iguais para o perfilho cuja folha foi exposta (40%) e demais perfilhos (42,5%), maior fração foi exportada para o sistema radicular dos demais perfilhos (13,2%) que ao sistema radicular do perfilho portador da folha foi exposta (4,3%)

(Figura 6). Todavia, dada à incerteza quanto à correta identificação do sistema radicular dos diferentes perfilhos, é difícil atribuir significado maior à diferença entre raízes dos diferentes perfilhos. Nesta condição, vale considerar apenas a grande diferença na partição da parte aérea (82,5%) e o sistema radicular (17,5%).

Os valores de partição de assimilados para a raiz podem ser bem superiores aos valores aqui apresentados; assim, valores da ordem de 45,4–46,2% foram observados em *Lolium multiflorum* em início de perfilhamento (Marshall e Sagar, 1968). Entretanto, geralmente o nível de inserção da folha e o estágio ontogênico da planta analisada interferem na partição de fotoassimilados da planta (Ryle, 1970b). Neste particular, enfatiza-se que, segundo Ryle (1970b), o percentual de translocação de assimilados para o sistema radicular variou de 50 a 9,5% em azevém perene (*Lolium perenne*), conforme seu estágio de desenvolvimento de apenas quatro e treze folhas, respectivamente. Isto posto, pode-se considerar que os valores aqui apresentados são condizentes com a fase de pleno perfilhamento do capim-Mombaça, quando os novos perfilhos constituem-se no principal dreno.

Embora a massa do órgão seja um dos fatores determinantes de sua capacidade para importar assimilados (Taiz e Zeiger, 1998), ao se considerar os quatro componentes estudados (Figura 6), nota-se que a quantidade de assimilados importada não se mostrou proporcional a sua massa, pois com massa percentual de 18; 52; 10 e 20%, perfilho da folha exposta, outros perfilhos, raiz do perfilho da folha exposta e raiz dos outros perfilhos, respectivamente, importaram 40, 42,5, 4,3 e 13,2% (Figura 6).

A distribuição de assimilados em função do nível de inserção da folha apresentou algumas peculiaridades, conforme o tipo de perfilho em que ela estava inserida e da condição de desfolha da planta (Figura 6). Enquanto a folha do topo tendeu a translocar principalmente para o perfilho de origem conforme sua hierarquia, isto é, maior percentual correspondendo ao perfilho principal (45%) e menos para o primeiro (40,9%) e terceiro perfilho primário (36,8%), a folha da base translocou preferencialmente para os outros perfilhos (46,9% na média do perfilho principal e 43,5% na média do 1º perfilho primário)(Figura 6). Observações semelhantes foram obtidas em trigo (47%) e azevém perene (43%) (Ryle e Powell, 1974).

Vale enfatizar tendência de mais alto percentual de exportação de assimilados para o sistema radicular pelas folhas dos perfilhos primários, principalmente de suas folhas da base. Tais observações são consistentes com relatos de que folhas ontogenicamente mais velhas exportam preferencialmente para o sistema radicular. Basicamente, a translocação

de assimilados para o sistema radicular aumentou inversamente proporcional com o seu estágio de desenvolvimento (perfilho principal – 15,3%, 1º perfilho primário – 17,7% e 3º perfilho primário – 21,6%), que provavelmente esteja relacionado com a prioridade dos menores perfilhos em formar raiz.

Tendência de substancial translocação de assimilados da folha do topo do 3º perfilho primário para o sistema radicular foi observada sob condições de desfolha da planta, demonstrando que o sistema radicular é um forte dreno em perfilhos novos (Figura 6). Tal constatação é, em princípio, contraditória aos relatos da literatura que demonstram a prioridade da recuperação da parte aérea após a desfolhação, sendo a translocação de assimilados para o meristema terminal aumentada em detrimento ao sistema radicular (Ryle e Powell, 1975). Mas, esse comportamento aparentemente contraditório à reconstituição da área foliar da planta após a desfolhação, pode ser elucidado pelo trabalho de Gifford e Marshall (1973), que observaram que a redução na translocação de assimilados para a raiz é função da intensidade de desfolhação e demonstraram em plantas de *Lolium multiflorum* que ela foi reduzida com a remoção tanto das lâminas como das bainhas foliares, e a reconstituição da área foliar ocorreu via incremento na translocação de assimilados para os outros perfilhos. Tendência de incremento na translocação de assimilados para os outros perfilhos pode ser observada no presente experimento apenas para o perfilho principal (Figura 6).

Em plantas que não perfilham (milho) ou perfilham pouco (sorgo) a translocação de assimilados da folha da base se faz preferencialmente para as raízes, enquanto **em** plantas com intenso perfilhamento (trigo e azevém perene) a prioridade cabe aos perfilhos (Ryle e Powell, 1974). Assim, no presente estudo (Figura 6), a prioridade de translocação das folhas da base para os perfilhos é condizente com o relato de Ryle e Powell (1974), quanto ao padrão observado em trigo e azevém. Isso se deve, possivelmente em razão da fase de desenvolvimento vegetativo do capim-Mombaça que, apresentando curto pseudo-colmo, propiciou igual proximidade dos diferentes drenos em relação a fonte de assimilados.

Os tratamentos experimentais apenas tiveram efeito ($P < 0,05$) sobre a retenção de assimilados na parte aérea dos diferentes perfilhos da planta (Figura 7); o perfilho portador da folha exposta reteve maior quantidade de ^{14}C , que aquela exportada para a parte aérea de qualquer um dos demais perfilhos da planta, independentemente de sua hierarquia. Entretanto, a somatória da radioatividade presente nos demais perfilhos corresponde aproximadamente a 50% da radioatividade encontrada na parte aérea da planta.

O balanço entre retenção e exportação de assimilados foi praticamente nula, independente do tratamento (Figura 7), concordando com Clifford et al. (1973), que relataram independência por assimilados, entre perfilhos logo após a expansão de suas primeiras folhas.

Nota-se na Figura 7, que os assimilados retidos na parte aérea do perfilho principal respondeu ao nível de inserção da folha exposta e à desfolha da planta. Assim, valores mais altos foram observados no perfilho principal portador da folha exposta do topo de planta não desfolhada e valores mais baixos no perfilho principal portador da folha exposta da base da planta desfolhada.

Por outro lado, observou-se tendência de perfilhos mais jovens exportarem maior quantidade de ^{14}C para o sistema radicular.

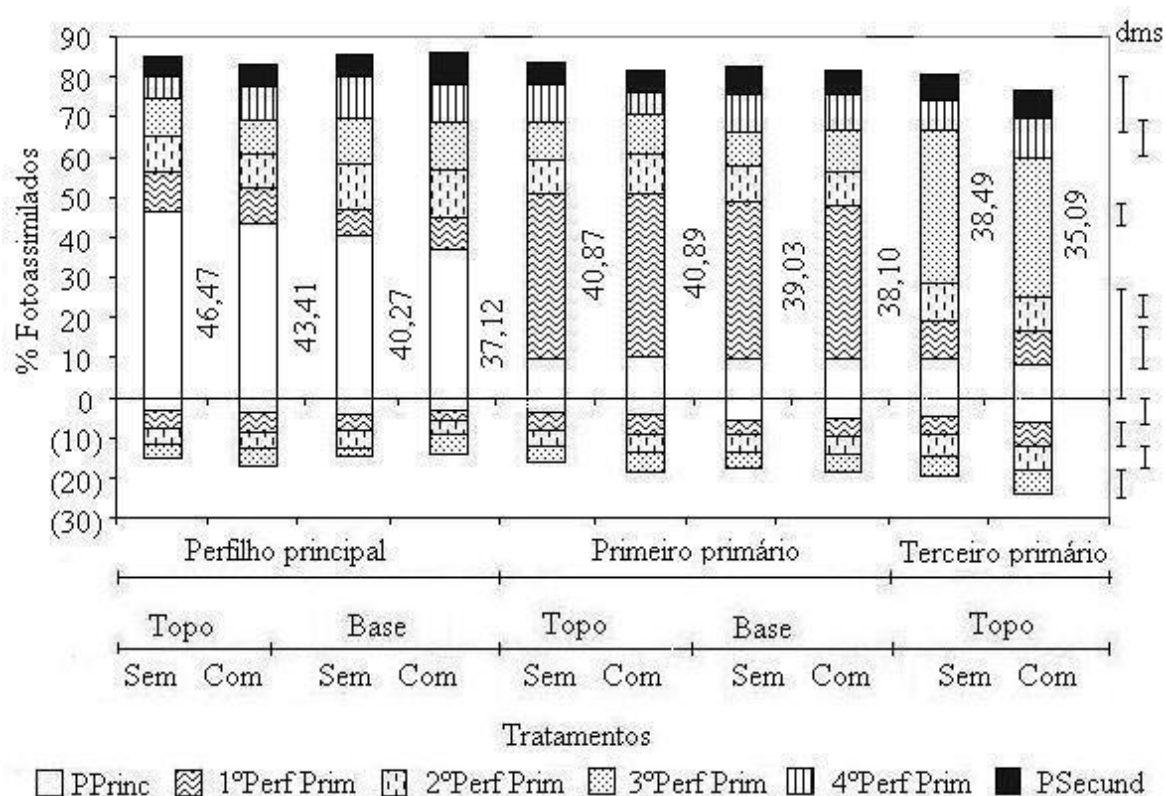


Figura 7- Distribuição dos assimilados para os diferentes perfilhos de plantas de capim *Panicum maximum* cv. Mombaça em função dos tratamentos. Acima e abaixo do eixo, corresponde, respectivamente, à parte aérea e ao sistema radicular dos perfilhos.

O total de assimilados retidos na parte aérea do perfilho da folha exposta (Figura 7), equivale ao somatório do percentual de translocação de assimilados para cada um de seus quatro componentes: a base do perfilho (base + pseudo-colmo), as folhas expandidas (lâminas + bainhas ou apenas bainhas foliares quando a planta foi desfolhada), folha

exposta ao $^{14}\text{CO}_2$ e meristema terminal (meristema apical + folhas em expansão + folhas emergentes). A translocação de assimilados para cada um desses componentes é apresentada na Figura 8.

A exportação de assimilados para os diferentes órgãos da parte aérea do perfilho portador da folha exposta não variou ($P>0,05$) com os tratamentos experimentais (Figura 8); mas, algumas tendências podem ser observadas. Assim, as folhas do topo tenderam a translocar, em média, mais assimilados para o meristema terminal que as folhas da base, principalmente para condição do perfilho principal, com valores de 15 e 10,8%, respectivamente (Figura 8).

Por outro lado, a quantidade de radioatividade retida na folha exposta ao $^{14}\text{CO}_2$, que não variou ($P>0,05$) em razão dos tratamentos experimentais, mostra apenas ligeira redução em resposta à desfolhação da planta e tendência de maior retenção de ^{14}C na folha do topo (Figura 8).

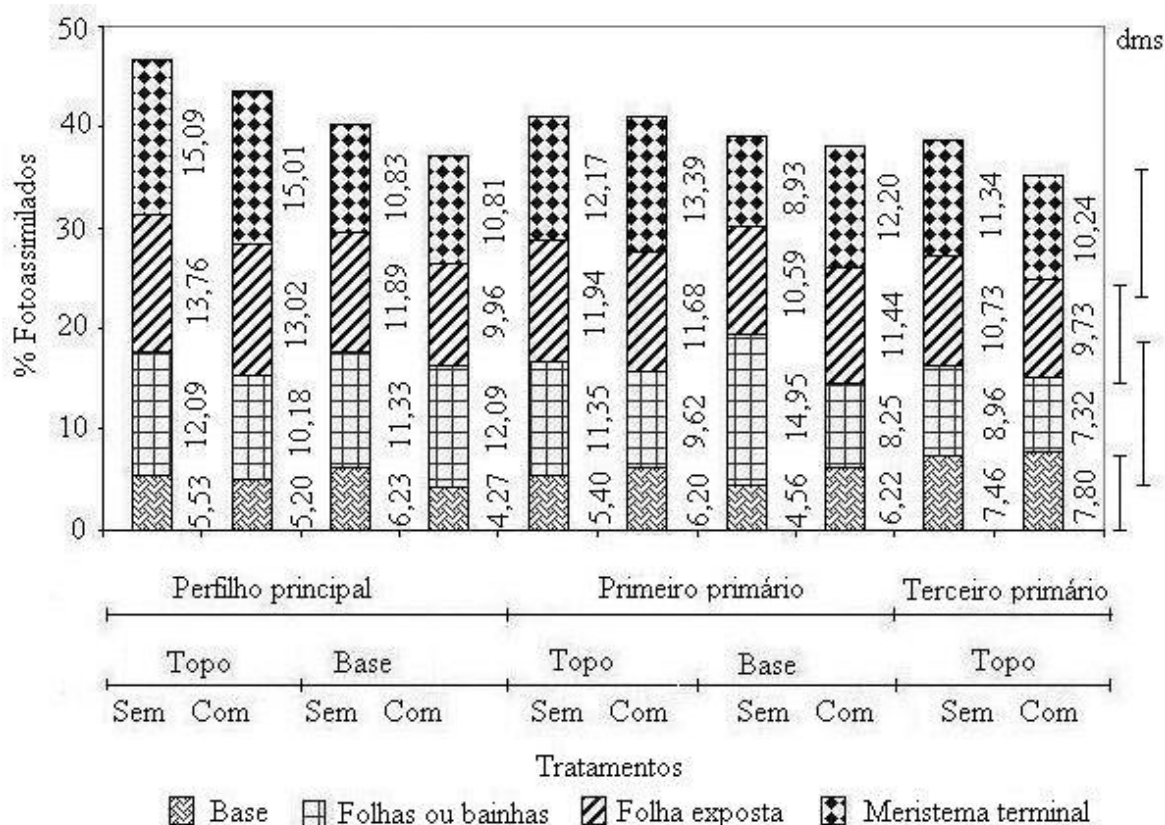


Figura 8 - Distribuição de assimilados para os diferentes órgãos do perfilho de plantas de capim *Panicum maximum* cv. Mombaça portador da folha exposta ao $^{14}\text{CO}_2$ em função dos tratamentos.

Observou-se um percentual surpreendentemente alto de atividade nas folhas adultas ou suas bainhas, respectivamente, 12 e 7,3%, sugerindo sua atuação como dreno (Figura 8). Tal constatação contradiz relatos de Ryle (1970b) e Rawson e Hofstra (1969), que encontraram, respectivamente, valores de 2,0 e 1,0 em folhas adultas de azevém perene, trigo. Também em capim-Mombaça em estágio avançado de desenvolvimento, a quantidade de radioatividade foi apenas 0,79%, sugerindo que as folhas adultas atuam preferencialmente como fonte de assimilados. Conjectura-se que os altos valores de radioatividade observados nas folhas adultas (lâmina + bainha ou apenas bainha) seja função do movimento no xilema, que pode estar ligado aos feixes vasculares do floema ou transferido a ele depois de ter atingido o sistema radicular (Willians, 1964). Além disso, admite-se uma re-translocação via floema, ocasionada pela alta demanda de assimilados devido ao perfilhamento na axila dessas folhas.

A exportação de assimilados da folha varia em função do nível de inserção (Ryle e Powell, 1976), da idade e da desfolhação da planta (Ryle e Powell, 1975). Independentemente do tratamento, verifica-se que a translocação de assimilados para a base (base da planta + pseudo-colmo) atingindo valores de 4,27 a 7,80% (Figura 8), sempre foi inferior àquela translocada para outros componentes do perfilho da folha exposta,.

Avaliando-se individualmente todos os componentes da planta, conclui-se que o meristema terminal se portou como o dreno de maior força da planta de capim-Mombaça, quando a folha exposta foi a do topo, independentemente do tipo de perfilho ou da presença ou não da desfolhação (Figura 7 e Figura 8).

Conclusões

A translocação de assimilados foi mais acentuada para a parte aérea que para o sistema radicular.

Independentemente da hierarquia do perfilho, do nível de inserção da folha e da desfolhação, o perfilho portador da folha exposta ao $^{14}\text{CO}_2$ reteve próximo a 50% dos assimilados encontrados na parte aérea da planta;

A exportação de assimilados para outros perfilhos tendeu ser mais acentuada quando da exposição da folha da base.

Alto percentual de assimilados foi transferido para o meristema terminal do perfilho portador da folha exposta, tendendo a se elevar quando a folha exposta foi a recém-expandida.

Expressiva quantidade de assimilados foi recuperada em folhas adultas não expostas. Dos componentes do perfilho portador da folha exposta, a base apresentou o menor percentual de assimilados.

Referências bibliográficas

- BEADLE, C. L. Growth analysis. In: HALL, D. O. et al. (Eds). **Photosynthesis and production in a changing environment**. London: Pergamon Press, 1993. p.36-45.
- CLIFFORD, P. E.; MARSHALL, C.; SAGAR, G. R. 1973. The reciprocal transfer of radiocarbon between a developing tiller and its parent shoot in vegetative plants of *Lolium multiflorum* Lam. **Annals o Botany**, 37: 777-785.
- GIFFORD, R. M.; MARSHALL, C. 1973. Photosynthesis and assimilate distribution in *Lolium multiflorum* Lam. following differential tiller defoliation. **Aust. J. Biol. Sci.**, 26: 517-526.
- GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A. 2000. Morfogênese de cultivares de *Panicum maximum*. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, 29(2): 341-348.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The method for growing plants without soil: water-culture**. Berkeley: Univ. of California, 1938. 32p. (Circular of the Agricultural Experimentation Station, 347).
- JONES, M. B.; LEAFE, E. L.; STILES, W. et al. 1978. Pattern of respiration of a perennial ryegrass crop in the field. **Ann. Bot.**, 42: 693-703.
- KLEPPER, B.; BELFORT, R. K., RICKMAN, R. W. 1984. Root and shoot development in winter wheat. **Agronomy Journal**, 76: 117-122.
- LARCHER, W. *Physiological Plant Ecology*. 3a. edição. 506p. 1995.
- MARSHALL, C.; SAGAR, G. R. 1968. The interdependence of tillers in *Lolium multiflorum* : A quantitative assessment. **J. Exp. Botanny**, 19(61): 785-794.
- PARSONS, A J; LEAFE, E L; COLLET B et al. 1983. The physiology o grass production under grazing. II. Photosynthesis, crop growth and animal intake of continuously-grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, 20: 127-139, 1983.
- RAWSON, H. M.; HOFSTRA, G. 1969. Translocation and remobilization of ^{14}C assimilated at different stages by each leaf of the wheat plant. **Aust. J. Biol. Sci.**, 22: 321-331.
- ROBSON, M. J., PARSONS, A. J. 1978. Nitrogen deficiency in small closed communities of S24 ryegrass. I. Photosynthesis, respiration, dry matter production and partitioning. **Ann. Bot.**, 42: 1185 – 1197.
- ROBSON, M. J.; RYLE, G. J. A.; WOLEDGE, J. The grass plant – its form and function. The grass crop. In: Jones, M. B., Lazenby, A. eds. P. 25-83, 1988.
- RYLE, G. J. A., POWELL, C. E. 1972. The export and distribution of ^{14}C -labelled assimilates from each leaf on the shoot of *Lolium temulentum* during reproductive and vegetative growth. **Ann. Bot.**, 36: 363-375.
- RYLE, G. J. A., POWELL, C. E. 1974. The utilization of recently assimilated carbon in graminaceous plants. **Ann. Appl. Biol.**, 77: 145-158.
- RYLE, G. J. A., POWELL, C. E. 1975. Defoliation and regrowth in the graminaceous plant: The role of current assimilate. **Ann. Bot.**, 39: 297-310.
- RYLE, G. J. A., POWELL, C. E. 1976. Effect of rate of photosynthesis on pattern of assimilate distribution in the graminaceous plant. **J. Exper. Bot.**, 27: 189-199.

- RYLE, G. J. A. 1970b. Distribution pattern of assimilated ^{14}C in vegetative and reproductive shoots of *Lolium perenne* and *L. lumulentum*. **Ann. Appl. Biol.**, 66: 155-167.
- RYLE, G. J. A. 1970a. Partition of assimilates in an annual a perennial grass. **J. Appl. Ecol.**, 7: 217-227.
- SAS. INSTITUTE INC. 1990. **SAS/STAT User's Guide**. Version 6,4 ed., v.1, Cary, NC:SAS Institute Inc. 943p.
- SCHNYDER, H; DE VISSER, R. 1999. Fluxes of reserve-derived and currently assimilated carbon and nitrogen in perennial ryegrass recovering from defoliation. The regrowing tiller and its component functionally distinct zones. **Plant Physiol.**, 119: 1423-1435.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. 1998. **Plant physiology**. 2nd ed. Sunderland: Sinauer Associates, 792p.
- WILLIAMS, R.D. 1964. Assimilation and translocation in perennial grasses. **Annals of Botany**, 28(111): 419-42.
- WOLEDGE, J.; JEWISS, O. R. 1969. The effect of temperature during growth on the subsequent rate of photosynthesis in leaves of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schred.). **Ann. Bot.**, 33: 897-913.
- WOLEDGE, J. 1971. The effect of light intensity during growth on the subsequent rate of photosynthesis of leaves of Tall Fescue (*Festuca arundinacea* Schreb). **Annals of Botany**, 35: 311-322.

6. CAPÍTULO III

Morfogênese e Taxa de Acúmulo de Forragem em Capim-Mombaça mantido sob diferentes Alturas

RESUMO: Em estudo de simulação de pastejo, em parcelas de 5 x 4 m, foram estimadas as taxas de alongamento foliar, alongamento de pseudo-colmo e senescência foliar, a relação tamanho / densidade de perfilhos, o índice de área foliar, a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e as taxas de produção bruta e acúmulo de forragem e de acúmulo de folhas em *Panicum maximum* cv. Mombaça submetido a cortes semanais, para manter alturas experimentais de 25, 50, 75 100 e 125 cm. O efeito da altura da vegetação sobre a taxa de alongamento e senescência foliar foi linear e positivo. A altura da vegetação teve efeito quadrático positivo sobre a taxa de alongamento de colmo, donde se conclui que o manejo da altura da vegetação pode controlar o alongamento de pseudo-colmo. As menores taxas de alongamento foliar e de alongamento de colmo na vegetação mantida mais baixa tenderam a ser compensadas pela maior densidade de perfilhos, caracterizando o fenômeno de compensação tamanho / densidade de perfilhos. O índice de área foliar cresceu linearmente com a elevação da altura da vegetação das parcelas, enquanto que a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa respondeu assintoticamente. As taxas de produção bruta e de acúmulo de forragem cresceram com a altura da vegetação, enquanto a taxa de acúmulo de folhas apresentou-se insensível na faixa de altura da vegetação entre 75 e 125 cm.

Palavras-chave: compensação tamanho / densidade de perfilhos, índice de área foliar, interceptação da radiação, morfogênese e taxa de acúmulo de folhas

Introdução

Várias finalidades vêm sendo dadas ao estudo da morfogênese como: definição de índices de seleção na área de melhoramento genético; de parâmetros para orientar o manejo da pastagem, como a definição do período de descanso e o entendimento da produção e perdas de forragem na pastagem. O conhecimento mais difundido é a caracterização e combinação das três principais características morfogênicas: a taxa de aparecimento (TApF), de alongamento (TAlF) e a duração de vida das folhas do pasto, principalmente de espécies temperadas em condição vegetativa (Chapman e Lemaire, 1993).

Davies (1974) apresentou dados de TApF e TAlF; entretanto, o assunto só se tornou amplamente difundido com Chapman e Lemaire (1993), os quais consagraram um esquema relacionando as características morfogênicas e estruturais com o meio ambiente, com o índice de área foliar condicionado pelo manejo da pastagem.

