**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Oportunidade para flexibilização das metas pré-pastejo do manejo rotativo
do capim-marandu**

Caio Macret Gomes

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens

**Piracicaba
2019**

Caio Macret Gomes
Engenheiro Agrônomo

Oportunidade para flexibilização das metas pré-pastejo do manejo rotativo do capim-marandu

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

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Gomes, Caio Macret

Oportunidade para flexibilização das metas pré-pastejo do manejo rotativo do capim-marandu / Caio Macret Gomes. - - Piracicaba, 2019.

65 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Manejo de pastagens 2. Pastejo rotativo 3. Estrutura do dossel 4. Capim-marandu I. Título

Dedico

Aos meus pais, pelos exemplos e ensinamentos que carrego pra vida

AGRADECIMENTOS

À minha família pelo apoio incondicional durante minha formação como pessoa e profissional.

À minha companheira Maiara Alonso Despontin por estar do meu lado em todos os momentos.

À família Alonso Despontin e Felipe Castelli pelo acolhimento e amizade.

Ao Professor Dr. Sila Carneiro da Silva pela orientação e por ser uma inspiração como profissional.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e à Universidade de São Paulo pela minha formação.

Aos membros do comitê de orientação Professor Dr. André Fischer Sbrissia e Professor Dr. Carlos Guilherme Silveira Pedreira pelas valiosas contribuições ao trabalho.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP pelo aprendizado durante as disciplinas e por me ajudarem a construir a visão de ciência que tenho hoje.

A todos os funcionários do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP pela contribuição durante o experimento e por tornarem esta uma instituição de excelência.

Aos colegas do Grupo de Estudos em Plantas Forrageiras e do Grupo de Pesquisas em Pastagens pela ajuda e companhia durante o curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

“O que sabemos é uma gota; o que ignoramos é um oceano”.

Isaac Newton