No Brasil, as pesquisas começaram a investigar o assunto inicialmente com enfoque na TApF e TAlF, provavelmente devido à facilidade de medição; e posteriormente, com a definição de metodologia, a taxa de senescência foliar (TSF). Mais recentemente, com os avanços nos estudos e o aprendizado sobre as gramíneas tropicais, as pesquisas vêm enfatizando a taxa de alongamento de colmo (TAlC) e as estimativas das taxas de acúmulo de forragem.

Os processos de alongamento de folhas e de colmo, dependentes do genoma e das condições de meio ambiente, demandam carbono como substrato energético e estrutural, que são ofertados pelo pool de fotoassimilados oriundos da fotossíntese (Gastal e Durand, 2000) ou mobilização de reservas orgânicas da planta.

A definição da altura do dossel caracteriza uma estratégia de manejo que pode alterar esse pool de fotoassimilados, em termos de produção e partição, e portanto, as características morfogênicas e estruturais da planta.

A avaliação do fluxo de massa, além de permitir a estimativa da produção e perdas de forragem, também traz informações sobre variações nas características estruturais da vegetação, tais como: densidade de perfilhos, alongamento de colmo e a evolução de material morto no dossel.

Variações no tamanho e número de perfilhos (Bircham e Hodgson, 1983, Grant et al. 1988), na fotossíntese de folhas individuais e do dossel (Parsons et al. 1988), na produção total e líquida de forragem (Bircham e Hodgson, 1983, Grant et al. 1988) têm

sido relatadas sob pastejo de lotação contínua, em resposta a variações de altura do relvado, índice de área foliar ou massa de forragem. Ademais, evidências de um mecanismo homeostático, caracterizado por mudanças compensatórias combinadas, que mantém constante a produção líquida de forragem dentro de certa faixa de massa, índice de área foliar e altura do pasto tem sido relatados (Bircham e Hodgson, 1983, Grant et al. 1988, Binnie e Chestnutt, 1994 e Mazzanti et al. 1994).

Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de diferentes alturas de dossel sobre as características morfogênicas e estruturais, e como estas definem o acúmulo de forragem do capim-Mombaça, e assim, determinar a presença ou não de um mecanismo homeostático para esta gramínea tropical.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Central de Experimentação, Pesquisa e Extensão do Triângulo Mineiro (CEPET/UFV), localizada no município de Capinópolis, MG, situada a 18° 41' de latitude Sul e 49° 34' de longitude Oeste.

Uma área de 840 m² de uma pastagem mantida por dois anos sob pastejo de lotação contínua, foi isolada para o estudo das características morfogênicas e estruturais de um pasto de capim-Mombaça manejados sob diferentes alturas, e a fim de se estudar as características morfogênicas e estruturais do dossel forrageiro.

O delineamento experimental foi de casualização completa de cinco tratamentos, com 3 repetições, de parcelas de 5 x 4 m, espaçadas de 1,5 m entre elas. Os tratamentos foram cinco alturas de dossel: 25 - 50 - 75 - 100 e 125 cm, mantidas semanalmente por cortes mecânicos.

As condições de ambiente, durante todo o período experimental, foram registradas em uma estação meteorológica instalada a 50 metros da área experimental.

Antes do seu isolamento, a área estava em uso e havia recebido uma adubação N:P:K, correspondendo a 50:12,5:50 Kg ha⁻¹. Antes do corte de uniformização, realizado na primeira semana de dezembro de 2000, a aproximadamente 10 cm do solo, o dossel apresentava altura média de 50,7 ± 13,1cm. Após a roçada, o excesso de forragem foi retirado da área. A partir do momento em que a vegetação de cada parcela excedia em 25 cm a altura prevista, foi realizado o corte, na altura definida; a partir de então, semanalmente, a folhagem que ultrapassava a altura definida pelo tratamento foi colhida. Uma adubação de N:P:K, correspondendo a 50:12,5:50 Kg ha⁻¹ foi aplicada no início de fevereiro, coincidindo com o primeiro corte das parcelas de menor altura. Uma adubação

com uréia, na dose de 50 Kg/ha de N, foi realizada ao final de fevereiro. O início do período de leitura de aparecimento, alongamento e senescência de folhas e perfilhos deu-se em início de março, com o primeiro corte da parcela de 125 cm. Até então, as parcelas com altura de 25, 50, 75 e 100 cm haviam recebido, 8, 7, 6 e 3 desfolhações, respectivamente.

Foram identificados cinco perfilhos por parcelas, para o estudo do fluxo de massa de folhas e pseudo-colmo, por um período de 14 dias. O acompanhamento do aparecimento, alongamento e senescência foliar, e ainda, alongamento de pseudo-colmo de cada perfilho foi realizado duas vezes por semana, e os dados registrados em planilhas previamente elaboradas. A partir desses dados, estimou-se:

1. a taxa de alongamento de lâmina foliar: representa o incremento no comprimento total de lâminas foliares em um perfilho durante o período de avaliação, expressa em $\text{mm dia}^{-1} \text{ perfilho}^{-1}$;

A folha verde completamente expandida foi medida da lígula até o ápice. A folha emergente foi medida da lígula da última folha completamente expandida do perfilho até seu ápice.

2. a taxa de senescência foliar: estima a redução no comprimento de lâminas foliares de um perfilho em um dado período, medida em função da redução na parte verde de todas as folhas senescentes do perfilho durante o período de avaliação, expressa em $\text{mm dia}^{-1} \text{ perfilho}^{-1}$; A medição da senescência foliar foi estimada como a diferença entre o comprimento total de lâmina foliar ao tempo de sua completa expansão e sua porção ainda verde ao final do período de avaliação.

3. a taxa de alongamento de colmo: representa o aumento no comprimento de pseudo-colmo de um perfilho, medido como a diferença da altura do solo até a lígula da última folha expandida do perfilho entre o final e o início do período de avaliação, expressa em $\text{mm dia}^{-1} \text{ perfilho}^{-1}$.

Ao final do período experimental, a massa contida em um retângulo de 1,5 m x 0,66 m (1 m^2) de cada parcela, foi colhida a aproximadamente 5 cm do nível do solo, para a pesagem da massa e contagem do número de perfilhos, a fim de estimar a densidade populacional e o peso médio de perfilhos.

Amostras de lâminas de folhas emergentes e completamente expandidas, e de pseudo-colmo foram colhidas, medidas, secadas e pesadas a fim de estabelecer seus respectivos fatores gravimétricos (mg mm^{-1}). Estes fatores gravimétricos serviram para transformar as estimativas de alongamento de lâmina foliar e de pseudo-colmo em seus

respectivos incrementos de massa, e os dados da taxa de senescência em perdas de massa (mg/perfilho/dia).

A partir destas informações estimaram-se as taxas de acúmulo de forragem (TA_{cFor}) e de folhas (TA_{cFol}):

$$TA_{cFor} = 0,01 \times (\Delta CL_1 + x \Delta CC_1 - \Delta S), \text{ expresso em kgMS ha}^{-1} \text{ dia}^{-1};$$

$$TA_{cFol} = TA_{cFor} - 0,01 \times \Delta CC_1, \text{ expresso em kgMS ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}, \text{ onde:}$$

ΔCL_1 = incremento em folhas [taxa de alongamento foliar x fator gravimétrico 1 x densidade populacional de perfilhos], expresso em $\text{mg m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$;

ΔCC_1 = incremento em pseudocolmo [taxa de alongamento do pseudocolmo x fator gravimétrico 2 x densidade populacional de perfilhos], expresso em $\text{mg m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e

ΔS = perdas de folhas [taxa de senescência foliar x fator gravimétrico 3 x população de perfilhos], expresso em $\text{mg m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$,

onde:

- fator 1 = índice gravimétrico das folhas emergentes (mg/mm);
- fator 2 = índice gravimétrico do pseudo-colmo (mg/mm) e
- fator 3 = índice gravimétrico das folhas adultas (mg/mm).

No início do estudo da morfogênese foram realizadas medições não destrutivas do índice de área foliar e da interceptação de radiação fotossinteticamente ativa pelo dossel, utilizando-se o aparelho SunScan (Sistema de Análise de Dossel 4T).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão, ajustando-se as respectivas taxas em função da altura do dossel.

Resultados e Discussão

A fase pré-experimental se estendeu por quatro meses do corte de uniformização até o primeiro corte das parcelas mantidas a 125 cm. Esse fato foi completamente inesperado e decorreu da roçada realizada a 10 cm do solo que, ao promover uma grande decapitação dos perfilhos, estimulou o desenvolvimento de novos perfilhos rente ao solo, não contribuindo para a elevação da altura do dossel. a partir de janeiro, a escassez de chuvas comprometeu o desenvolvimento desses novos perfilhos (Figura 9), e limitou o efeito da segunda adubação durante a fase pre-experimental, realizada em 2/2/2001, início das colheitas nas parcelas mantidas a 25 cm. Uma nova adubação foi repetida, em 28/2/2001, dada a expectativa de um melhor regime pluviométrico.

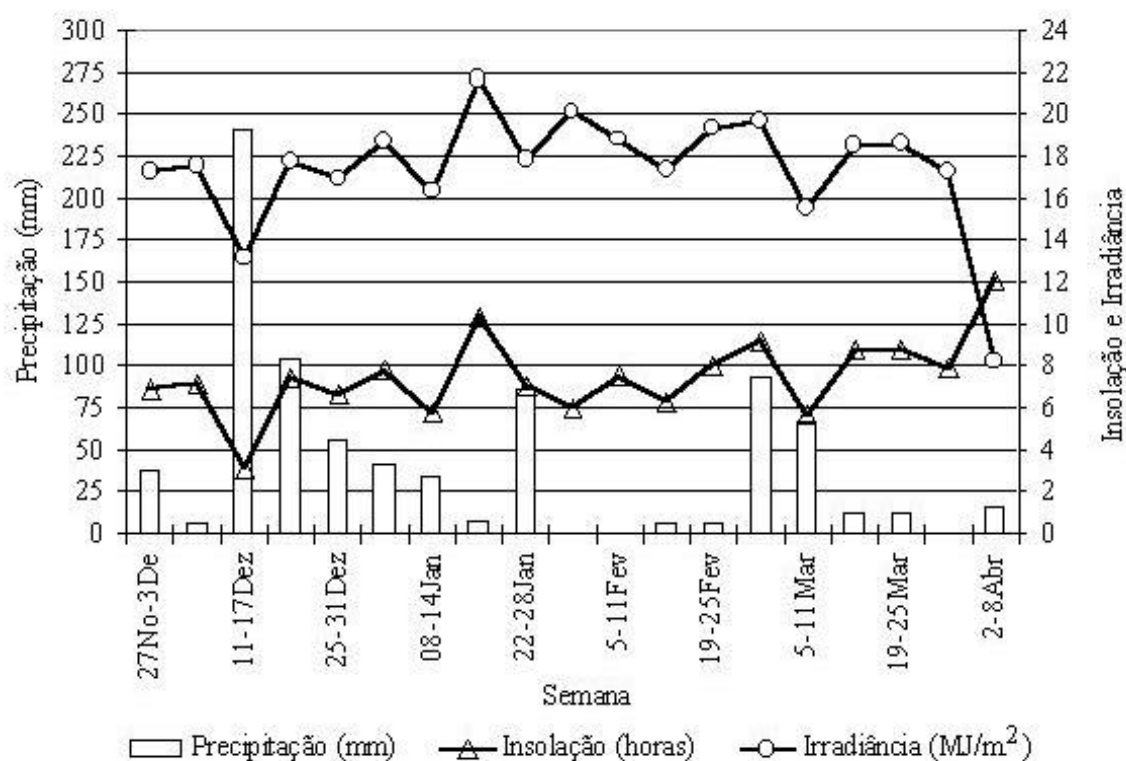


Figura 9 - Precipitação pluviométrica semanal e média semanal da insolação e irradiância na área estudada durante o período experimental.

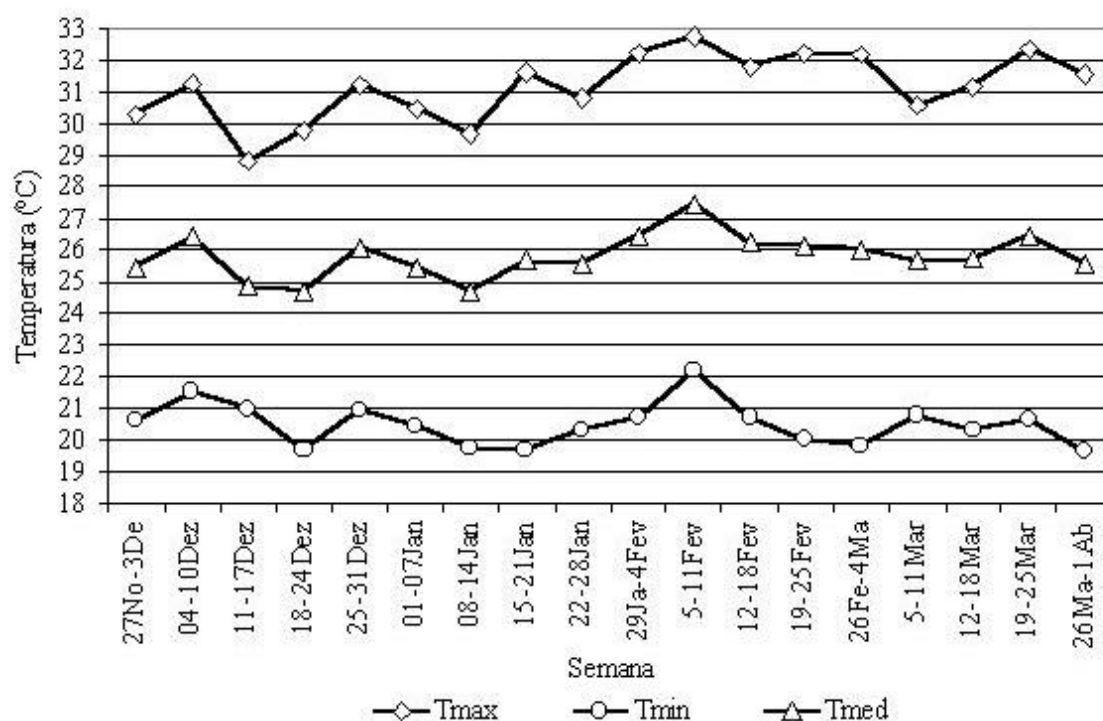


Figura 10 - Valores semanais médios das temperaturas máxima, média e mínima na área estudada durante o período do experimental.

Da Figura 11 verifica-se a variação na taxa de alongamento foliar, taxa de senescência foliar e taxa de alongamento de hastes destas taxas em resposta a altura do dossel, evidenciando o efeito do manejo, conforme relatos de Grant et al. (1988).

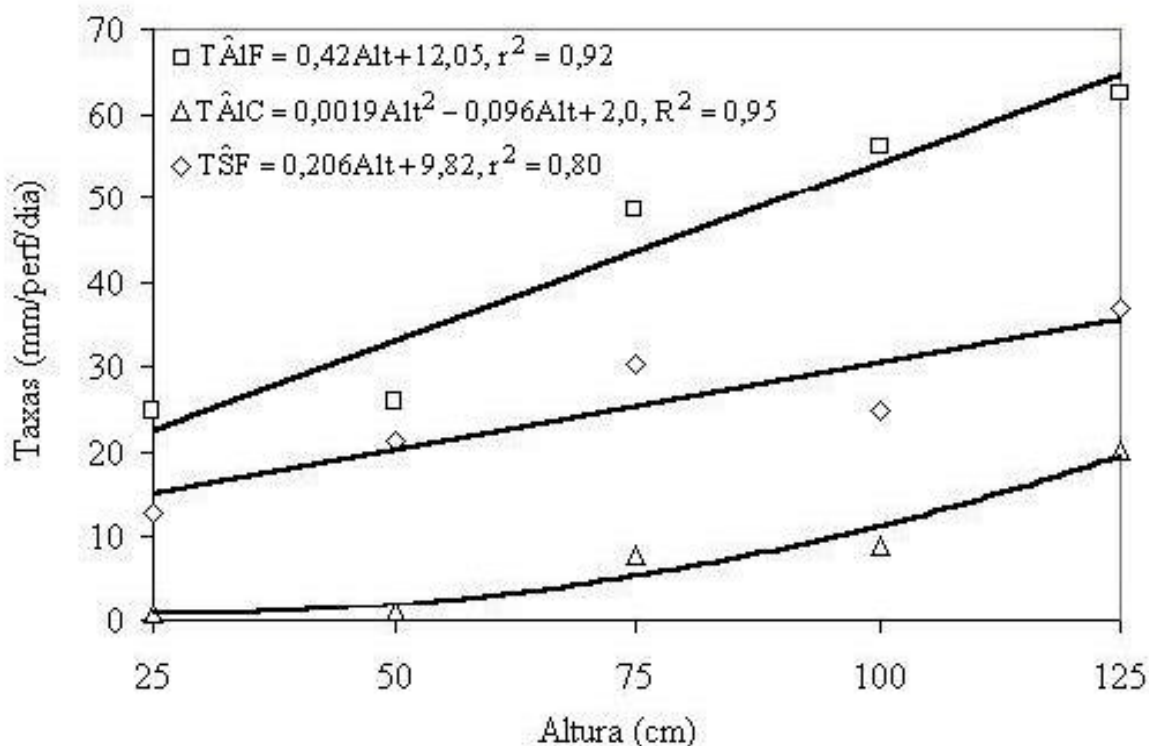


Figura 11 - Relação das características morfogênicas do *Panicum maximum* cv. Mombaça com a altura do dossel.

A altura do dossel teve efeito linear e positivo sobre os valores de TÂF, segundo coeficiente angular de 0,42 (mm/perfilho/dia)/cm de altura do dossel (Figura 11), variando de 22 a 64 mm/perfilho/dia, inferiores aos registros apresentados para o capim-Mombaça, de 37 a 88 mm/perfilho/dia, respectivamente, no crescimento de rebrota ou no estabelecimento (Gomide, 2001). Barbosa et al. (2002) não verificaram, em capim Tanzânia, efeito do resíduo de forragem sobre a TÂF, obtendo valores médios de 19,40 mm/perfilho/dia. Davies (1974) destacou que a TÂF é pouco afetada pela desfolhação, sendo sua redução função da quantidade de folhas removidas. Isto sugere que o efeito da desfolhação sobre a TÂF depende da frequência e intensidade com que ela será realizada.

Em razão da alta correlação com produção de matéria seca de forragem (Horst et al., 1978), a TÂF tem sido usada como índice de avaliação de genótipos e acessos em trabalhos de seleção. Sendo variável conforme a altura do dossel (Figura 11) e de outras condições de manejo, como a adubação nitrogenada (Garcez Neto et al., 2002, Alexandrino et al., 1999), sugere-se utilizar uma estratégia que não comprometa a TÂF.

A altura do dossel também apresentou efeito significativo sobre a TSF e TAlC (Figura 11), com resposta linear e positiva sobre a TSF, segundo coeficiente angular de 0,206 (mm/perfilho/dia)/cm de altura da vegetação. A TSF variou de 15 a 36 mm/perfilho/dia, próximos aos valores encontrados para o capim-Mombaça, de 17,9 a 55,5 mm/perfilho/dia, respectivamente, em função do crescimento de rebrotação ou de estabelecimento (Gomide, 2001), evidenciando o efeito da intensidade da desfolha sobre as perdas por senescência. Entretanto, Barbosa et al (2002) não verificaram efeito do resíduo de forragem sobre a TSF, observando valores médios de 13 mm/perfilho/dia. A grande variação observada nos valores de TSF, deve-se ao fato de que a senescência foliar é função de diversos fatores, como: competição entre nutrientes e metabólicos (Taiz e Zeiger, 1998), condições de ambiente – déficit hídrico, nutrição mineral, intensidade luminosa e comprimento do dia (Hopkinson, 1966, citados por Rodrigues e Reis, 1995) e intensidade de pastejo (Bircham e Hodgson, 1983).

A TAlC respondeu de forma quadrática à elevação da altura do dossel (Figura 11). Apesar dos menores valores aqui observados para a TAlC, de 0,78 a 10,9 mm/perfilho/dia, esse efeito positivo é consistente com o estudo de Gomide (2001), que observou valores de 0,5 a 10,9 mm/perfilho/dia, respectivamente, em ensaio de estudo do período de descanso de pastagem sob pastejo de lotação intermitente.

O acúmulo de forragem, expresso em mg/perfilho/dia, variável resultante do balanço entre o incremento e as perdas de forragem, apresenta-se como parâmetro de maior interesse na definição da altura do dossel a ser mantido sob pastejo de lotação contínua. Os valores dessas taxas estão apresentados na Figura 12.

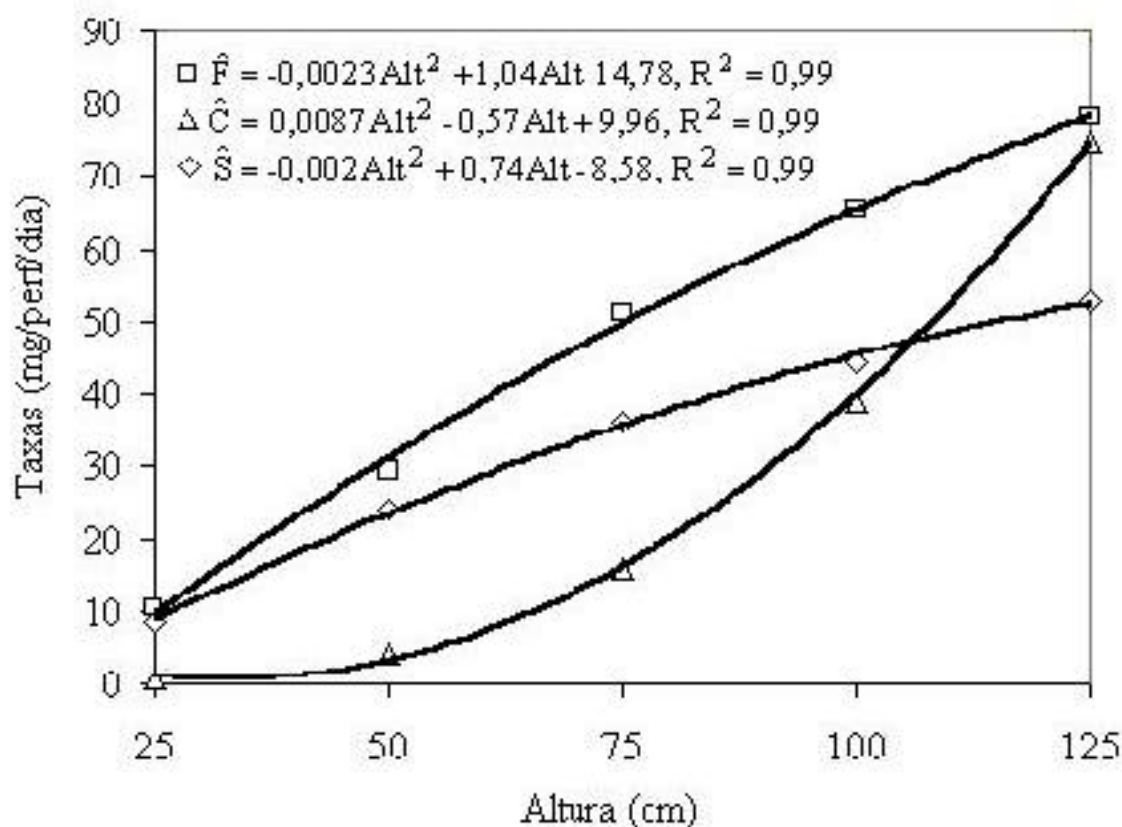


Figura 12 - Relação das taxas de produção de lâmina foliar (F) e de colmo (C) e de perdas por senescência de folhas (S) de perfilhos individuais de *Panicum maximum* cv. Mombaça com a altura do dossel.

A maior diferença entre a Figura 11 e Figura 12 decorre do componente colmo do perfilho, reflexo do seu maior índice gravimétrico. De qualquer modo, o efeito da altura sobre as três variáveis foi sempre positivo, reflexo da elevação do IAF, e conseqüentemente, da interceptação da radiação, que contribui concomitantemente para o aumento no pool de fotoassimilados das folhas fontes e redução na radiação incidente nas folhas baixeiras, impulsionando, respectivamente, a taxa de produção de folhas e de colmo e perdas das folhas baixeiras.

A taxa de acúmulo de folhas por perfilho, muito baixa no dossel mantido à altura de 25 cm, respondeu positivamente à elevação da altura do dossel (Figura 12). Esta observação sugere a eficácia do alongamento do colmo, e portanto, do distanciamento das folhas em distribuir a radiação pelo perfil do dossel, uma vez que o efeito da altura do dossel sobre o seu IAF foi linear e positiva, mas assintótica sobre a interceptação da radiação (Figura 13), evidenciando rearranjo arquitetônico do dossel com a elevação de sua altura.

A taxa de produção de colmo foi a que mais respondeu à elevação da altura do dossel; tal resposta, pode ser atribuída à redução da relação vermelho/vermelho extremo da luz transmitida ao longo do perfil, ocasionado pelo aumento do IAF (Figura 13) que, detectado pelo fitocromo, desencadeia essa resposta fotomorfogênica (Taiz e Zeiger e Zeiger, 1998). Além disso, na gramínea em estágio avançado de crescimento, ocorre translocação preferencial de fotoassimilados para o colmo (Capítulo 1).

Assim, verifica-se que o manejo da altura do dossel é uma importante ferramenta para controlar a produção de colmo, mesmo em condições em que ela está estimulada, pois, durante o período de avaliação, o capim-Mombaça apresentava-se próximo ao início de florescimento nas parcelas mantidas mais altas.

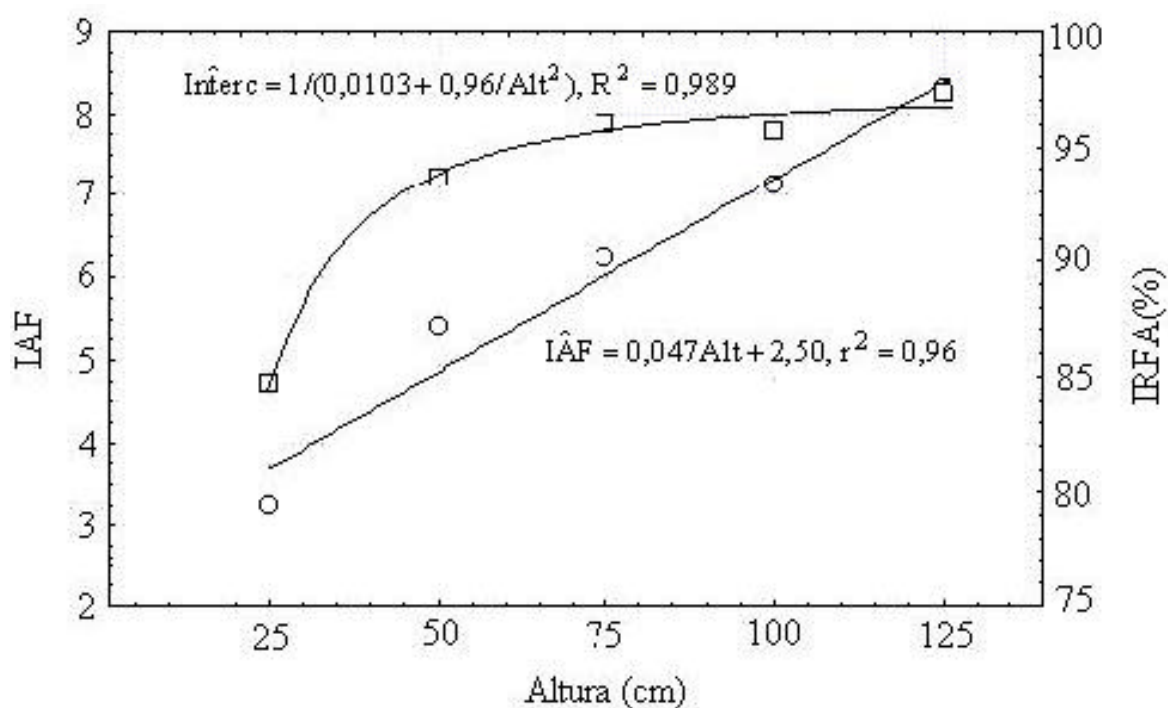


Figura 13 - Relação do índice de área foliar (IAF) e da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) com a altura do dossel do capim *Panicum maximum* cv. Mombaça.

A altura do dossel influenciou positiva e linearmente o índice de área foliar (IAF) ($P < 0,01$) (Figura 13). Por outro lado, a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) cresceu assintoticamente, atingindo o máximo em torno de 96,5% para um IAF de 7,34. O IAF crítico, em que 95% da radiação é interceptada, ocorreu no dossel com altura de 65 cm. Provavelmente, o efeito diferenciado da altura do dossel sobre o IAF e a IRFA,

deva-se ao alongamento do colmo, que promovendo o distanciamento e a verticalização das folhas dos perfilhos, propiciou incremento no IAF, com mínimo incremento na IRFA.

O perfilhamento é um processo importante para garantir a perenidade da gramínea. Número e peso dos perfilhos são determinantes da produtividade (Silsbury, 1966; Nelson e Zarroug, 1981), e variam inversamente (Zarroug e Nelson, 1980) em função do genótipo (Nascimento et al., 1980; Nelson e Zarroug, 1981) e do manejo. Assim, um relvado apresenta numerosos pequenos perfilhos sob pastejo pesado, mas poucos e grandes perfilhos sob pastejo leve (Bircham e Hodgson, 1983), conforme verificado no presente trabalho, em que a densidade populacional de perfilhos (DPP) respondeu negativamente ($D\hat{P}P = -1,63 \text{ Alt} + 352,14 \text{ } r^2 = 0,89$) à elevação da altura da vegetação, ao contrário do peso médio de perfilhos (PMP) ($P\hat{M}P = 0,052 \text{ Alt} - 0,77, r^2 = 0,77$). Essa relação inversa entre número e peso de perfilhos é explicado pela lei de auto-desbaste, em que o recurso limitante, a radiação luminosa, determina o ajuste na curva de compensação tamanho/densidade de perfilhos (Matthew et al., 1995).

A relação entre o tamanho e a densidade de perfilhos é apresentada na Figura 14; verifica-se que a elevação da altura do dossel é acompanhada concomitantemente de uma redução na densidade de perfilhos e aumento no tamanho de perfilhos. Embora o ajuste no tamanho / densidade de perfilhos tenha permitido que o dossel sob altura de 50 cm apresentasse IRFA próxima ao mantido sob 125 cm, o capim-Mombaça não foi capaz de compensar a IRFA para a altura de dossel de 25 cm (Figura 13).

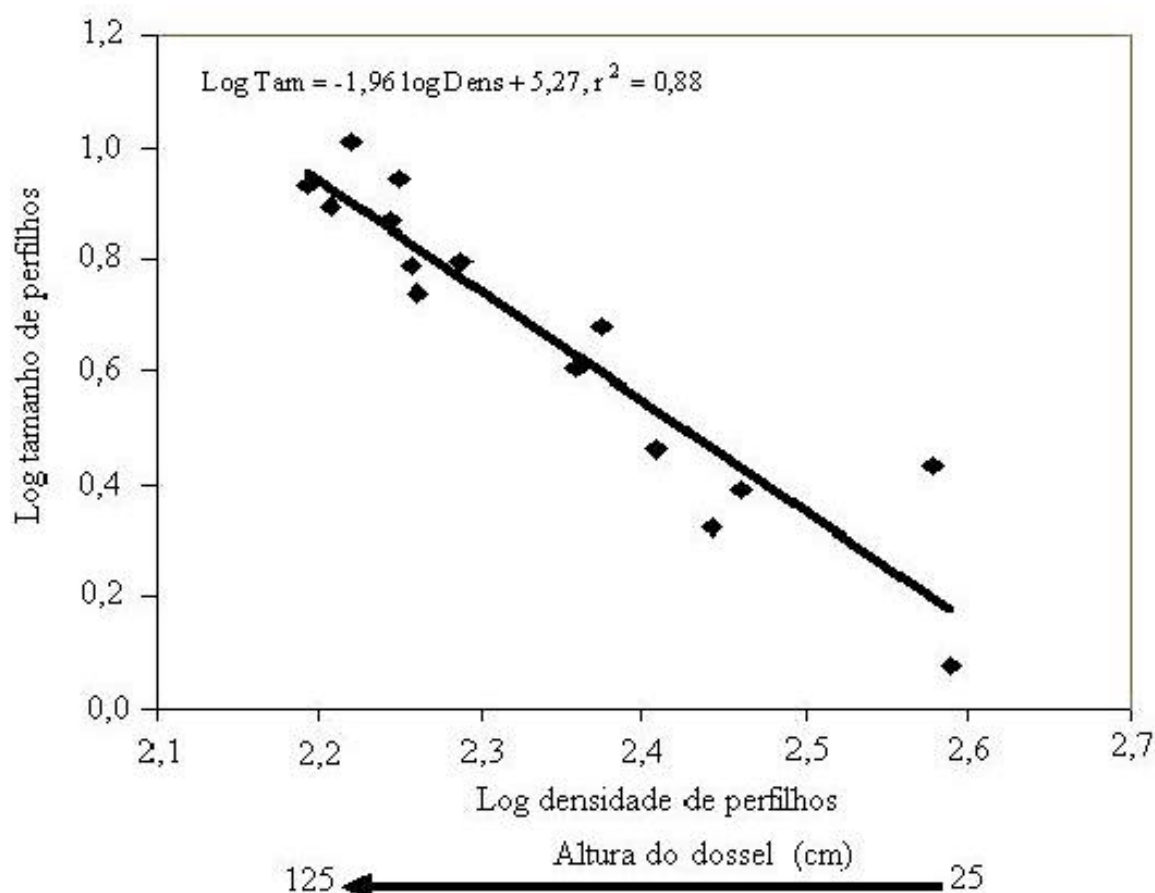


Figura 14 - Variação da relação tamanho (Tam) / densidade (Dens) de perfilhos do dossel de capim-Mombaça submetido a diferentes alturas.

A taxa de produção bruta de forragem (TPBFor) em relvado de azevém perene, mantido sob lotação contínua cresceu assintoticamente com a elevação da altura (Birchan e Hodgson, 1983); entretanto alturas elevadas do relvado resultaram em maior senescência e redução na população de perfilhos, determinando uma faixa de alturas em que a taxa de acúmulo de forragem (TAcFor) se mostrou insensível à variação na altura do dossel. Para o intervalo de altura avaliado no presente trabalho, tanto a TPBFor como a TAcFor se elevaram com o aumento altura (Figura 15). Esse comportamento, distinto ao relatado por Birchan e Hodgson (1983), é atribuído ao intenso alongamento do colmo do capim-Mombaça (Figura 11), que propiciou a penetração da radiação luminosa ao longo do perfil do dossel, aumentando a vida útil das folhas baixas e incrementando a massa de colmo.

Devido à grande diferenciação morfológica experimentada pelas gramíneas tropicais durante a fase vegetativa, torna-se de capital importância investigar a taxa de acúmulo de folhas (TAcFol), obtida descontando da TAcFor a taxa de produção de colmo (TPC). Os resultados evidenciam estabilidade da TAcFol entre a faixa de 75 a 125 cm de altura do dossel (Figura 15). Desta maneira, para um dossel acima de 75 cm de altura, a

alta produção por perfilho (Figura 12) compensou a menor densidade de perfilhos (Figura 14). Dentro dessa faixa de insensibilidade, a escolha da altura do dossel estaria restrita àquela correspondendo à menor TPC, para não comprometer a relação folha/colmo do dossel.

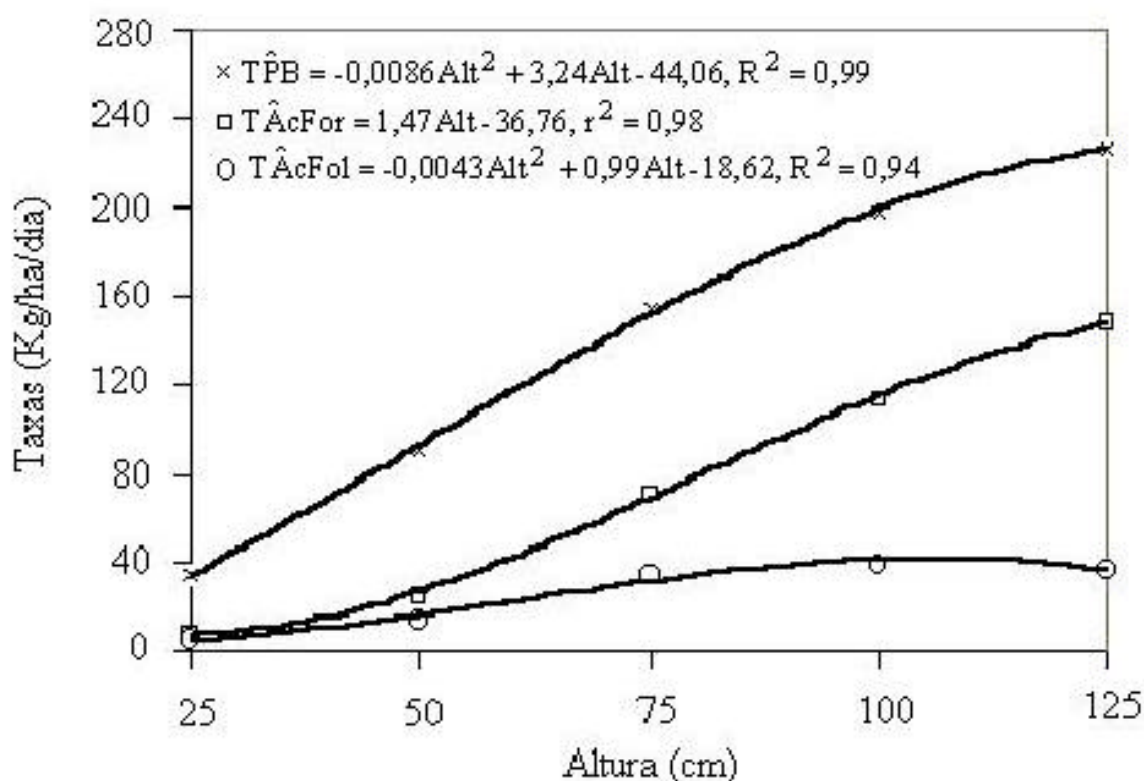


Figura 15 - Relação das taxas de produção bruta de forragem (TPB), acúmulo de forragem (TAcFor) e acúmulo de folhas (TAcFol) do capim *Panicum maximum* cv. Mombaça com a altura do dossel.

Alta produção de forragem é geralmente almejada quando se pensa em otimizar o consumo animal através do pastejo seletivo; contudo, deve-se ter cuidado em se tratando de gramíneas tropicais, pois elas apresentam alta produção de colmo (Figura 15), mesmo sob condição vegetativa, que se intensifica com a elevação da altura do dossel, estreitando a relação folha / colmo, característica de negativa influencia no consumo animal (Forbs e Hodgson, 1985).

Assim, o manejo da pastagem deve buscar manter uma altura mínima do dossel em que ocorre início da estabilidade do acúmulo de folhas, com vistas ao favorecimento do consumo de forragem e desempenho animal.

Conclusões

As taxas de alongamento e senescência foliares cresceram linearmente com a elevação da altura da vegetação, enquanto que a taxa de alongamento do colmo respondeu de forma quadrática.

Foi observada variação inversa entre o tamanho e a densidade de perfilhos.

Para as condições deste experimento, a taxa de acúmulo de folhas do capim-Mombaça apresentou-se insensível à altura da vegetação entre 75 e 125 cm. A taxa de acúmulo de forragem cresceu com a elevação na a altura do dossel, em decorrência do alongamento de colmo.

Referências Bibliográficas

- ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO Jr., D.; MOSQUIM, P.R. et al. Efeito da adubação nitrogenada e da frequência de corte na rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. II – Características morfogênicas e estruturais . In: Simpósio Internacional Grassland Ecophysiology and grazing ecology, 1998, Curitiba. **Anais...** Curitiba-Pr, 1999. p. 283-287.
- BARBOSA, R.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V.P.B. et al. 2002. Características Morfogênicas e Acúmulo de Forragem do Capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) em Dois Resíduos Forrageiros Pós-Pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia** 31: 583-593.
- BINNIE, R.C.; CHESTNUTT, D.M.B. 1994. 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**, 49: 192-202.
- BIRCHAM, J.S.; HODGSON, J. 1983. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. **Grass and Forage Science**, 38: 323-331.
- 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.
- DAVIES, A. 1974. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. **Journal of Agricultural Science**, 82: 165-172.
- FORBES, T. D. A.; HODGSON, J. 1985. Comparative studies of the influence of swards conditions on the ingestive behaviour of cows and sheep. **Grass and Forage**, 40: 69 – 77.
- GARCEZ NETO, A.F.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; REGAZZI, A.J. et al. 2002. Respostas Morfogênicas e Estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 31: 1890-1900.
- GASTAL, F.; DURAND, J. Effects of nitrogen and water supply on N and C fluxes and partitioning in defoliated swards. In: LEMAIRE, G., HODGSON, J., MORAES, A. et al. Eds. **Grasslands Ecophysiology and Grazing Ecology**. CAB Internacional, 2000. p.15-39.
- GOMIDE, C.A.M. **Características morfofisiológicas associadas ao manejo do capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.)**. Viçosa/MG: UFV, 2001. 100p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- GRANT, S.A.; BARTHRAM, G.T.; TORVELL, L. et al. 1988. Comparison of herbage production under continuous stocking and intermittent grazing. **Grass and Forage Science**, 43: 29-39.
- HORST, G.L.; NELSON, C.J.; ASAY, K. H. 1978. Relationship of leaf elongation to forage yield of tall fescue genotypes. **Crop Sci.**, 18(5): 715-719.

- LEMAIRE, G. The physiology of grass growth under grazing: tissue turnover. In: Gomide, J. A. ed. SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, Viçosa, MG, 1997. **Anais...**Viçosa, p.115-144, 1997.
- MATTHEW, C.; LEMAIRES, G.; SACKVILLE HAMILTON, N.R. et al. 1995. A modified self-thinning equation to describe size/density relationships for defoliated swards. **Annals of Botany**, 76: 579-587.
- MAZZANTI, A.; LEMAIRES, G.; GASTAL, F. 1994. 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**, 49: 111-120.
- NASCIMENTO, M.P.S.C.B.; NASCIMENTO, H.T.S.; GOMIDE, J.A. Alguns aspectos morfofisiológicos de três gramíneas de clima tropical. **R. Soc. Bras. Zootec.**, 9(1): 142 – 158.
- NELSON, C.J.; ZARROUGH, K.M. Tiller density and tiller weight as yield determinants of vegetative swards. In: WRIGTH, C.E. (Ed.) *Plant physiology and herbage production*. Hurley: British Grassland Society. p.25-29. 1981.
- PARSONS A. J.; JOHNSON I. R.; WILLIAMS J. H. H.. 1988. Leaf age structure and canopy photosynthesis in rotationally and continuously grazed swards. **Grass and Forage Sci.**, 43: 1-14.
- RODRIGUES, L. R. A.; REIS, R. A. Bases para o estabelecimento do manejo de capins do gênero *Panicum*. Anais do 12º Simpósio sobre Manejo da Pastagem. Ocapim Colônia. Es. Peixoto, A. M., Moura, J. C., Faria, V. P. Piracicaba: FEALQ, 12, p. 197 – 218, 1995.
- SILSBURY, J.H. 1966. Interrelations in the growth and development of *Lolium*. II. Tiller number and dry weight at low density. **Aust. J. Res.**, 17(6): 841-847.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. **Plant physiology**. 2nd ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. 792p.
- ZARROUGH, K.M.; NELSON, C.J. 1980. Regrowth of genotypes of tall fescue differing in yield per tiller. **Crop Sci.**, 20(4): 540 – 544.

7. CAPÍTULO IV

Características estruturais e ganho de peso vivo de novilhos em pastagem de capim *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente

RESUMO: Em pastagem de capim *Panicum maximum* cv. Mombaça, avaliou-se o efeito de dois períodos de descanso, definidos pelo tempo necessário para o aparecimento de 2,5 e 3,5 novas folhas/perfilho, sobre as características estruturais do dossel e a produção por animal. Concomitantemente, realizou-se o acompanhamento do efeito do momento de pastejo (entrada e saída dos animais) e ciclos de pastejo (1º, 2º e 3º ciclo) sobre a evolução das mesmas características, que foram: altura do dossel, massa de forragem verde, de folha, de colmo, relação folha/colmo, índice de área foliar (IAF); também foi acompanhada a oferta de forragem (OF). Os tratamentos foram dispostos sob delineamento inteiramente casualizado, com duas repetições. O efeito do período de descanso sobre as características estruturais do dossel não foi significativo ($P>0,05$), com exceção da relação folha/colmo. Os períodos de descanso interagiram com os ciclos de pastejo e com os momentos de pastejo ($P<0,05$) sobre a relação folha/colmo, que foi mais larga nos piquetes sob o menor período de descanso, mas somente no momento de entrada dos animais, e os ciclos de pastejo tiveram efeito negativo sobre essa variável. O momento de pastejo teve efeito ($P<0,05$) sobre todas as características estudadas, cujos valores foram mais altos à entrada dos animais, com exceção da massa de colmo, em função do pastejo seletivo do animal. Todas as características estruturais tenderam a crescer com a sucessão dos ciclos de pastejo, valores mais altos correspondendo ao terceiro ciclo de pastejo, com exceção a altura do dossel, que ocorreu no 2º ciclo. A OF não variou com os períodos de descanso. O ganho por animal foi relativamente alto, de 824 e 760 g/an/dia, respectivamente, em piquetes sob o período de descanso de 2,5 e 3,5 novas folhas/perfilho, que apresentaram taxa de lotação de 3,65 e 3,53 animais/ha/dia.

Palavras-chave: massa de colmo, índice de área foliar, relação folha/colmo, oferta de forragem

Introdução

O aumento da produtividade animal das pastagens tropicais, que é baixa, da ordem de 150 Kg/ha/ano (Corsi e Aguiar, 2003), pode ser conseguido pelo incremento na capacidade de suporte das pastagens ou pela melhoria do ganho de peso individual.

Dentre as opções disponíveis para aumentar a produtividade e a eficiência dos sistemas de produção, Euclides et al. (1999) destacaram a utilização de espécies mais produtivas, a adubação nitrogenada e o controle da utilização das pastagens pela manipulação da taxa de lotação ou do sistema de pastejo, como as mais viáveis para as condições brasileiras.

Na busca de espécies mais produtivas, as gramíneas do gênero *Panicum* se destacam, ocupando o segundo lugar do mercado de sementes no país (Carvalho, 2002). No Brasil existe um grande número de opções de espécies forrageiras do gênero *Panicum*. Só nos últimos 20 anos, foram lançados nove cultivares: IZ-1 (1979), Tobiata (1982), Centenário (1988), Vencedor (1990), Tanzânia (1990) e Mombaça (1993) (Jank, 1995), e recentemente, o Massai (Euclides et al., 2000). Contudo, existe pouca informação disponível relacionando o efeito do pastejo sobre o desempenho animal, que é, dentre diversos fatores, condicionado pelo consumo de forragem, que depende grandemente da estrutura do dossel forrageiro, assim como da oferta e valor nutritivo da forragem.

De fato, o consumo de forragem é condicionado pelas características estruturais do dossel que determinam o comportamento ingestivo, caracterizado pelo tamanho de bocado, taxa de bocado e tempo de pastejo (Allden e Whitaker, 1970, Woodward, 1997). As principais características estruturais do dossel forrageiro que condicionam o comportamento ingestivo do ruminante em pastejo são: massa vegetal, altura do dossel, presença de material morto e relação folha/colmo (Stobbs, 1973; Chacon e Stobbs, 1976; Dougherty et al., 1990; Euclides et al., 1999).

A maioria das gramíneas tropicais, ao contrário das temperadas, apresenta grande diferenciação morfológica, e experimentam, mesmo no estágio vegetativo, intenso alongamento de hastes (Gomide, 2001 e Capítulo 3) que, se não for controlado, resulta em estreitamento da relação folha/haste (Santos et al. 1999; Gomide, 2001), característica estrutural que compromete o consumo de MS do animal (Stobbs, 1973 e Brâncio et al. 2001). Assim, Sollenberger e Burns (2001) citados por Gomide (2001), destacam que, diferentemente de espécies temperadas em que a altura do dossel é uma importante característica, influenciando o comportamento ingestivo animal, em gramíneas tropicais a massa, a proporção de folhas, e a relação folha/colmo, são mais relevantes. Assim, estratégias de manejo que visem ao controle do alongamento do colmo devem ser mais um dos vários objetivos do manejo da pastagem.

Em pastagens tropicais, a densidade de folhas do dossel (KgMS/ha/cm) e sua relação folha/colmo são as principais características estruturais do dossel determinantes do

consumo de forragem (Stobbs, 1973, Mott, 1981). Em pastagens de capim Braquiária (*B. decumbens*), capim Setária (*S. anceps*) e capim Rhodes (*Chloris gayanus*), o tamanho de bocado guardou relação direta com a densidade de forragem e relação folha/colmo, e inversamente proporcional com a altura do dossel forrageiro (Stobbs, 1973).

A baixa digestibilidade e as características estruturais desfavoráveis do dossel, como sua estreita relação folha/colmo e alta proporção de material morto, comprometeram o pastejo seletivo e, conseqüentemente, o ganho de peso de novilhos em pastagem de grama bermuda (*Cynodon dactylon*) (Burns et al., 1991). Do mesmo modo, o consumo de matéria seca por novilhos em pastagens de capim Colonião, Tanzânia e Tobiatã, cultivares do *Panicum maximum*, guardou correlações negativas com a porcentagem de material morto, teor de fibra detergente neutro e correlações positivas com massa de forragem verde total e de folhas, porcentagem de folhas e relação material morto/material verde (Euclides et al., 1999).

Em razão do hábito de crescimento e suas características de elevação dos meristemas apicais, de perfilhamento e de acúmulo de carboidratos não estruturais recomenda-se que os cultivares de *Panicum maximum* sejam preferencialmente utilizados sob sistema de lotação intermitente (Rodrigues e Reis, 1995). Quando se decide por esse sistema, um dos importantes fatores de manejo é, principalmente, a definição do período de descanso.

Verifica-se que após a colheita de forragem, ocasionada por corte ou pastejo, a partição de assimilados é priorizada para a reconstituição da área foliar, e portanto, ela ocorre preferencialmente em benefício do meristema terminal (Ryle e Powell, 1975) ou perfilhos (Gifford e Marshall, 1973) para a manutenção do alongamento foliar, conforme o hábito de crescimento da planta, enquanto a partição de assimilados para o colmo ocorre em estágio fisiológico da planta mais avançado (Ryle, 1972). Assim, o período de descanso não deve ser muito longo, a fim de prevenir a translocação de assimilados para o colmo. Estudos em cultivares de *Panicum maximum* demonstraram a capital importância do período de descanso (Santos et al., 1999, Gomide, 2001 e Cândido, 2003) e o resíduo de forragem (Capítulo 3) sobre o alongamento de colmos, processo que determina a relação folha/colmo.

A definição do período de descanso baseado na idade cronológica do dossel, apesar de facilitar o cálculo do número de piquetes, biologicamente mostra-se empírica, em função da resposta do dossel variar com as condições de ambiente. Diversos tem sido os critérios para definir o momento apropriado para a entrada dos animais nos piquetes.

Conceitos como índice de área foliar (IAF) (Lawlor, 1995), interceptação da radiação incidente (Parsons et al., 1988), taxa de crescimento média (Parsons e Penning, 1988), nível de reservas orgânicas (Gomide e Zago, 1980 e Fulkerson e Slack, 1994) e número de folhas por perfilho (Fulkerson e Slack, 1995) se destacam. Segundo Gomide (2001), o número de folhas por perfilho constitui um critério objetivo e prático para ser adotado, enquanto os demais critérios são de difícil aplicação prática, embora cientificamente embasados.

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos de dois períodos de descanso definidos em função do aparecimento de folhas sobre as características estruturais do dossel, dando ênfase também aos efeitos do momento e ciclos de pastejo, sobre o ganho por animal em pastagem de *Panicum maximum* cv. Mombaça.

Material e Métodos

Na Central de Experimentação, Pesquisa e Extensão do Triângulo Mineiro (CEPET/UFV), localizada no município de Capinópolis, MG, situada a 18°41' de latitude sul e 49°34' de longitude oeste, foi conduzido um experimento para estudar os efeitos de dois períodos de descanso em piquetes de capim Mombaça, sob pastejo de lotação intermitente, sobre as características estruturais do dossel e o ganho médio diário dos animais (GMD).

Os períodos de descanso corresponderam ao tempo necessário para o aparecimento de 2,5 e 3,5 novas folhas por perfilho, após seis dias período de pastejo, realizado por um grupo de cinco novilhos. Novilhos extras, em número variável, foram introduzidos em cada piquete, conforme sua massa à entrada dos animais no piquete, de modo a obter ao final do período de pastejo, uma oferta de forragem de 10% (10 Kg de MS de folhas/100 KgPV/dia). Para tanto, foram utilizados ao todo 25 novilhos experimentais, mestiços holandês/zebu, que apresentavam, ao início do experimento, peso vivo médio de 264,4± 11 Kg.

As condições de ambiente, durante todo o período experimental, foram registradas em estação meteorológica instalada a 50 metros da área experimental.

A área experimental, de seis hectares, foi dividida em 13 piquetes, dos quais seis deles com área de 2350 m² foram submetidos ao período de descanso de 2,5 novas folhas, e os setes restantes, com área de 1600 m², submetidos ao período de descanso de 3,5 novas folhas por perfilho. O restante da área, 3,47 ha (6,0 ha – (1,41 ha + 1,12 ha) serviu como área de reserva, para acomodar qualquer um dos dois grupos de cinco novilhos, quando

necessário, além de acomodar os novilhos extras. Da área de reserva, foi separado um piquete com 0,5 hectare, mantido sob pastejo em lotação contínua com carga variável para manter altura do dossel em torno de 50 cm).

As características estruturais de interesse, variáveis respostas, foram: massa de forragem verde, altura do dossel, relação folha/colmo, índice de área foliar (IAF) ao início, na metade e no último dia do período de pastejo de cada ciclo de pastejo. Também foram realizadas estimativas da oferta de forragem e, após alguns ciclos de pastejo, a medição da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa.

No início do período experimental, a área dos 13 piquetes experimentais sofreu roçada mecânica por meio de uma segadora-condicionadora, após pastejo de novilhos. Para o condicionamento do manejo de lotação intermitente, a roçada, foi iniciada em 23/10/2001, a aproximadamente a 10 cm do solo, ocorreu de forma escalonada, a cada cinco dias, de forma que na roçada do último piquete de cada tratamento (23/11 e 28/11/2001), em grupo de cinco novilhos foi introduzido no primeiro piquete roçado de cada período de descanso experimental.

Imediatamente após a roçada mecânica de cada piquete, foi efetuada adubação em cobertura, com 250 Kg/ha, da fórmula 20-5-20, correspondendo as doses de 50, 12,5 e 50 Kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente. Esta adubação foi repetida à saída dos animais de cada piquete, após o segundo ciclo de pastejo.

Para avaliar a condição da pastagem, foram colhidas quatro amostras da forragem em retângulos de $1,5\text{ m}^2$ (1,5 m x 1 m). Os retângulos foram dispostos estrategicamente em pontos que representavam a situação média do piquete (altura, densidade e coloração do dossel). A amostragem foi feita à entrada e saída dos animais, em dois dos piquetes de cada período de descanso, por ciclo de pastejo. Os perfilhos contidos pelo retângulo foram cortados a 20 cm do solo, e colocados em sacos previamente identificados, e levados ao laboratório para processamento do material colhido.

A forragem colhida de cada retângulo foi separada em lâmina foliar verde e colmo, pesando-se cada fração separadamente. Subamostra de cada fração foi seca a 75 °C por 72 horas a fim de se estimar seu teor de matéria seca. A partir desses dados, estimou-se: a massa verde total seca, de folhas verdes, de colmo e a relação folha/colmo. O índice de área foliar (IAF) foi estimado a partir de alíquotas da lâmina foliar. Para isso, uma alíquota das lâminas foliares, foi cortada em segmentos de 10 cm, e o somatório da largura média de todos segmentos multiplicado por 10 cm, estimou a área foliar da sub-amostra. Pesou-se os segmentos, em torno de 150 segmentos, em média, a fim de se estimar sua área foliar

específica, a partir da qual e do peso total das folhas verdes, se estimou a área de folhas verdes correspondentes à área amostrada de 1,5 m². O IAF foi obtido pela divisão da área foliar estimada por 1,5 m², área do retângulo.

No terceiro ciclo de pastejo foram realizadas estimativas da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (IRFA), com o aparelho SUNSCAN; à entrada e saída dos animais em alguns piquetes sob lotação intermitente.

Ao final de cada ciclo de pastejo e a cada 28 dias no sistema de lotação contínua, foi realizada a pesagem dos animais após aproximadamente doze horas de jejum para determinar o ganho médio diário dos animais.

A movimentação dos animais de prova e de animais extras em cada piquete foi anotada diariamente, a fim de possibilitar a estimativa da taxa de lotação (animais/ha) destas áreas experimentais.

Para avaliar o efeito do sistema de manejo de lotação intermitente ao longo dos anos, foram comparados os resultados desse experimento com os de Gomide (2001) e Cândido (2003), que trabalharam na mesma área e utilizaram o mesmo sistema de pastejo sob lotação intermitente, respectivamente, nos anos agrícolas de 1999/2000 e 2000/2001.

Os dados de matéria seca de massa verde total (BT), de folha (BF), de colmo (BC), da relação folha/colmo, da altura do dossel e do índice de área foliar (IAF) foram submetidos à análise estatística utilizando o pacote estatístico SAS (SAS Institute, 1990), segundo o modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + PD_i + CP_j + MPP_k + (PD.CP)_{ij} + (PD.MPP)_{ik} + (CP.MPP)_{jk} + (PD.CP.MPP)_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

onde,

Y_{ijkl} = observação relativa ao lº piquete, no kº dia de pastejo, do jº ciclo de pastejo, do iº período de descanso;

μ = média da população;

PD_i = efeito do iº período de descanso, i = 1 e 2 períodos de descanso;

CP_j = efeito do jº ciclo de pastejo, j = 1º, 2º e 3º ciclos de pastejo;

MPP_k = efeito do kº dia de pastejo, k = momento do período de pastejo (entrada e saída dos animais)

$(PD.CP)_{ij}$ = interação do iº período de descanso com o jº ciclo de pastejo;

$(PD.MPP)_{ik}$ = interação do iº período de descanso com o kº dia do período de pastejo;

$(CP.MPP)_{jk}$ = interação do jº ciclo de pastejo com o kº dia do período de pastejo;

$(PD.CP.MPP)_{ijk}$ = interação do i^o período de descanso com o j^o ciclo de pastejo e com o k^o dia do período de pastejo;

$_{ijkl}$ = efeito aleatório relativo ao l^o piquete, no k^o dia do período de pastejo, do j^o ciclo de pastejo, no i^o período de descanso;

$l = 1$ e 2 piquetes (unidade experimental).

Os dados de ganho médio diário animal (GMD) foram analisados, segundo o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + a_{ij}$$

onde,

Y_{ij} = ganho de peso vivo do j^o novilho sob o i^o tratamento;

μ = média da população;

T_i = efeito do i^o tratamento, $i = 3$, sendo 2 tratamentos sob lotação intermitente com o período de descanso de 2,5 e 3,5 folhas/perfilho e 1 tratamento sob lotação contínua);

a_{ij} = efeito aleatório relativos ao j^o animal, no j^o período de descanso, $i = 1, 2, 3, 4$ e 5 animais.

Quando a análise de variância indicou efeito significativo das fontes de variação, esse foi analisado pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

No ano agrícola referente ao presente experimento (2001/2002), as chuvas iniciaram um pouco mais cedo, possibilitando a antecipação do início do experimento em relação aos anos agrícolas anteriores (1999/2000 e 2000/2001). As condições de ambiente, de precipitação semanal, a insolação e a irradiância média semanal, e a flutuação semanal das temperaturas máxima, média e mínima do ar da área experimental para o período estudado, encontram-se, respectivamente, na Figura 16 e Figura 17.

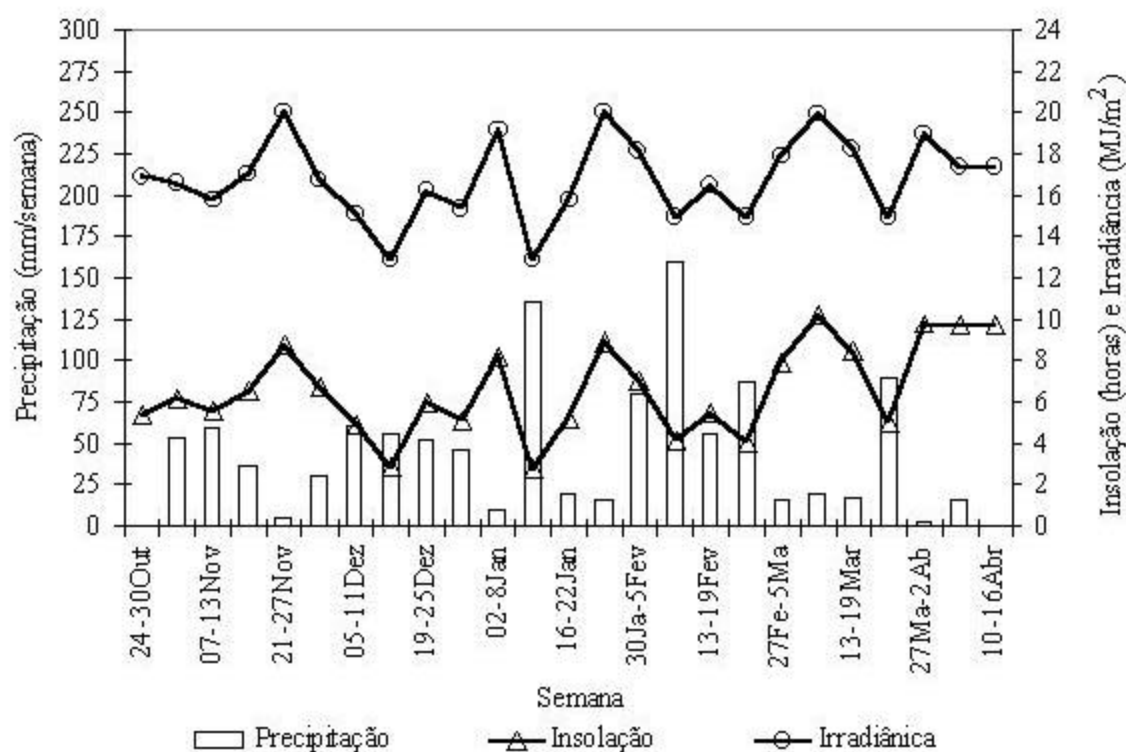


Figura 16 - Valores médios semanais da precipitação pluviométrica, insolação e irradiância na área estudada durante o período experimental.

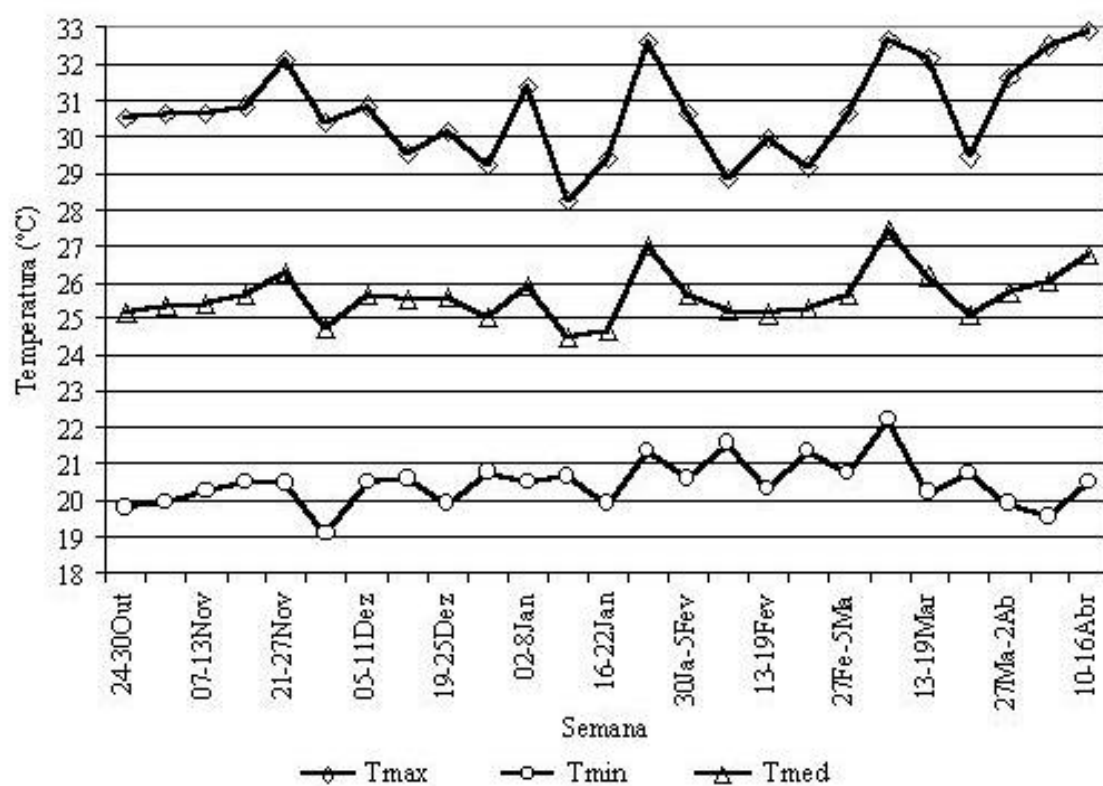


Figura 17 - Valores médios de temperatura máxima, média e mínima na área estudada durante o período do experimento.

Sob as condições de campo do presente experimento, o tempo para a constatação do número de folhas que definia o momento de entrada dos animais em cada piquete oscilou, de 26,7 a 38,8 e 29,9 a 46,9 dias, respectivamente, para os tratamentos de 2,5 e 3,5 folhas/perfilho (Tabela 3). Este intervalo médio correspondeu a um aparecimento de folhas mais longo que aquele (10 dias) encontrado para esta gramínea cultivada em vasos e em casa de vegetação (Gomide e Gomide, 2000). A mesma discrepância também foi constatada por Cândido (2001) que, para atingir o número de folhas/perfilho proposto, o período de descanso variou de 24 a 41, 35 a 52 e 44 a 63 dias, respectivamente, para o aparecimento de 2,5; 3,5 e 4,5 folhas/perfilho. A temperatura mínima registrada ao longo de todo o período experimental (Figura 17) foi superior à temperatura basal da planta, que é da ordem de 13,8 °C (Garcez Neto, 2002). Além disso, não se observou oscilação na temperatura (máxima, média e mínima), na insolação e na radiação ao longo dos diferentes ciclos de pastejo (Figura 17 e Figura 16) que justificasse essa variação no período de descanso. Aparentemente, a precipitação pluvial foi o principal fator abiótico limitante do intervalo de aparecimento de folhas em perfilhos de capim-Mombaça durante o período experimental.

Tabela 3 - Duração dos períodos de pastejo, de descanso e de uso da área de reserva e número de folhas por perfilho no momento de entrada dos animais em piquetes sob lotação intermitente capim *Panicum maximum* cv. Mombaça

PD	Ciclo	Período pastejo	Período Descanso	Uso da Reserva	NºFol
		dias			Folhas/perfilho
2,5	1º	4,8	26,7	0	2,78
	2º	6,3	38,8	9	2,39
	3º	5,8	24,7	1	2,71
	4º	4,7	31,5	9	2,48
3,5	1º	4,4	29,9	4	3,50
	2º	5,1	46,9	16	3,45
	3º	4,6	38,7	20	3,46

Durante o acompanhamento do número de folhas/perfilho dos primeiros piquetes pastejados no primeiro ciclo de pastejo, anteviu-se que o período necessário para atingir o número de folhas/perfilho seria maior que o projetado. Assim, para reduzir o tempo de uso da área de reserva, optou-se em aumentar o período de pastejo de cinco para seis dias já no segundo ciclo de pastejo. A aplicação dessa medida foi possível apenas para o tratamento de 2,5 folhas/perfilho, visto que a massa de forragem nos piquetes do tratamento de 3,5 folhas/perfilho foi insuficiente para permitir a permanência dos cinco animais de prova por seis dias.

Em razão do mais longo intervalo de aparecimento de folhas, foi necessário período de descanso muito longo, obrigando o uso da área de reserva para acomodar os animais de prova. Tal fato se deu principalmente com os animais do tratamento de período de descanso de 3,5 folhas/perfilho (Tabela 3).

Nos dois anos anteriores, sob mesmo sistema de manejo, o período de pastejo de seis dias pôde ser observado. A dificuldade registrada reflete o comprometimento no crescimento da gramínea decorrente da não coincidência das adubações realizadas com condições favoráveis de ambiente. A precipitação pluvial ocorrida ao longo do período da adubação dos piquetes foi de 180 e 396 mm, respectivamente, para o intervalo compreendido durante a primeira (de 24/10/2001 a 05/12/2001) e a segunda adubação (08/01/2002 a 01/03/2002) (Figura 16). Um dos problemas para o sucesso do sistema de lotação intermitente é a dificuldade de coincidência de condições de ambiente favoráveis no momento de adubação escalonada dos piquetes, o que propicia a chance da adubação ser realizada em ausência de condições favoráveis de chuva à saída dos animais de cada piquete.

Para a adoção de um sistema de manejo de lotação intermitente com período de descanso em função do número de folhas/perfilho, faz-se necessário o uso de maior número de piquetes do que aquele do sistema que utiliza o período de descanso fixo, sendo esses piquetes extras usados ou não durante alguns dos ciclos de pastejo, conforme a variação da taxa de aparecimento foliar, decorrente das condições de ambiente. Provavelmente, isso seja uma grande barreira para o seu uso em escala de produção, e portanto, esse sistema dificilmente irá substituir aquele que utiliza o período de descanso fixo, cronológico. Contudo, academicamente é fundamental, pela vantagem de poder padronizar o momento de entrada dos animais no piquete, e definir um padrão prático que relaciona os limites de recuperação do dossel após a desfolhação, permitindo o estudo do efeito do período de descanso isoladamente, sem a interferência das condições de ambiente.

A análise estatística dos dados das características estruturais do dossel e da oferta de forragem (OF), revelou apenas os efeitos principais de período de descanso, ciclo de pastejo e momento de pastejo ($P < 0,05$), a exceção da relação folha/colmo, que também sofreu efeito de interação destes fatores. Um resumo da análise de variância dos dados relativos às características estruturais do dossel do capim Mombaça e de oferta de folhas, encontra-se na Tabela 4.

Tabela 4 - Significância das fontes de variação e suas interações sobre as características estruturais do dossel (altura (ALT), massa de folhas (BF), de colmo (BC), total (BT), da relação folha/colmo e do índice de área foliar (IAF)) e a oferta de folhas (OF = kg MS de BF/100 Kg peso vivo animal/dia)

FV	GL	ALT	BF	BC	BT	F/C	IAF	OF
Tratamentos	11	0,0001	0,0017	0,0616	0,0181	0,0001	0,0002	0,0017
PD	1	ns	ns	ns	ns	0,0024	ns	0,0129
CP	2	0,0005	0,0136	0,0013	0,0033	0,0001	0,0027	ns
MP	1	0,0001	0,0001	ns	0,0010	0,0001	0,0001	0,0001
PD x CP	2	ns	ns	ns	ns	0,0110	ns	ns
PD x MP	1	ns	ns	ns	ns	0,0019	ns	ns
CP x MP	2	ns	ns	ns	ns	0,0001	ns	ns
PD x CP x MP	2	ns	ns	ns	ns	0,0044	ns	ns

PD (período de descanso); CP (ciclo de pastejo); MP (momento de pastejo).

As estimativas médias dos valores de altura do dossel, da massa de folha, de colmo e total, do IAF e da oferta de folhas, em função dos períodos de descanso são apresentados na Tabela 5, onde se verifica o efeito significativo do período de descanso apenas sobre a OF.

Tabela 5 - Estimativas médias dos valores das características estruturais do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça e da oferta de folha em função do período de descanso

Variável	Período de descanso		dms	Média
	2,5 folhas/perfilho	3,5 folhas/perfilho		
Altura (cm)	(53,2)54,7 ^a	59,3A	6,8	57
BT (Kg MS/ha)	(1748)1794 ^a	1952A	587	1873
BF (Kg MS/ha)	(1398)1477 ^a	1476A	364	1476
BC (Kg MS/ha)	(351)317 ^a	476A	259	396
IAF (m ² /m ²)	(2,65)2,80 ^a	2,86A	0,62	2,83
OF (KgMSBF/100KgPV/dia)	(18,86)19,98 ^a	14,61B	4,00	17,30

Os valores entre parênteses correspondem à média de quatro ciclos de pastejo. Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey, onde dms = diferença mínima significativa.

A altura média do dossel pastejado a cada 2,5 novas folhas/perfilho (Tabela 5) está bem próxima da registrada por Cândido (2003), que foi de 55,9 cm, na mesma área e mesmo manejo do presente experimento, no ano agrícola de 2000/2001. Contudo, esse mesmo autor verificou que a altura do dossel se elevou (P<0,05) para 72,5 cm, quando o período de descanso passou para 3,5 novas folhas/perfilho, como resultado de mais intenso alongamento do colmo. No presente experimento, não se constatou efeito significativo do período de descanso sobre a massa de colmo, evidência da ausência de intensificação do alongamento do colmo ao passar do período de descanso de 2,5 para 3,5 novas folhas/perfilho. Segundo Cândido (2003), o processo de intensificação do alongamento do

colmo se intensifica quando o dossel atinge o IAF crítico, que aconteceu entre o período entre 2,5 a 3,5 novas folhas/perfilho. Contudo, no presente experimento, a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa no momento de entrada dos animais no piquete foi em média de 85 e 89,4%, respectivamente, para o período de descanso de 2,5 e 3,5 novas folhas/perfilho, valores inferiores a 95% (IAF crítico), conforme observado no Capítulo 5 para o período de verão, foram atingidos valores de 89,5 e 94,6 após o período de rebrotação de 30,4 e 38,5 dias, equivalentes a média do período de descanso dos tratamentos de 2,5 e 3,5 novas folhas/perfilho.

O não comprometimento do pasto manejado sob menor período de descanso, observado no ano agrícola de 1999/2000 (Gomide, 2001) e 2000/2001 (Cândido, 2003), foi mantido no ano agrícola de 2001/2002, uma vez que a produção de massa não diferiu entre os dois períodos de descanso (Tabela 5). Sabe-se que a massa de forragem por ciclo de pastejo é proporcional a duração do período de descanso. Santos et al. (1999) verificaram esse comportamento para os cultivares Mombaça e Tanzânia, com incremento na produção de forragem com o aumento do período de descanso de 28, 38 e 48 dias. Gomide (2001) e Cândido (2003) também verificaram igual padrão de resposta ao incremento no período de descanso. Normalmente o aumento de massa verificado quando se aumenta o intervalo de pastejo, decorre principalmente do incremento em massa de colmo, fenômeno praticamente não manifestado no presente experimento quando se aumentou o intervalo de pastejo (Tabela 5).

Gomide (2001) e Cândido (2003) não verificaram efeito significativo do período de descanso sobre a massa de forragem no primeiro ciclo de pastejo ao comparar os intervalos de 2,5 para 3,5 novas folhas/perfilho. No presente experimento, a ausência de efeito ($P>0,05$) sobre a massa de forragem, que não se limitou ao primeiro ciclo de pastejo, é atribuída à baixa taxa de crescimento do dossel (conforme Capítulo 5 – período de outono), bem como à pequena diferença na duração dos períodos de descansos estudados, em média de 30 e 38,5 dias, respectivamente, para o período de descanso de 2,5 e 3,5 novas folhas/perfilho.

A massa total de forragem encontrada por ciclo de pastejo (Tabela 5) foi bem inferior aos resultados encontrados na mesma área e sob mesmo manejo durante o ano agrícola de 1999/2000 (4571 e 5584 Kg/ha) e 2000/2001 (3904 e 6511 Kg/ha), relatados por Gomide (2001) e Cândido (2003), respectivamente, o que sugeriria um comprometimento da perenidade da pastagem. Nota-se que a produção da massa de forragem/ciclo de pastejo caiu progressivamente ao longo dos anos experimentais,

sugerindo a hipótese de que o manejo estaria comprometendo a perenidade da pastagem. Tal fato poderia ser atribuído, pelo menos parcialmente, a um possível esgotamento da fertilidade do solo da área, devido à pequena dose de adubo aplicada (500 kg/ha/ano do adubo 20 – 05 – 20).

Ao se avaliar a composição química do solo (Tabela 6), se observa tendência de queda nos valores de P, Ca, Mg e V e um incremento em K. A quantidade de Ca + Mg observada, satisfaz ao requerimento de 1,5 cmol_c/dm³ sugerido para o capim Mombaça (Comissão de Fertilidade do Solo de MG, 1999 - 5ª Aproximação). O P é um dos nutrientes mais importantes ligados à perenidade das pastagens, e segundo Macedo (2002) o baixo teor inicial ou a queda de P após algum tempo de exploração afeta diretamente a produção de massa. Contudo, os teores de P (Tabela 6) estão dentro da faixa de 6 – 10 mg/dm³, sugerido como níveis críticos para pastagens estabelecidas por mais de dois anos (Cantarutti et al., 2002). Assim, a composição química do solo não parece ter sido a responsável pela baixa produção de massa no presente experimento. De fato, a composição química do solo torna-se menos importante, ao se avaliar a produção de massa do terceiro ciclo de pastejo, em ambos os tratamentos, resultante de rebrotação antecederida da mesma adubação inicial, mas sob condições mais favoráveis de pluviosidade (Figura 16 – período de 08/01 a 01/03/2002). No terceiro ciclo, as massas pré-pastejo de 3296 e 3396 Kg/ha, respectivamente, para o menor e maior período de descanso, se aproximam dos valores encontrados nos anos agrícolas anteriores para o período de descanso de 2,5 novas folhas por perfilho.

Tabela 6- Evolução da composição química do solo em área de pastagem de *Panicum maximum* cv. Mombaça para o ano de implantação, 1º, 2º e 3º ano de manejo sob sistema de pastejo intermitente

Ano	Piq	pH	P —g dm ⁻³ —	K —g dm ⁻³ —	Ca ²⁺ —cmol _c dm ⁻³ —	Mg ²⁺ —cmol _c dm ⁻³ —	SB	H+Al —cmol _c dm ⁻³ —	CTC	Al ³⁺ —cmol _c dm ⁻³ —	V —%—	MO dag Kg ⁻¹
Est ¹	-	5,1	9,6	36	1,90	0,70	2,69	1,80	4,49	0,40	59,91	-
1 ²	-	6,2	8,5	106	2,80	1,00	4,07	3,10	7,17	0,00	56,76	2,23
2 ³	A	5,3	9,05	130	1,10	0,25	1,68	2,35	4,03	0,08	41,60	1,21
	B	5,1	9,0	337	1,20	0,03	1,93	2,20	4,13	0,10	46,35	1,15
2 ⁴	A	5,45	5,3	113	1,35	0,20	1,84	2,30	4,14	0,15	43,96	1,87
	B	5,6	6,6	153,5	1,25	0,20	1,84	2,15	3,99	0,8	46,03	2,34
3 ⁵	A	5,5	6,0	130	1,30	0,30	1,93	2,80	4,73	0,00	40,80	1,87
	B	5,8	7,3	264	1,50	0,50	2,67	3,10	5,77	0,00	46,27	1,93

¹ Estabelecimento em área de sorgo, outubro de 1998 (Gomide, 2001), ² Início da primeira estação das águas, 8 dezembro 1999, ³ Início da segunda estação das águas, 6 dezembro 2000, ⁴ Final da segunda estação das águas, 16 maio 2001 e ⁵ Final da terceira estação das águas, 13 maio 2003. A e B correspondem ao período de descanso para formar 2,5 e 3,5 folhas por perfilho.

Os valores médios de IAF observados (Tabela 5) também foram inferiores aos encontrados por Gomide (2001), que relatou valores médios de 5,6 e 5,1, respectivamente, para o período de 2,5 e 3,5 novas folhas/perfilho, também sem efeito do período de descanso. Apesar de experimentar incremento com o tempo, até mesmo após os 40 dias de rebrotação para o cultivar Mombaça (Cândido, 2003), o período de rebrotação necessário para que o IAF atinja valor máximo pode ser antecipado em função de fatores abióticos favoráveis (Capítulo 5).

Diferentemente do período de descanso, os ciclos de pastejo influenciaram a maioria das características estruturais do dossel (Tabela 4). Os valores de altura do dossel, da massa de folha, de colmo e total, do IAF e da oferta de folhas estão apresentados na Tabela 7 em função dos ciclos de pastejo.

Tabela 7- Valores médios das características estruturais do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça e da oferta de folha em função do ciclo de pastejo

Variável	Ciclos de pastejo			dms	Média
	1º	2º	3º		
Altura (cm)	45,4B	60A	65,6A	10,2	57
BT (Kg MS/ha)	1272B	1673B	2673A	880	1873
BF (Kg MS/ha)	1191B	1352B	1884A	545	1476
BC (Kg MS/ha)	81B	320B	788A	389	396
IAF (m ² /m ²)	2,60B	2,19B	3,71A	0,94	2,83
OF (KgMSBF/100KgPV/dia)	16,77A	15,09A	20,03A	6,01	17,30

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey, onde dms corresponde a diferença mínima significativa.

Todas as características estruturais cresceram com a sucessão dos ciclos de pastejo, com maiores valores correspondendo ao terceiro ciclo de pastejo (Tabela 7). A altura do dossel, tanto à entrada como à saída dos animais do piquete tendeu a se elevar com o suceder dos ciclos de pastejo. Este fato expõe a limitação da altura como critério para orientar a movimentação dos animais entre os piquetes, a menos que o alongamento do colmo seja controlado.

Cândido (2003) concluiu que o tratamento de 2,5 folhas/perfilho propiciou razoável controle da altura do dossel no momento de entrada dos animais nos piquetes, com diferentes ciclos de pastejo. No presente trabalho, razoável controle foi observado também para o período de descanso de 3,5 novas folhas/perfilho, discrepância que se deve ao baixo crescimento do dossel, conforme observado no Capítulo 5 durante o período de outono.

Progressivos incrementos de massa de folha, de colmo e total foi observada a cada ciclo sucessivo de pastejo (Tabela 7). Esse comportamento, característico do sistema sob

lotação intermitente, resulta do incremento de resíduo de forragem, a cada ciclo de pastejo, decorrente da seletividade animal, que propicia maior incremento na BC. No presente estudo o incremento em BC do segundo para o terceiro ciclo, foi percentualmente, quase o triplo do observado para BT e BF. Esse efeito pode ser melhor observado pelo acompanhamento da massa ao longo do período de pastejo (Tabela 8). Enquanto se verificam diminuições de BT e a BF, os valores de BC se mantêm constantes, porém com tendência de aumento, ao longo do período de pastejo.

O IAF apresentou o mesmo comportamento observado para massa de forragem, em razão dele se relacionar diretamente com a BF (Tabela 7). Verificou-se maior valor de IAF no terceiro ciclo de pastejo, reflexo da segunda adubação de manutenção. Em relação a OF, não se verificou efeito dos ciclos de pastejo, demonstrando a eficácia do ajuste da carga animal sobre a massa de folha do piquete.

Tabela 8- Valores médios das características estruturais do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça e da oferta de massa de folha em função do momento de pastejo

Variável	Momento de pastejo			dms	Média
	Início	(Metade)	Final		
Altura (cm)	74,3A	(47,5)	39,7B	6,8	57
BT (Kg MS/ha)	2451A	(1602)	1294B	587	1873
BF (Kg MS/ha)	2093A	(1224)	859B	364	1476
BC (Kg MS/ha)	358A	(377)	435A	259	396
IAF (m ² /m ²)	4,17A	(2,79)	1,50B	0,62	2,83
OF (KgMSBF/100KgPV/dia)	23,95A	(18,11)	10,64B	4,00	17,30

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. dms = a diferença mínima significativa. Os valores entre parênteses correspondem a médias estimadas a partir de número de repetições variáveis conforme o ciclo de pastejo.

As alturas pré-pastejo do dossel estão abaixo das médias observadas no ano agrícola de 1999/2000 (Gomide, 2001), discrepância que pode estar associada ao menor crescimento do pasto no presente experimento. Isso é comprovado quando se avalia a massa seca apresentada por Gomide (2001), da ordem de 4571 e 5584 kgMS/ha/ciclo de pastejo, respectivamente, para o tratamento de 2,5 e 3,5 folhas/perfilho. Para o presente experimento, no momento de entrada dos animais, a massa média dos piquetes para os dois períodos de descanso, foi de 2451 kgMS/ha/ciclo (Tabela 8). A discrepância é principalmente atribuível a diferenças de pluviosidade entre os anos agrícolas, conforme já discutido.

Enfatiza-se a acentuada variação das características estruturais do dossel durante o transcorrer do período de pastejo, de tal modo que à saída dos animais do piquete todas as

características avaliadas, a exceção da BC, foram inferiores ao momento de entrada (Tabela 8). Esse comportamento característico do sistema de lotação intermitente, primeiramente registrado por Chacon e Stobbs (1976) em gramíneas tropicais, sinaliza a importância de se reduzir a taxa de lotação do piquete no decorrer do período de pastejo, a fim de não comprometer o desempenho animal nos últimos dias do período de pastejo.

O IAF observado no momento de entrada dos animais foi bem inferior ao valor médio de 9,0 encontrado por Gomide (2001) para o ano agrícola de 1999/2000; as prováveis causas para esta discrepância já foram abordadas quando se enfatizou a massa. Apesar dos mais baixos valores de IAF pré-pastejo registradas no presente experimento, a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa avaliada para o terceiro ciclo de pastejo do presente experimento de 91,6%, foi bem próxima ao valor médio de 96% ao nível do solo, encontrado por Gomide (2001), no momento de entrada dos animais. Também, o valor encontrado foi próximo ao máximo encontrado por Cândido (2003), respectivamente, de 90 e 96%, na entrada dos animais, para os tratamentos de 2,5 e 3,5 folhas/perfilho, realizados próximo ao nível do solo, no ano agrícola de 2000/2001. Esses resultados sinalizam a grande adaptação morfológica do dossel do capim-Mombaça em busca do aumento da eficiência da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa observada no Capítulo 3.

A relação folha/colmo foi a única característica estrutural estudada a sofrer efeito da interação do período de descanso com ciclo de pastejo e momento de pastejo (Tabela 4). Observou-se que a maior parte da BT foi composta por folha, e portanto, observa-se altos valores para a relação folha/colmo (Tabela 9), bem superiores àqueles da ordem de 4,6 e 3,7, apresentados por Gomide (2001) no momento de entrada dos animais no piquete, em parte relacionado a altura de amostragem. Apesar de alta, ela caiu no decurso do período de pastejo (Tabela 9), em consequência da progressiva desfolha do dossel e pastejo seletivo praticado pelos animais (Chacon e Stobbs, 1976).

Tabela 9 - Valores médios da relação folha/colmo do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça em função das interações: período de descanso x momento de pastejo, período de descanso x ciclos de pastejo e momento de pastejo x ciclos de pastejo

	Período de descanso			
Momento de pastejo	2,5 novas folhas	3,5 novas folhas	dms	Média
Início	48,5Aa	16,7Ab		32,6
(Metade)	(7,4)	(4,2)	12,6	(5,8)
Final	4,6Ba	5,2Aa		4,9
Dms	12,6			
Média	26,6	11,0		18,8
	Período de descanso			
Ciclos de pastejo	2,5 novas folhas	3,5 novas folhas	dms	Média
1º	62,3Aa	26,3Ab		44,3
2º	14,3Ba	3,8Ba	15,4	9,1
3º	3,1Ba	2,7Ba		2,9
(4º)	(3,1)	-		
Dms	18,9			
Média	26,6	11,0		18,8
	Momento de pastejo			
Ciclos de pastejo	Início	(Metade)	Final	dms
1º	77,9Aa	(10,1)	10,7Ab	
2º	15,9Ba	(4,3)	2,4Aa	15,4
3º	4,2Ba	(1,96)	1,7Aa	
Dms	18,9			
Média	26,6		11,0	18,8

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula (coluna) e minúscula (linha) não diferem ($P>0,05$) pelo teste de Tukey. dms = a diferença mínima significativa. Os valores entre parênteses não foram analisados estatisticamente em razão do número de repetições variar conforme os diferentes ciclos de pastejo.

No momento de entrada dos animais nos piquetes, a relação folha/colmo foi significativamente maior no dossel submetido ao menor período de descanso (Tabela 9), uma situação desejável, pois é uma característica estrutural do dossel que favorece o consumo animal (Stobbs, 1973). Entretanto, ao final do período de pastejo, a relação folha/colmo não diferiu em função do período de descanso, em razão do pastejo seletivo dos novilhos. Os ciclos de pastejo tiveram grande efeito sobre a relação folha/colmo, observando-se acentuado estreitamento dessa variável com o decorrer dos ciclos, principalmente nos piquetes sob menor período de descanso. A redução gradativa na relação folha/colmo, com o aumento do período de descanso e a sucessão dos ciclos de pastejo, decorre do acúmulo de colmo, observado também por Cândido (2003), em virtude do contínuo alongamento do colmo e da preferência dos animais em consumir folhas do dossel.

Avaliando em conjunto o período de descanso e ciclos de pastejo, verifica-se que apesar de a média dos valores de relação folha/colmo ser mais larga para o menor período de descanso, diferença estatística se restringiu apenas no primeiro ciclo de pastejo, demonstrando o forte efeito dos ciclos sobre o acúmulo de hastes, e portanto, na relação folha/colmo. Esses resultados colaboram com os obtidos por Cândido (2003) que cita o efeito negativo do longo período de descanso e dos ciclos de pastejo sobre a relação folha/colmo. Verifica-se, no geral, que a relação folha/colmo tende a ser superior em piquetes submetidos a curtos períodos de descanso, embora a significância para as diferenças tenham restringido ao primeiro ciclo de pastejo.

Nota-se que a oferta de forragem de folhas preconizada para o momento de saída foi atingida (Tabela 8). Entretanto, apesar da oferta de forragem média exceder em torno de sete vezes (17,3/2,5) o valor de consumo de 2,5 KgMS de forragem /100 Kg PV/dia (Euclides et al., 1999), observou-se que os animais demonstravam aparente desinteresse em continuar a apreensão das folhas residuais, em razão do seu difícil acesso, decorrente de seu íntimo contacto com o colmo, apesar da relação folha/colmo ser ainda relativamente larga (Tabela 9).

Os animais do piquete sob lotação contínua apresentaram maior GMD (Tabela 10), apesar da menor OF e da mais estreita relação folha/colmo deste piquete. Provavelmente, esses valores estejam distorcidos em função da altura de amostragem, ao nível do solo e a 20 cm, respectivamente, para o sistema sob lotação contínua e intermitente, pois esta altura foi considerada como parte do horizonte disponível para o pastejo. Contudo, esses valores não representam o real horizonte de pastejo explorado pelos animais sob lotação contínua, que se restringiram a pastear somente na porção superior do dossel, que era composto principalmente de folhas.

Tabela 10 - Valores médios de oferta de folhas (KgMS/100 KgPV/dia), relação folha/colmo (Kg/Kg), ganho médio diário por animal (g/animal/dia), taxa de lotação (animais/ha/dia) e produtividade animal (Kg/ha) ao longo dos três ciclos de pastejo em dossel de capim *Panicum maximum* cv. Mombaça para os três primeiros ciclos de pastejo da lotação intermitente e ao longo do período de utilização do sistema de lotação contínua

Trat	OFV	F/C	GMD	TL	Produção
2,5	19,98	26,62	824AB	3,91 ¹ e 3,65 ²	433 ²
3,5	14,61	11,02	760B	4,14 ¹ e 3,39 ²	371 ²
C	7,62	0,99	954A	5,33 ²	732 ²

1 referente aos três ciclos de pastejo de cada tratamento sob lotação intermitente; 2 correspondente aos 144 dias de período experimental (período compreendido entre a entrada dos animais no primeiro piquete até 16-04-2002, final do experimento).

Em relação aos tratamentos do sistema de lotação intermitente, existia uma expectativa de maior GMD para os animais sob o tratamento de menor período de descanso, visto que nos anos anteriores foram encontrados incrementos de 33% (Gomide, 2001) e 29% (Cândido, 2003) no GMD dos animais sob o tratamento de 2,5 em relação a 3,5 novas folhas/perfilho. Contudo, no presente experimento não foi observada diferença entre os períodos de descanso, apesar de tendência de menor ganho de PV para os novilhos do tratamento de 3,5 novas folhas/perfilho. A ausência de diferença de GMD reflete as pequenas diferenças de características estruturais já consideradas.

O GMD realizado pelos novilhos em piquetes submetidos a menor período de descanso, 2,5 novas folhas/perfilho, no presente experimento, compara-se com vantagem àqueles relatados anteriormente (Gomide, 2001 e Cândido, 2003), respectivamente, de 628 e 704 g/an/dia; principalmente com relação ao período de descanso de 3,5 novas folhas/perfilho, cujas médias de GMD foram de 473 e 546 g/an/dia, relatados por Gomide (2001) e Cândido (2003). Estas diferenças estão relacionadas com as características estruturais do dossel, sendo o alongamento do colmo o principal fator, o que influencia negativamente na relação folha/colmo, e foi mais marcante nos dois primeiros anos de pesquisa.

O GMD dos animais mantidos no tratamento sob lotação intermitente também se compara com vantagens àqueles relatado por Euclides et al. (1999), que encontraram o GMD de 570, 615 e 635 g/an/dia, respectivamente, para o capim-Mombaça e capim-Tanzânia, ambos adubados com 50 e Tanzânia com 100 kg/ha/ano de N, manejados sob lotação intermitente de 7 dias de pastejo com 35 dias de descanso. Provavelmente, o maior GMD observado no presente experimento esteja relacionado principalmente com a percentagem de folha do dossel, que correspondeu em média 76% da massa de forragem verde total (Tabela 8), superior à média de 44% ocorrida no ensaio daqueles autores. Contudo, em função da menor taxa de lotação utilizada, os rendimentos por área para o período de 144 dias (Tabela 8) são inferiores aos 439, 462 e 516 Kg/ha, obtidos por Euclides et al (1999).

A taxa de lotação alcançada no presente ensaio foi inferior à encontrada na mesma área, no ano agrícola de 2000/2001, que foi de 6,2 e 7,0 nov/ha/dia (Cândido, 2003), respectivamente, para o tratamento de 2,5 e 3,5 folhas/perfilho. A menor taxa de lotação neste trabalho é atribuída às condições de ambiente durante o momento das adubações, que prejudicaram a produção de massa de forragem. Cândido (2003) verificou produtividade animal de 546 e 478 kgPV/ha/período, respectivamente, para o piquete observando período

de descanso correspondente à formação de 2,5 e 3,5 novas folhas/perfilho, valores superiores aos do presente experimento que foram de 403 (3,91x0,824x125) e 393 (4,14x0,76x125) kgPV/ha/período. Contudo, esses valores foram inferiores ao encontrado na pastagem mantida sob lotação contínua, de 636 (5,33x0,954x125) KgPV/ha/período, resultante do maior GMD e taxa de lotação (Tabela 10). Esse fato é inesperado, pois GMD e ganho/área são tidos como inversamente relacionados, e definidos pela pressão de pastejo (Moot, 1960). Provavelmente, o maior GMD dos animais sob lotação contínua deve-se às características estruturais mais favoráveis do dossel no horizonte de pastejo, conforme sugerido anteriormente. Já a maior taxa de lotação (Tabela 10) é o somatório de um conjunto fatores, como: a aplicação adicional de adubo (250 Kg/ha de adubo 20 – 05 – 20), melhor condição ambiental no momento das adubações (Figura 16 – em 03/12/2001/15/01/2002 e 01/03/2002) e maior pressão de pastejo.

A produção animal observada demonstra que essa cultivar apresenta uma grande amplitude de utilização, sendo possível um alto ganho por animal e por área, uma vez que, em razão do ajuste das características morfogênicas e estruturais em resposta à intensificação de uso (Capítulo 3), o acúmulo de folhas (KgMS/ha/dia) tende a ser insensível à variação na taxa de lotação dentro de uma amplitude de altura, de massa ou de IAF dossel (Capítulo 3).

Conclusões

As características estruturais: massa, altura e IAF mostraram-se insensíveis aos efeitos do período de descanso, porém sensíveis aos ciclos de pastejo, e principalmente, momento do período de pastejo. A relação folha / colmo respondeu à interação desses fatores evidenciando a relevância dos ciclos de pastejo e do momento do período de pastejo, em razão do pastejo seletivo praticado pelos animais.

O GMD dos novilhos não foi influenciado pelos períodos de descanso estudados.

Referências Bibliográficas

- ALLDEN, W.G.; WHITTAKER, I.A.McD. 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. **Australian Journal of Agricultural Research**, 21: 755-766.
- BRÂNCIO, P. A.; EUCLIDES, V. P. B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. et al. Consumo de matéria seca e ganho de peso por bovinos em pastejo na avaliação de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. (cd-rom).
- BURNS, J. C.; PONCE, K. R., FISHER, D. S. 1991. Effects of grass species on grazing steers. II – Dry matter intake and digest kinetics. **J. Animal Science**, 69(3): 1199 – 1204.
- CÂNDIDO, M. J. D. **Morfofisiologia e crescimento do dossel e desempenho animal em *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente com três períodos de descanso.** Viçosa, MG: UFV. 2003. 134p. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Federal de Viçosa. 2003.
- CANTARUTTI, R. B.; FONSECA, D. M.; SANTOS, H. Q. et al. Adubação de Pastagens – Uma análise crítica. Simpósio sobre manejo estratégico de pastagens. Eds. Obeid, J. A., Pereira, O. G., Fonseca, D. M. et al. Viçosa: UFV. p. 43 – 84, 2002.
- CARVALHO, D. D. **Leaf morphogenesis and tillering behaviour in single plants and simulated swards of Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) cultivars.** Palmerston North, New Zealand: Massey University, 2002. 186p. *Doctor of Philosophy* (Plant Science), Massey University, 2002.
- CHACON, E.; STOBBS, T.H. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, 27: 709-727.
- Comissão de Fertilidade Do Solo de Minas Gerais – Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. Ribeiro, A. C., Guimarães, P. T. G., Álvares V., V. H.. Viçosa: MG, p. 359, 1999.
- CORSI, M.; AGUIAR, R. N. Sistema de manejo de pastagem e sustentabilidade. In: Forragicultura e pastagens: temas em evidência – sustentabilidade. Eds. Evangelista, A. R., Reis, S. T., Gomide, E. M.Lavras, MF, 2003, p. 227-267, 2003.
- DOUGHERTY, C. T.; COLLINS, M.; BRADDLEY, N. W, et al. 1990. Moderation of ingestive behaviour of beef cattle by grazing-induced changes in Lucerne swards. **Grass and Forage Sci.**, 45: 135 – 142.
- EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; VALÉRIO, J. R. et al. Cultivar Massai (*Panicum maximum*) a new forage option: adaptability and productivity. In **Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 37, (CD-ROM - For 0397), Viçosa: SBZ. 2000.
- EUCLIDES, V.P.B.; THIAGO, L.R.L.S.; MACEDO, M.C.M. et al. 1999. Consumo voluntário de forragem de três cultivares de *Panicum maximum* sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 28: 1177-1185.
- FULKERSON, W.J.; SLACK, K. 1994. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*. 1. Effect of water-soluble carbohydrates and senescence. **Grass and Forage Science**, 49: 373-377.

- FULKERSON, W.J.; SLACK, K. 1995. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*. 2. Effect of defoliation frequency and height. **Grass and Forage Science**, 50: 16-20.
- GARCEZ NETO, A.F.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; REGAZZI, A.J. et al. 2002. Respostas Morfogênicas e Estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 31: 1890-1900.
- GIFFORD, R. M.; MARSHALL, C. 1973. Photosynthesis and assimilate distribution in *Lolium multiflorum* Lam. following differential tiller defoliation. **Aust. J. Biol. Sci.**, 26: 517-526.
- 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. 2000. Morfogênese de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29: 341-348.
- GOMIDE, J. A.; ZAGO, C. P. 1980. Crescimento e recuperação do capim colônia após corte. **Rev. Soc. Bras. Zootec.**, 9: 293-305.
- HODGSON, J. **Grazing Management: Science into practice. Herbage Production and Utilization**. New York. John Wiley & Sons, 1990.
- JANK, L.; SAVIDAN, Y.; SOUZA, M. T. et al. 1994. Avaliação de germoplasma de *Panicum maximum* introduzido da África. 1. Produção forrageira. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 23: 433-440.
- LAWLOR, D.W. 1995. Photosynthesis, productivity and environment. **Journal of Experimental Botany**, 46: 1449-1461.
- 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.
- PARSONS A. J.; JOHNSON I. R.; WILLIAMS J. H. H. 1988. Leaf age structure and canopy photosynthesis in rotationally and continuously grazed swards. **Grass and Forage Sci.**, 43: 1-14.
- PARSONS, A. J.; PENNING, P. D. 1988. The effect of duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and average rate of growth in a rotational grazed sward. **Grass and forage**, 43: 15-27.
- RODRIGUES, L. R. A.; REIS, R. A. Bases para o estabelecimento do manejo de capins do gênero *Panicum*. In: Peixoto, A. M., Moura, J. C., Faria, V. P. eds. **Anais do 12º Simpósio sobre Manejo da Pastagem**. O capim Colônia. Piracicaba: FEALQ, 12, p. 197 – 218, 1995.
- RYLE, G. J. A.; POWELL, C. E. 1975. Defoliation and regrowth in the graminaceous plant: The role of current assimilate. **Ann. Bot.**, 39: 297-310.
- RYLE, G. J. A.; POWELL, C. E. 1972. The export and distribution of ¹⁴C-labelled assimilates from each leaf on the shoot of *Lolium temulentum* during reproductive and vegetative growth. **Ann. Bot.**, 36: 363-375.

- SANTOS, P.M.; CORSI, M.; BALSALOBRE, M.A.A. 1999. 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**, 28: 244-249.
- SAS. INSTITUTE INC. 1990. **SAS/STAT User's Guide**. Version 6,4 ed., v.1, Cary, NC:SAS Institute Inc. 943p.
- STOBBS, T.H. 1973. 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**, 24: 821-829.
- WOODWARD, J. R. 1997. Formulae for predicting animal daily intake of pasture and grazing time from bite weight and composition. **Livestock Productions Sci.**, 52: 1 – 10.

8. CAPÍTULO V

Crescimento do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça

RESUMO: Em piquetes de capim *Panicum maximum* cv. Mombaça, acompanhou-se a evolução da massa, do índice de área foliar (IAF), da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (IRFA), da eficiência do uso da radiação (EUR) pós-pastejo, no verão e outono. Para melhor compreender o crescimento do dossel, também foi realizada, concomitantemente, uma análise de crescimento, estimando-se a taxa de crescimento relativo (TCR), a taxa assimilatória líquida (TAL) e a razão de área foliar (RAF) da gramínea. Todas as variáveis basearam-se em estimativas semanais, realizadas aos 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias de rebrotação pós-pastejo. A IRFA evoluiu assintoticamente, sem diferença entre o verão e outono; também o IAF mostrou o mesmo padrão de resposta, com valores mais altos no verão. Para ambas estações, a massa apresentou padrão de resposta quadrática em função do tempo de rebrotação. A EUR foi mais alta no verão que no outono, em razão da menor precipitação desse período. A eficiência do crescimento do dossel, medida pela TCR, mais alta no período de verão que no outono, decresceu assintoticamente com a evolução da rebrotação em ambos períodos. Enquanto a TAL caiu durante a rebrotação, a RAF, experimentou incrementos até um ponto de máximo, tanto no verão como no outono e, posterior progressiva redução.

Palavras-chave: índice de área foliar, interceptação da radiação, taxa de crescimento relativo, taxa assimilatória líquida e razão de área foliar

Introdução

A produção de massa de forragem é o principal componente que define a capacidade de suporte das pastagens; por isso, cada vez mais se procura conhecer seus componentes, e principalmente, compreender como as estratégias de manejo (adubação, irrigação, ajuste da carga animal e outros) afetam esses componentes. A produção de massa sofre influência de fatores extrínsecos, como a radiação, a temperatura, a umidade do solo e outros, e intrínsecos do próprio dossel, dentre eles a eficiência de captação e utilização dos recursos disponíveis. Matematicamente, a produção de massa é estimada a partir da quantidade de radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFA) interceptada, da eficiência de uso desta radiação (EUR) e do índice de colheita (IC) (McKenzie et al., 1999). A RFA incidente é o único parâmetro do modelo apresentado acima, que não é influenciado pelas estratégias de manejo.

A interceptação da RFA guarda estreita relação com vários fatores como o índice de área foliar (IAF) (Pearce et al., 1965), ângulo foliar (Sheehy e Cooper, 1973 e Sugiyama et al., 1985) além das propriedades óticas das folhas. No início do desenvolvimento, cada incremento em IAF representa incremento proporcional em IRFA; entretanto, posteriormente, decresce o incremento da IRFA em resposta ao incremento do IAF (Cândido, 2003). O IAF é determinado indiretamente pelas condições de ambiente, uma vez que elas influenciam as características morfo-estruturais do dossel (Lemaire, 1997). Contudo, o manejo tem papel fundamental na evolução do IAF, ao determinar diretamente a área foliar residual e, indiretamente, o IAF_{final}, através da quantidade e qualidade da radiação que se distribui pelo perfil do dossel. Além disso, outras características relacionadas às folhas que compõem o IAF, como a arquitetura e as propriedades óticas também interferem na IRFA.

A EUR, outro importante parâmetro da produção de massa, que define a quantidade de massa produzida para cada unidade de radiação fotossinteticamente ativa interceptada, tem recebido pouca atenção em estudos de plantas forrageiras. Inúmeros são os fatores que determinam a EUR que, segundo Lê Roux et al (1997), é raramente constante durante o ciclo da vegetação e pode variar conforme o estágio fenológico e as condições de ambiente. A EUR guarda estreita relação com a produção de folhas, a capacidade fotossintética das folhas, e depende da partição de assimilados (Le Roux et al, 1997).

O IC refere-se à relação entre o produto de interesse econômico, como por exemplo os grãos em cultivo de cereais, e a produção total de massa (Beadle, 1993). Em forrageiras

utilizadas para o pastejo, a folha é o produto econômico. Assim, as estratégias de manejo visam estabelecer uma faixa de insensibilidade da produção líquida de folhas, relativamente a fatores como massa e IAF do dossel (Birchan e Hodgson, 1983).

A análise de crescimento é ferramenta valiosa que facilita a compreensão das adaptações morfofisiológicas da planta às condições de meio e manejo a que ela é submetida, definindo o seu crescimento e desenvolvimento. Segundo Beadle (1993) e Radford (1967), apenas duas características: (1) o peso seco total da massa da planta por unidade de área de solo e (2) a dimensão do sistema assimilatório por unidade de área de solo, são requeridas para uma simples análise de crescimento. Neste tipo de estudo, interessam os seguintes índices fisiológicos: taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida (TAL), além dos índices morfológicos: razão de área foliar (RAF), razão de peso foliar (RPF) e área foliar específica (AFE) (Radford, 1967, Bennincasa, 1988, Hunt, 1990 e Bleade, 1993).

A TCR, definindo a eficiência do crescimento do dossel, é o produto do componente morfológico, a RAF, pelo componente fisiológico, a TAL. Em capim-Mombaça, a TCR apresentou comportamento decrescente com o avanço da rebrotação, variando de 0,17 a 0,02 g g⁻¹ dia⁻¹, do 5º ao 45º dia, pós-pastejo (Cândido, 2003). Contudo, esse valor foi bem mais elevado, em torno de 0,7 g g⁻¹ dia⁻¹, quando o capim-Mombaça foi cultivado em vaso, com ausência de competição entre plantas, com irrigação e com adubação mais elevada (Gomide e Gomide, 1999), indicando que a TCR é bastante variável, e depende das condições de ambiente e manejo.

A RAF reflete o tamanho do aparelho fotossintético em relação a massa da planta. Valores de RAF para o capim-Mombaça da ordem de 0,023 a 0,012 m² g⁻¹ foram relatados por Cândido (2003). Apesar de alguns trabalhos enfocarem queda da RAF durante todo o período de rebrotação avaliada (Cândido, 2003 e Oliveira et al., 2000) indicando translocação preferencial para as hastes, a prioridade da planta é a reconstituição da área foliar (AF), e portanto, a RAF se eleva após a desfolhação até um ponto de máximo, e posteriormente, tende a reduzir com a rebrotação (Gomide, 2001). Assim a AF residual define o comportamento da RAF após a desfolhação.

A TAL representa o balanço entre a fotossíntese e respiração (Lambers, 1987 e Lambers et al., 1989), podendo ser positiva ou negativa, em função das condições de meio e manejo a que a planta é submetida. Ela representa a eficiência do aparelho fotossintético, pois reflete o incremento em massa por unidade de área foliar por dia. Para o capim-Mombaça, sob condição de campo, a TAL decresceu de 8,0 a 2,4 g m⁻² dia⁻¹, ao longo da

rebrotção, no início da rebrotção após roçada, mas chegou a atingir valores negativos em rebrotções pós-pastejo posteriores (Cândido, 2003).

Poorter (1989) avaliando o efeito da RAF e da TAL sobre a TCR, em espécies herbáceas do tipo C₃, incluindo gramíneas e leguminosas, observou que a TAL apresentou correlação negativa e significativa, mas de pequena magnitude com a TCR, enquanto, a correlação entre TCR e RAF foi positiva e altamente significativa. Entretanto, esse comportamento é controvertido para as gramíneas tropicais, como por exemplo para o capim-Mombaça (Cândido, 2003 e Gomide, 2001) e tifton 85 (Oliveira et al., 2000), e parece ser dependente das condições a que planta é submetida.

A sazonalidade de produção de massa de forragem ao longo do ano é um fato comumente enfocado como uma das causas da baixa produção animal ao longo do ano. Mas, no período das águas, onde se concentra o crescimento das forrageiras, existem situações em que o crescimento da planta tende a ser comprometido. O estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar ao longo do período das águas, o efeito da evolução do IAF, da IRFA, e da EUR sobre a massa durante a rebrotção do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça, em duas situações, em pleno período de verão e no outono, e concomitantemente, realizar uma análise de crescimento, dando ênfase à TCR, à TAL e à RAF.

Material e Métodos

Na Central de Experimentação, Pesquisa e Extensão do Triângulo Mineiro (CEPET/UFV), localizada no município de Capinópolis, MG, situada a 18°41' de latitude Sul e 49°34' de longitude Oeste, foi realizado em áreas de pastagem de capim *Panicum maximum* cv. Mombaça, o acompanhamento da evolução da rebrotção pós-pastejo do dossel, em dois períodos distintos. O primeiro compreendeu o intervalo de rebrotção de 15/01/2002 a 06/03/2002, num total de 50 dias de verão, e o segundo de 04/03/2002 a 16/04/2002, compreendeu 43 dias, correspondente ao outono. Foram utilizados dois piquetes, um para cada período.

A avaliação da evolução da rebrotção foi realizada após o segundo e terceiro pastejos, respectivamente, para o piquete do período de verão e de outono. Ao início da rebrotção, cada piquete recebeu adubação em cobertura de 250 Kg ha⁻¹ do adubo 20 – 05 – 20.

As condições de ambiente, durante o período experimental, foram registradas por uma estação meteorológica instalada a 50 metros da área experimental. Os registros de

insolação diária (brilho solar) foram convertidos em radiação, segundo Vianello e Alves (2000), conforme a expressão da irradiância solar global, como:

$$R_g = R_0 (a + b n/N),$$

em que: R_g – irradiância solar global diária sobre uma superfície horizontal, ao nível do solo ($J\ m^{-2}$); R_0 – irradiância solar global diária no topo da atmosfera, ($J\ m^{-2}$); a , b – coeficientes empíricos, obtidos por análise de regressão linear para uma determinada localidade; n – duração, em horas, do brilho solar; N - duração astronômica do período diurno (horas). Esse valor (R_g) foi multiplicado por 0,5, para estimar a radiação fotossinteticamente ativa diária (RFAd) ($MJ\ m^{-2}$). A partir desses valores, realizou-se o somatório da RFAd e obteve-se a radiação fotossinteticamente ativa total (RFAt) ao longo de cada período estudado.

Durante a rebrotação, amostrou-se o dossel dos piquetes, a partir do 7º dia, a intervalos semanais, num total de 7 e 5 colheitas, respectivamente, para o período de verão e outono. Em cada data de amostragem, foram efetuadas quatro colheitas da massa a 20 cm do solo, contida em molduras de $1 \times 1,5\ m$. Os pontos de amostragem eram representativos da condição média do dossel, ao momento da saída dos animais. O material referente a cada moldura foi levado ao laboratório, onde se processou a separação em: lâmina foliar e colmo. Uma subamostra de cada componente foi secada em estufa de ventilação forçada a $65^\circ C$ e pesada. A partir dos dados obtidos, estimou-se a massa verde total (BVT), de lâmina foliar (BF) e de colmo (BC). No restante da amostra de lâmina foliar, foi estimada a área foliar, conforme Capítulo 4 da tese.

Antes da amostragem destrutiva, foram efetuadas leituras da interceptação de radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) e o índice de área foliar (IAF) dos pontos de amostragem, utilizando-se o sistema de análise de dossel – SUNSCAN (Delta-T, Cambridge, Inglaterra). Para obtenção da eficiência de uso da radiação (EUR), ajustou-se uma regressão linear entre os valores de RFAt interceptada e BT.

A dinâmica do perfilhamento ao longo da rebrotação foi acompanhada. A princípio seriam identificadas três touceiras representativas, nas quais, semanalmente, seriam identificados, com anéis coloridos, os perfilhos surgidos e mortos. Em virtude do grande número de perfilhos por touceiras, em torno de 300 perfilhos, optou-se por identificar porções restritas da touceira. Assim, em três touceiras representativas do piquete, foram posicionados quatro aros de PVC de 6 polegadas de diâmetro para cada touceira, e nessa área foi realizado o acompanhamento semanal da evolução (aparecimento e morte) dos

perfilhos. Este procedimento permitiu que o trabalho fosse executado com mais facilidade, mas a densidade populacional de perfilhos ficou restrita à área da touceira amostrada.

A partir dos dados de BTV 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 da equação quadrática da BT 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:

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

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

em que, W = valor instantâneo da massa de forragem verde seca, estimado a partir da respectiva equação quadrática (g m^{-2}); AF = valor instantâneo da área foliar estimado a partir da respectiva equação quadrática ($\text{m}^2_{\text{folha}} \text{m}^{-2}_{\text{solo}}$); dW/dt = equação derivada primeira da respectiva equação quadrática da massa de forragem verde seca em função do tempo de rebrotação ($\text{g m}^{-2} \text{dia}^{-1}$).

O valor instantâneo da razão de área foliar (RAF) foi obtido pelo quociente entre os valores de AF e BTV obtidos para cada idade. Equações foram ajustadas às estimativas de TCR, TAL e RAF, em função das respectivas idades de amostragem.

Resultados e Discussão

As condições médias de ambiente prevalecentes nos períodos de verão e outono são resumidas na Tabela 11. Esses valores referindo-se ao período de avaliação de cada dossel, não refletem a real diferença entre verão e outono, quanto à maioria das variáveis de ambiente apresentadas. A grande diferença entre os dois períodos se restringe à precipitação pluvial e à evaporação.

Tabela 11– Médias das temperaturas máxima (Tmax), média (Tmed) e mínima (Tmin), da radiação fotossinteticamente ativa incidente (Rad Inc), da umidade relativa (UR) e total de precipitação (Ppt) e evaporação (Evap) na área experimental durante o período de verão e do outono de 2001

Época	Tmax (°C)	Tmed (°C)	Tmin (°C)	Rad Inc (MJ m ⁻²)	UR (%)	Ppt (mm)	Evap (mm)
Verão	30,22±2,2	25,50±1,7	20,78±1,4	17,21	80,86±8,4	460,1	135,6
Outono	31,85±1,6	26,20±1,3	20,48±1,3	17,55	72,46±8,8	144,7	248,0

Verão – 15/01/2002 – 06/03/2002, outono 04/03/2002 – 16/04/2002

A radiação luminosa incidente sobre a superfície do dossel é mais intensa e constituída de todas as ondas do espectro solar. Todavia, à medida que percola pelo perfil do dossel, a luz é interceptada pelas sucessivas camadas de folhas de maneira preferencial na faixa do azul e vermelho (Sugiyama et al., 1985). Assim a luminosidade que alcança a base do dossel é fraca e sua relação vermelho/vermelho extremo (v/ve) é estreita, condição que inibe o desenvolvimento das gemas basilares em perfilhos. Resultados experimentais de Deregibus et al. (1983, 1985) e Wan Sosebee (1998) evidenciam alta e direta associação do perfilhamento com a relação v/ve do ambiente luminoso no nível do solo.

A reconstituição da área foliar do dossel após o período de pastejo decorre da emissão de novas folhas pelos meristemas terminais dos perfilhos não decapitados, assim como do desenvolvimento de novos perfilhos. A intensidade do perfilhamento guarda alta correlação com a intensidade e qualidade da luz que alcança as gemas basilares ao nível do solo. Assim, a intensidade do perfilhamento do dossel decresce à medida que cresce seu IAF, tornando-se nulo para um $IAF \geq 3,0$ (Simon e Lemaire, 1987). Por outro lado, Korte et al. (1982) relataram comprometimento do perfilhamento em relvado de azevém perene interceptando quase toda luz incidente. Esses resultados explicam o intenso perfilhamento verificado nas duas primeiras semanas após a saídas dos animais (Figura 18), reduzindo-se drasticamente após a terceira semana, para um IAF em torno de 3,58 – 4,23 (Figura 19), com a IRFA próxima aos 90% de interceptação (Figura 20). Observou-se também entre a primeira e a segunda semanas, uma redução da população dos perfilhos que já se encontravam na área após a saída dos animais.

Em ambos períodos avaliados referentes ao verão e outono, o IAF do piquete de capim Mombaça evoluiu segundo um padrão de resposta assintótica à duração do período de descanso (Figura 19), observando-se, entretanto, mais altos valores de IAF no verão, relativamente ao outono.

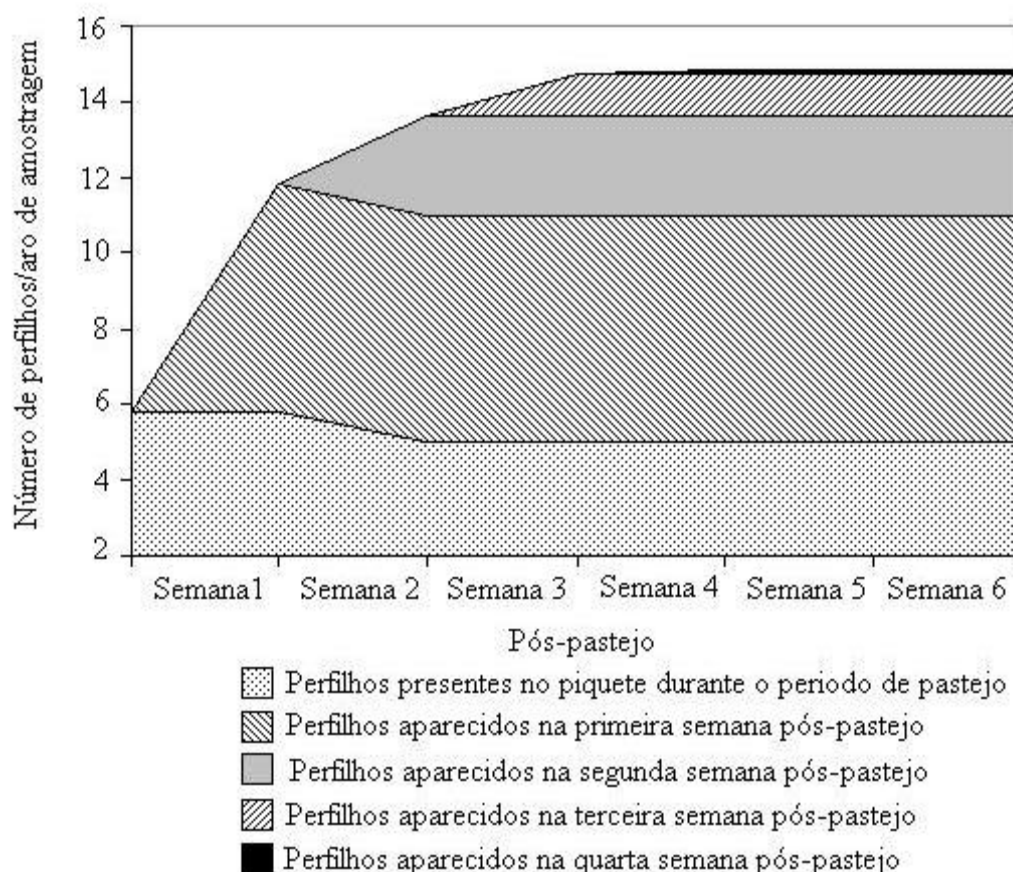


Figura 18 - Evolução do perfilamento durante a rebrotação do dossel do capim Mombaça pastejado no período de outono.

A diferença dos valores de IAF entre o verão e outono deve ser atribuída principalmente: à mais alta pluviosidade do período de verão e maior evaporação no período de outono, assim como à maior massa residual inicial do piquete avaliado no verão. A perda de turgescência celular em resposta à queda no potencial hídrico do solo (Taiz e Zeiger, 1998) reduz a taxa de alongamento foliar (Mattos, 2001), afetando por conseguinte o tamanho da folha e área foliar da planta. Por outro lado, a maior área foliar residual do período de verão, teria resultado em menor eliminação dos meristemas terminais, favorecendo rápida e vigorosa rebrotação (Gomide, 1988).

Vale mesmo enfatizar o acentuado incremento do IAF no verão, atingindo valores próximos de 8,0, praticamente o dobro do período de outono, que foi em torno de 4,0.

Diferentemente da evolução do IAF, a evolução da IRFA (Figura 20) não apresenta apreciável diferença entre verão e outono. Embora a IRFA tenha sido inicialmente mais alta no verão, esta diferença desapareceu com o decorrer da reconstituição da área foliar da gramínea, e após 35 dias de rebrotação, foi superior a 95%, independentemente dos períodos avaliados, apesar do menor valor de IAF final alcançado no outono.

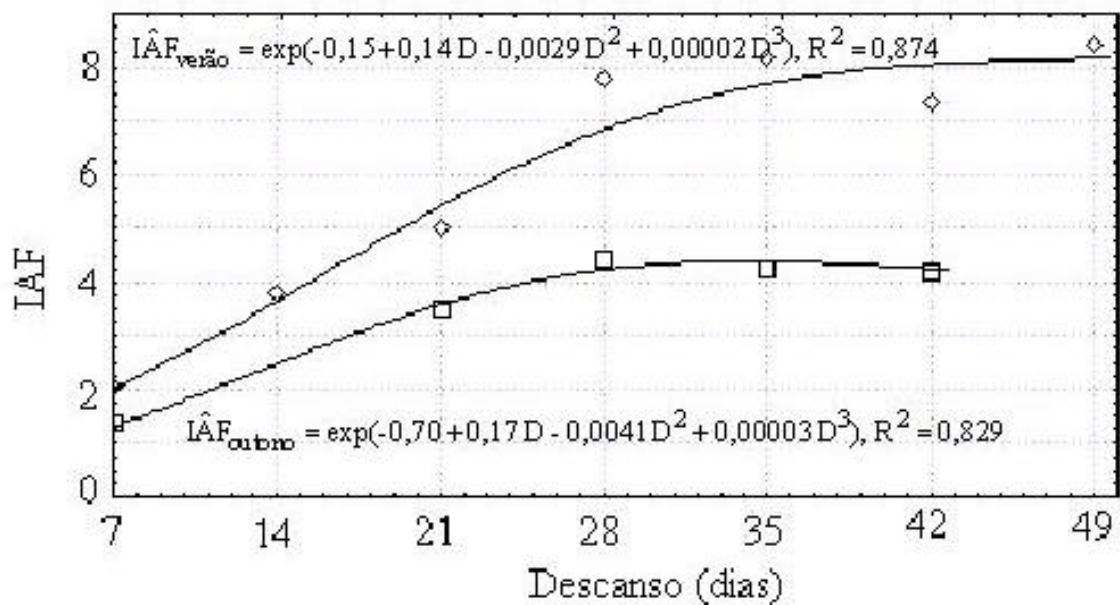


Figura 19 - Índice de área foliar (IAF) do capim *Panicum maximum* cv. Mombaça durante a rebrotação após pastejo no verão e outono.

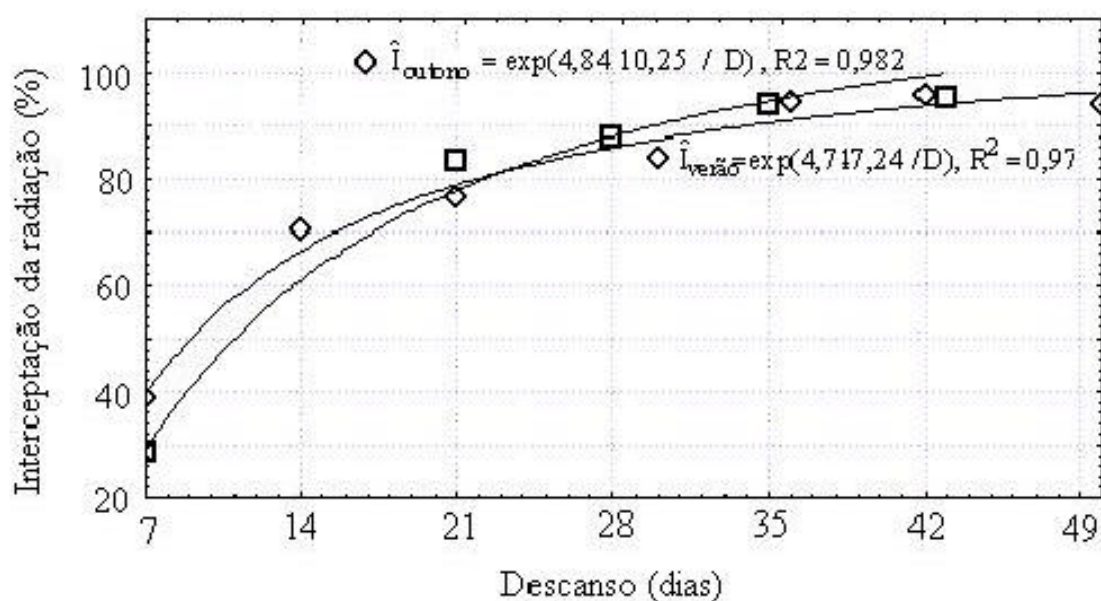


Figura 20 - Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) do capim *Panicum maximum* cv. Mombaça durante a rebrotação após pastejo no verão e outono.

A explicação para a ausência de diferença na IRFA, apesar da grande variação do IAF, decorreria da diferença entre os piquetes avaliados no verão e outono, relativamente às suas características estruturais iniciais de altura e massa da vegetação, mais alta no piquete avaliado no verão que naquele avaliado no outono. Assim, o dossel da vegetação avaliada no verão apresentava-se mais ereto, enquanto a vegetação do outono desenvolveu folhas mais horizontais, com mais alto coeficiente de extinção e, portanto, maior eficiência

de interceptação de luz (Sheehy e Cooper, 1973 e Sugiyama et al., 1985). Contudo, estas características são dependentes da resposta do dossel, e portanto, seu efeito é mais evidente no final do período de rebrotação, pois o maior valor de IAF no início do período de verão determina maior IRFA, que se estende até aproximadamente os 21 dias de rebrotação (Figura 20).

A evolução da massa aérea de forragem verde total (BTV) do capim Mombaça, após a saída dos animais dos piquetes, seguiu padrão quadrático (Figura 21).

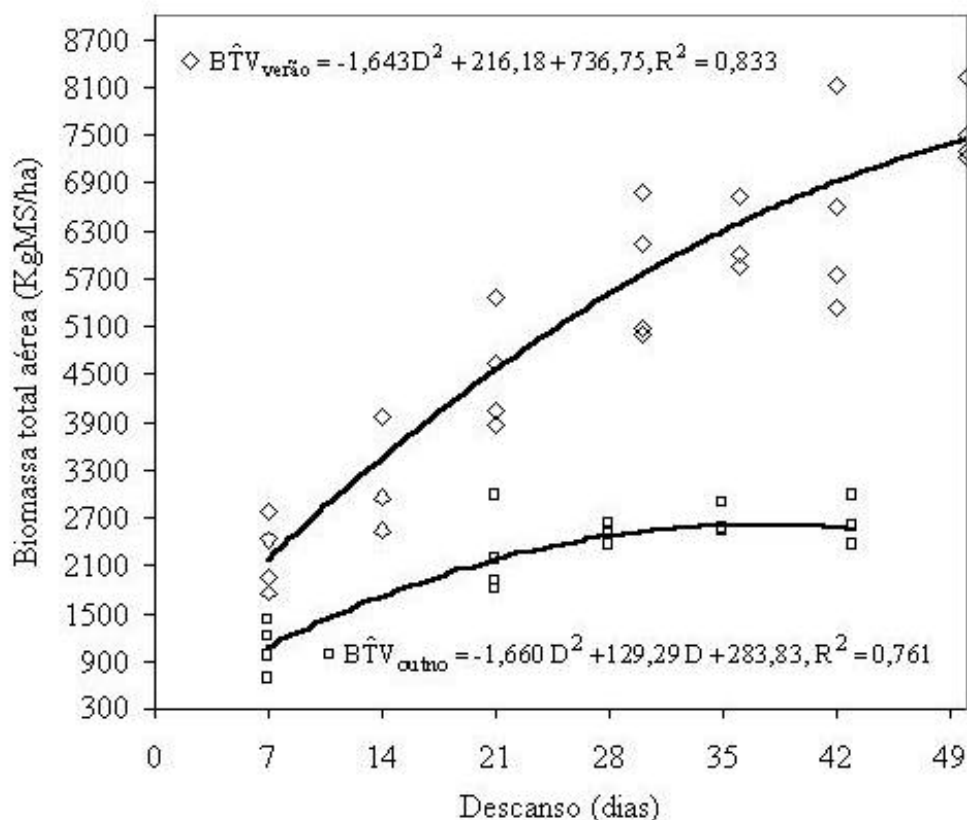


Figura 21 - Massa de forragem verde total do capim *Panicum maximum* cv. Mombaça durante a rebrotação após pastejo no verão e outono.

O maior acúmulo de BTV observado durante o verão decorreria das razões já apresentadas quando da discussão da evolução do IAF, isto é, melhores condições de pluviosidade e massa residual mais alta no verão que no outono.

Visto que as estimativas de massa resultam de amostras realizadas a 20 cm do solo, deve-se admitir que o acúmulo de massa no verão está superestimado, pois inclui boa parte da massa residual. Tal circunstância é crítica principalmente ao se considerar a massa relativa às primeiras semanas de rebrotação. De qualquer maneira, é válida a constatação do maior acúmulo de forragem no verão, relativamente ao outono.

O acúmulo de BTV no dossel resulta da eficiência da interceptação da luz incidente pelo dossel, do diferencial entre a expansão de novas folhas e desenvolvimento de novos perfilhos e a senescência e morte de perfilhos, bem como da intensidade do processo de alongamento de colmos no dossel.

Na fase inicial de rebrotação, o incremento de massa decorre principalmente das novas folhas expandidas e de novos perfilhos desenvolvidos. Todavia, à medida que o dossel se fecha e intercepta praticamente toda a radiação luminosa incidente, intensifica-se o processo de senescência e morte das folhas mais velhas, ao mesmo tempo em que o perfilhamento é inibido, conforme já comentado. Nestas condições, o dreno perfilhamento é substituído pelo dreno alongamento de colmo, o que propicia a continuação do incremento de massa no dossel fechado, interceptando praticamente toda luz incidente. Ocorreria, assim, alteração na partição de fotoassimilados para a formação de colmo em detrimento ao perfilhamento. De fato, segundo Jewiss (1972) o alongamento de colmo é estimulado por fatores que inibem o perfilhamento e, segundo Smith (1982), Korte et al (1982) e Cândido (2003), o sombreamento favorece o alongamento do colmo.

O alongamento do colmo propicia alteração na estrutura do dossel, caracterizado pelo distanciamento entre folhas do perfilho bem como pelo aumento do ângulo foliar relativamente ao solo. Com tais características, o dossel apresenta menor coeficiente de extinção de luz, menor capacidade de interceptação da radiação luminosa (Sugiyama et al., 1985 e Sheehy e Cooper, 1973). Tais condições, propiciando a penetração da luz, prolongam o período em que a IRFA permanece estável abaixo do seu valor máximo (100%). Como resultado, a fotossíntese líquida do dossel é favorecida, propiciando incremento de massa de colmo sob condições de dossel quase fechado.

A exemplo da diferença entre verão e outono quanto ao IAF, também se observam diferenças entre estas duas estações quanto a BTV (Figura 21), de colmo (BC) (Figura 22) e de folhas (BF) (Figura 23). A restrição hídrica, no outono teria resultado na síntese de ácido abscísico a partir dos carotenóides do sistema radicular, estimulando a senescência e morte de folhas, além da redução na produção da massa aérea em benefício do sistema radicular (Larcher, 1995). Além disso, o comprometimento da distribuição da radiação fotossinteticamente ativa pelo perfil do dossel, em função do pequeno alongamento de colmo, cria condições de luminosidade abaixo do ponto de compensação de luz, induzindo a senescência e morte foliares.

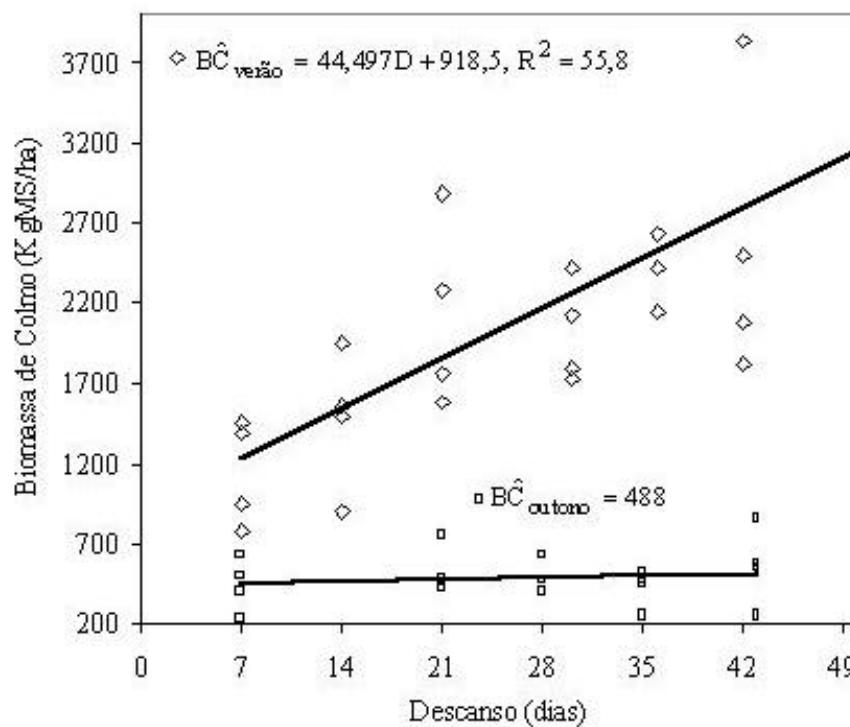


Figura 22 - Massa de colmo do capim *Panicum maximum* cv. Mombaça durante a rebrotação após pastejo no verão e outono..

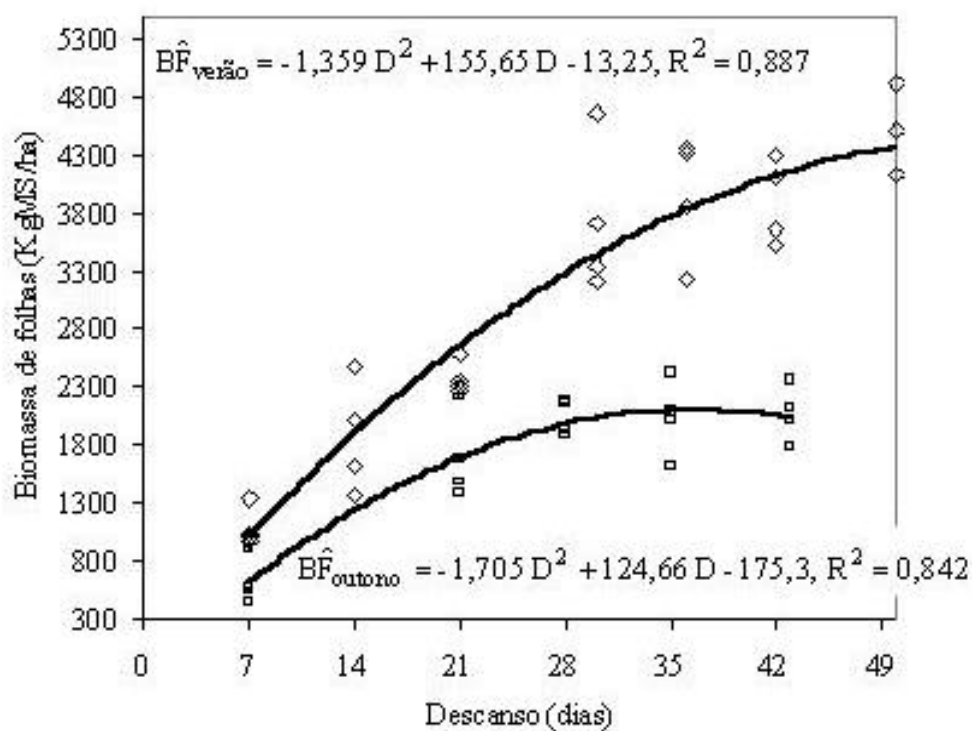


Figura 23 - Massa de folhas verdes do capim *Panicum maximum* cv. Mombaça durante a rebrotação após pastejo no verão e outono.

Os altos valores obtidos para a BC no verão devem, também, serem considerados com cautela, pois estariam também superestimados, em razão das mesmas considerações feitas para as estimativas de BTV. De qualquer maneira, a estimativa média de 44,5 Kg/ha/dia de incremento de massa de colmo no verão pode ser considerada confiável.

Diferentemente das estimativas da BTV e BC, não se acredita em superestimativa na evolução de BF (Figura 23), pois na saída dos animais do piquete se observou que a contribuição das massas residuais de folha, no verão e outono, era mínima. Também da Figura 23 conclui-se o maior crescimento do dossel no verão em relação ao outono, sendo observada massa próxima a 4000 e 2000 Kg/ha após o 42º dia de descanso no verão e no outono, respectivamente.

Da Figura 24, que relaciona a BTV com a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa interceptada ($\Sigma RFAI$), observa-se que o acúmulo de massa em resposta à radiação interceptada foi acentuadamente mais elevado no verão que no outono. O coeficiente angular da equação linear ajustada aos dados de BTV e $\Sigma RFAI$ representa a eficiência de uso da radiação (EUR) (Bélanger et al., 1992). Os coeficientes angulares foram de 1,76 e 0,54 gMS/MJ, respectivamente, para o verão e outono. As diferenças observadas são atribuídas aos mesmos fatores que determinaram a maior BTV no verão, principalmente a maior precipitação.

A reduzida precipitação durante o outono, teria resultado em estresse hídrico, aumentando a resistência estomática, assim comprometendo a capacidade fotossintética do dossel (Mattos, 2001). Além disso, a redução de 69,3% da EUR pode ter sido em parte influenciada pela partição de assimilados em benefício do sistema radicular, reduzindo a relação parte aérea/raiz em plantas submetidas a estresse hídrico, conforme observado em capim do gênero *Cynodon* (Oliveira, 2002).

A EUR observada no verão, inferior ao valor médio de 2,5 gMS/MJ relatado por Le Roux et al. (1997) para cultura de metabolismo C_4 , compara-se favoravelmente com os valores de 0,4 a 0,9 gMS/MJ para o capim Mombaça sob pastejo (Cândido, 2003), na mesma área experimental. A EUR varia ao longo do ciclo da planta, em razão de alterações no número de novas folhas, na taxa fotossintética e respiração das folhas ou mudança na partição de assimilados, estágio fisiológico da vegetação, umidade do solo e adubação interferem (Le Roux et al., 1997).

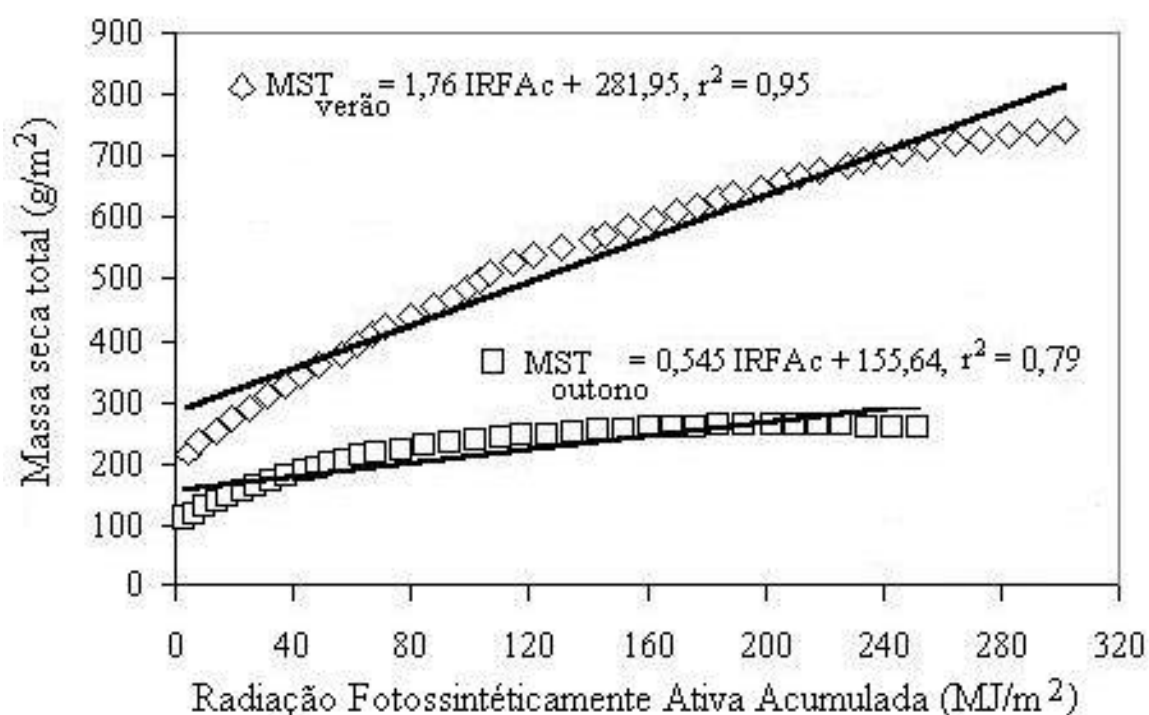


Figura 24 – Relação entre a massa de forragem e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada durante a rebrotação após o pastejo do capim *Panicum maximum* cv. Mombaça durante o verão e outono.

A taxa de crescimento relativa (TCR) do dossel de capim Mombaça decresceu durante o período de rebrotação segundo um padrão assintótico no verão, apenas, repetindo resultado de Cândido (2003) para a mesma gramínea e de Barbosa (2000) para o capim Tanzânia, sob pastejo de lotação intermitente. Entretanto, os valores de TCR ora apresentados são inferiores àqueles apresentados obtidos por Cândido (2003) e Barbosa (2000) para a gramínea Mombaça e Tanzânia, respectivamente. Vários fatores, como espécie ou cultivar (Ludlow e Wilson, 1970), estágio de crescimento (Evans, 1972, Pinto, 1993), além das condições de ambiente (Bennincasa, 1988) influenciam a TCR das culturas, através de seus efeitos sobre a RAF e TAL.

Verifica-se proximidade dos valores de TCR no início de rebrotação no verão e outono; entretanto, posteriormente, as curvas se afastam, em razão da mais rápida queda da TCR no outono, refletindo os efeitos negativos das condições de ambiente, principalmente, limitações hídricas (Figura 25).

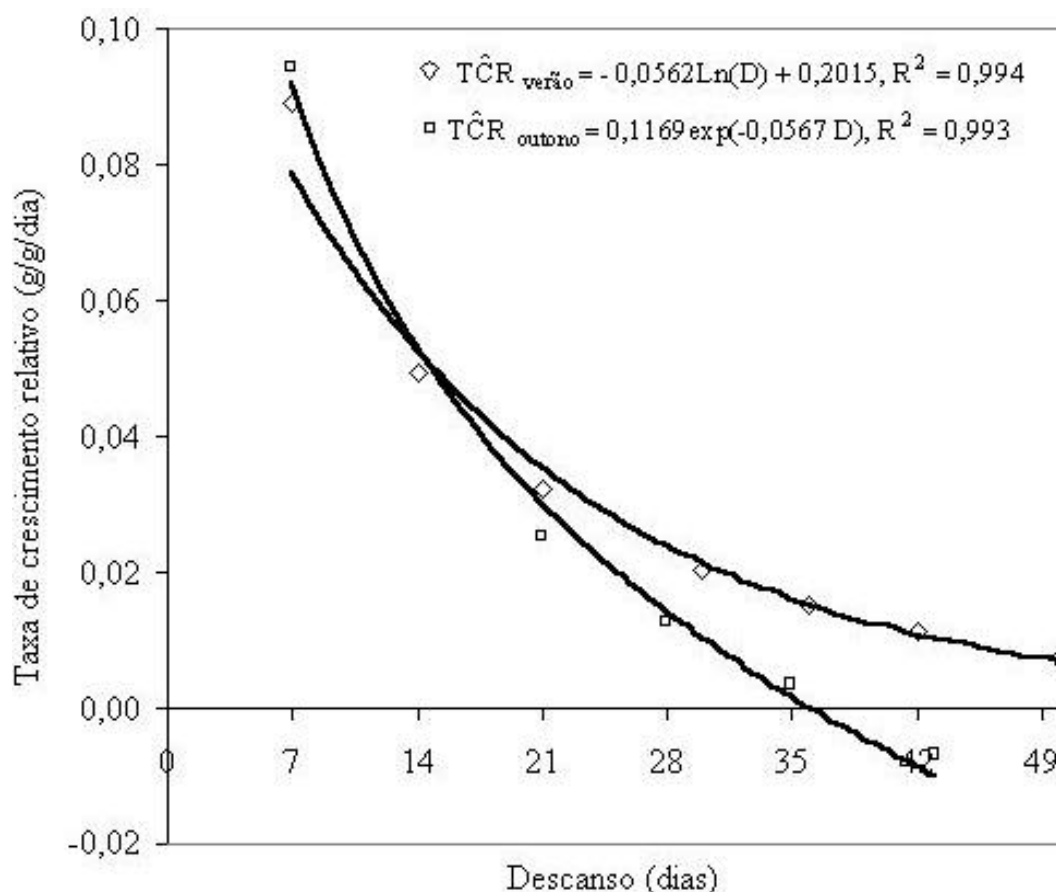


Figura 25 - Taxa de crescimento relativa (TCR) do capim *Panicum maximum* cv. Mombaça durante a rebrotação após pastejo no verão e outono.

A queda da TCR com o decorrer da rebrotação pode ser atribuído ao progressivo incremento no peso da planta, visto que a $\text{TCR} = (1/W) \cdot (dW/dt)$, assim como da diminuição nos valores de TAL e RAF, visto que a TCR resulta do produto destes dois índices de crescimento, o primeiro um componente fisiológico e o segundo, um componente morfológico.

Houve queda nos valores da TAL, segundo um padrão aproximadamente assintótico, no verão (Figura 26). Relatos semelhantes foram observados por Cândido (2003) e Oliveira et al. (2000) em estudo com capim Mombaça e capim Bermuda Tifton 85, respectivamente. Os mais altos valores iniciais de TAL, 7,6 e 8,1 g MS m⁻² dia⁻¹, respectivamente no verão e outono, são condizentes com aqueles obtidos para o capim Mombaça em rebrotação depois de roçada no período de novembro-dezembro (Cândido, 2003) e em casa de vegetação (Gomide, 2001).

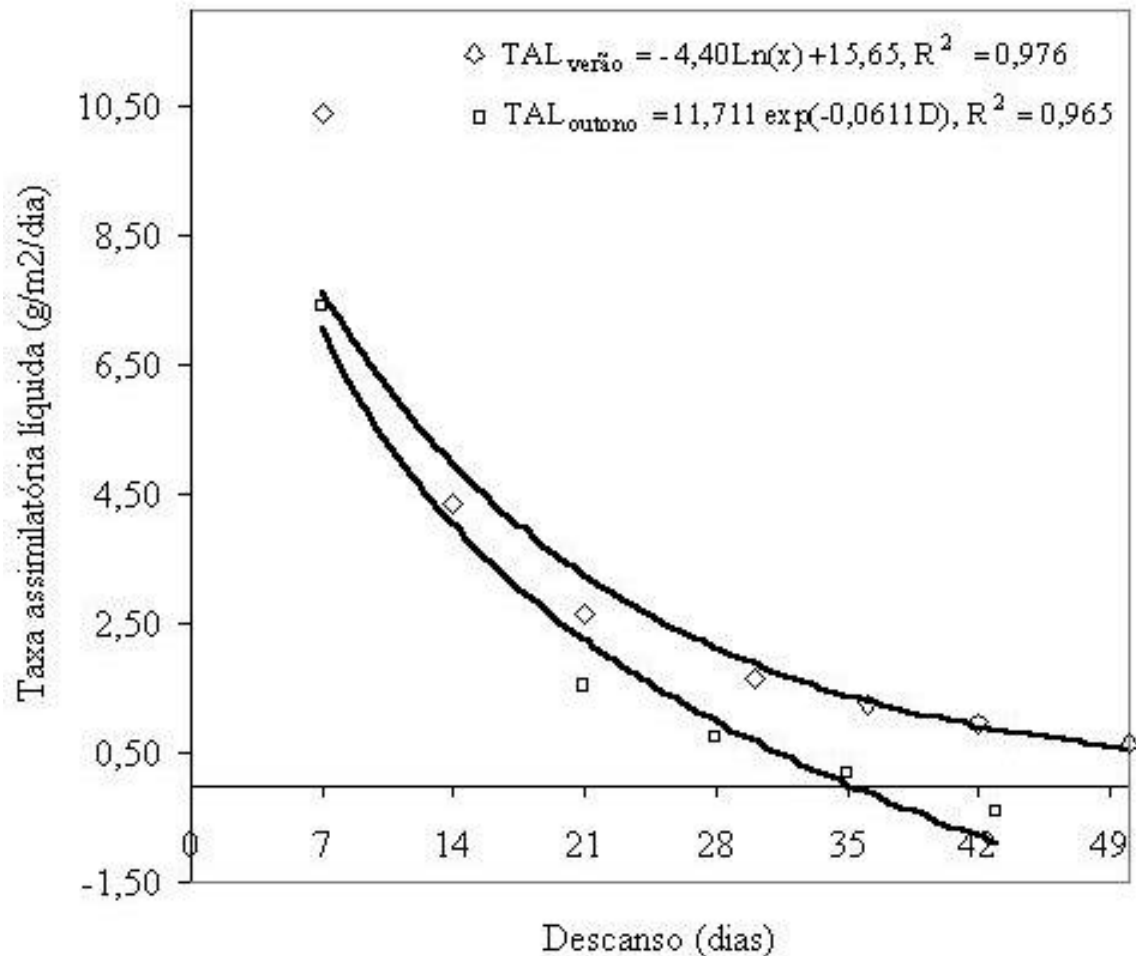


Figura 26 - Taxa assimilatória líquida (TAL) do capim *Panicum maximum* cv. Mombaça durante a rebrotação após pastejo no verão e outono.

A diminuição da TAL com o decorrer da rebrotação se atribui à queda na capacidade fotossintética bruta do dossel em razão do avanço da idade média se sua área foliar e sombreamento mútuo das folhas (Woledge, 1971, 1977 e Woledge e Leafe, 1976) e aumento da carga respiratória da planta, fatores que comprometem a fotossíntese líquida do dossel.

Os valores de RAF apresentaram grande variação ao longo da rebrotação, com valores entre 0,0093 – 0,0120 e 0,0129 – 0,0167 m² g⁻¹ (Figura 27), respectivamente, para o período de verão e outono, mas mesmo assim, estão de acordo com Cândido (2003), Gomide (2001) e Oliveira et al. (2000), os quais apresentaram também grande variação nos valores de RAF com o decorrer da rebrotação.

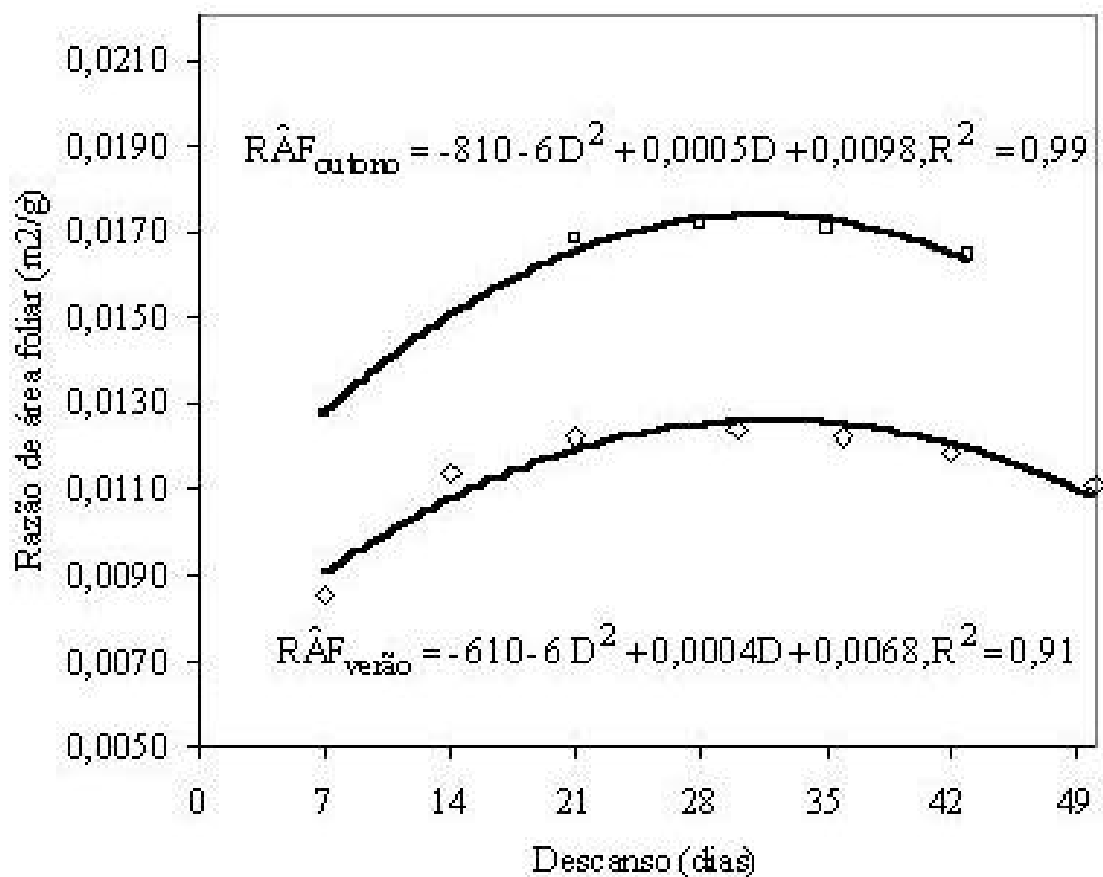


Figura 27 - Razão de área foliar (RAF) do capim *Panicum maximum* cv. Mombaça durante a rebrotação após pastejo no verão e outono.

Os valores de RAF, mais altos no outono que no verão, variaram ao longo do período de rebrotação segundo um padrão de resposta quadrática (Figura 27). Esse efeito não condiz com a suspeita de ocorrência de déficit hídrico na área experimental durante o período de outono, pois este tenderia a ocasionar queda na RAF (Oliveira, 2002), devido a um comprometimento na turgescência celular, e portanto, na expansão foliar. Contudo, este efeito provavelmente deve ter sido mascarado pela condição inicial de estrutura e massa do dossel no período de verão, em que o maior resíduo de forragem pós-pastejo acarretou maior quantidade de colmo (Figura 22), e portanto, menores valores de RAF (Figura 27).

Tanto no verão como no outono, a RAF cresceu inicialmente, caindo posteriormente, após alcançar máximo valor por volta do 28º dia de rebrotação. Os crescentes valores da RAF na fase inicial da rebrotação são atribuídos à grande massa residual do dossel ao tempo da saída dos animais, resultando em excesso de massa de colmo decorrente da amostragem a 20 cm do solo, relativamente à área foliar das novas folhas formadas durante as primeiras semanas de rebrotação. Assim, os valores de RAF

são inicialmente crescentes, conforme também observado por Gomide (2001) para estudo de rebrotação de capim Mombaça cultivado em vasos, após corte a 8 cm, às idades de 16 e 37 dias pós-emergência. Diferentemente dos fatos ora relatados, o padrão de evolução da RAF foi desde o início decrescente e assintótico em estudo desta cultivar em vaso, cortados ao nível do solo (Gomide e Gomide, 1999) e do capim Tifton 85, em estudo de parcelas a campo, também cortado ao nível do solo (Oliveira et al., 2000).

Conquanto, segundo Poorter (1989), a RAF seja fator determinante da TCR mais importante que a TAL ($TCR = RAF \times TAL$), no presente estudo, os valores de TCR guardaram melhor relação com os de TAL, pois ambas mostraram padrões de variação semelhantes, decrescentes segundo uma resposta assintótica, enquanto a RAF, mostrou um padrão de resposta quadrática com ponto de máxima.

Conclusões

O capim-Mombaça mostrou mais alta produção de massa, mais rápida evolução de IAF e eficiência de uso da radiação no verão que no outono. Também maiores taxa de crescimento relativa e taxa assimilatória líquida foram observadas para o período de verão. A superioridade do crescimento no verão é atribuída à sua mais alta pluviosidade.

Referências Bibliográficas

- BARBOSA, R. A. **Características morfogênicas e índices de crescimento do capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.) em dois resíduos forrageiros pós-pastejo.** Viçosa, M.G.: UFV, 2000. 51p. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- 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.
- BENNINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas; noções básicas.** Jaboticabal, FUNEP, 1988. 41p.
- BÉLANGER, G.; GASTAL, F.; LEMAIRE, G. 1992. Growth analysis of a Tall Fescue sward fertilized with different rates of nitrogen. **Crop Science**, 32: 1371-1376.
- BIRCHAM, J.S.; HODGSON, J. 1983. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed sward under continuous stocking management. **Grass and Forage Sci.** 38(4): 323-331.
- CÂNDIDO, M. J. D. **Morfofisiologia e crescimento do dossel e desempenho animal em *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente com três períodos de descanso.** Viçosa, MG. UFV. 2003. 134p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa. 2003.
- DEREGIBUS, V. A.; SANCHES, R. A.; CASAL, J. J. 1983. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* ssp. **Plant Physiology**, 72(3): 900-902.
- DEREGIBUS, V. A.; SANCHES, R. A.; CASAL, J. J. et al. 1985. Tillering responses to enrichment of red light beneath the canopy in a humid natural grassland. **J. Applied Ecology**, 22(1): 199 – 206.
- EVANS, G. C. **The quantitative analysis of plant growth.** Oxford: Blackwell Scientific, 1972. 734 p.
- GOMIDE, C.A.M. **Características morfofisiológicas associadas ao manejo do capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.).** Viçosa, MG: UFV, 2001. 100p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A. 1999. Análise de crescimento de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 28: 675-680.
- GOMIDE, J.A. 1988. Fisiologia das plantas forrageiras e manejo das pastagens. **Inf. Agropec.**, 88: 11-18.
- HUNT, H. **Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners.** London: Unwin Hyman Ltd., 1990. 112p.
- JEWISS, O. R. 1972. Tillering in grasses. Its significance and control. **J. British Grassland Society**, 27(1): 65 – 82.
- KORTE, C.J.; WATKIN, B.R.; HARRIS, W. 1982. 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**, 25: 309-319.
- LAMBERS, H. 1987. Does variation in photosynthetic rate explain variation in growth rate and yield? **Netherlands Journal of Agricultural Science**, 35: 505-519.

- 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.
- LARCHER, W. *Physiological Plant Ecology*. 3ª edição. 506 p. 1995.
- LE ROUX, X.; GAUTHIER, H.; BÉGUÉ, A., et al. 1997. Radiation absorption and use by humid savanna grassland: assessment using remote sensing and modelling. **Agricultural and Forest Meteorology**, 85:117-432.
- LEMAIRE, G. The physiology of grass growth under grazing: tissue turnover. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, Viçosa, MG, 1997. **Anais...**Viçosa, p.115-144, 1997.
- LUDLOW, M.M.; WILSON, G.L. 1970. 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**, 21: 183-194.
- MATTOS, J. L. S. **Avaliações morfofisiológicas de espécies de *Brachiaria* sob diferentes disponibilidades de água no solo**. Viçosa, MG, UFV, 2001. 122p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- McKENZIE, B. A.; KEMP, P. D.; MOOT, D. J. et al. Environment effects on plant growth and development. In: New Zealand Pasture and Crop Science. ed.: White, J., Hodgdon, J. p. 29-44. 1999.
- OLIVEIRA, M. A. **Características morfofisiológicas e valor nutritivo de gramíneas forrageiras do gênero *Cynodon* sob diferentes condições de irrigação, fotoperíodo, adubação nitrogenada e idades de rebrota**. Viçosa, M.G.: UFV, 2002. 142p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- OLIVEIRA, M. A.; PEREIRA, O. G., Gomide, J. A. 2000. Análise de crescimento do capim bermuda “Tifton 85” (*Cynodon* spp). **Revista Brasileira Zootecnia**, 29: 1930 – 1938.
- PEARCE, R. B.; BROWN R. H.; BLASER R. E. 1965. Relationships between Leaf Area Index, Light Interception and Net Photosynthesis in Orchardgrass. **Crop Sci**, 5(6): 533-556.
- PINTO, J.C. **Crescimento e desenvolvimento de *Andropogon gayanus* Kunth, *Panicum maximum* Jack. e *Setaria anceps* Stapf ex Massey cultivadas em vasos, sob diferentes doses de nitrogênio**. Viçosa, M.G.: UFV, 1993. 149p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1993.
- 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.
- SHEEHY, J.E.; COOPER, J.P. 1973. Light interception, photosynthetic activity, and crop growth rate in canopies of six temperate forage grasses. **Journal of Applied Ecology**, 10: 239-249.

- SIMON, J.C.; LEMAIRE, G. 1987. Tillering and leaf area index in grasses in the vegetative phase. **Grass and Forage Science**, 42: 373-380.
- SMITH, H. 1982. Light quality, photoperception, and plant strategy. **Annual Review of Plant Physiology**, 33: 481-518.
- SUGIYAMA, S.; YONEYAMA, M.; TAKAHASHI, N. et al. 1985. Canopy structure and productivity of *Festuca arundinacea* Schreb. swards during vegetative and reproductive growth. **Grass and Forage Science**, 40(1): 49-55.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 2nd ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. 792p.
- VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. Meteorologia básica e aplicações. Viçosa, MG, 448p. 2000.
- WAN, C.; SOSEBEE, R.E. 1998. Tillering responses to red:far-red light ratio during different phenological stages in *Eragrostis curvula* **Environmental and Experimental Botany**, 40: 247-254.
- WOLEDGE, J. 1971. The effect of light intensity during growth on the subsequent rate of photosynthesis of leaves of Tall Fescue (*Festuca arundinacea* Schreb). **Annals of Botany**, 35: 311-322.
- WOLEDGE, J.; LEAFE, E.L. 1976. Single leaf and canopy photosynthesis in a ryegrass sward. **Annals of Botany**, 40: 773-783.
- WOLEDGE, J. 1977. The effects of shading and cutting treatments on the photosynthetic rate of ryegrass leaves. **Annals of Botany**, 41: 1279-1286.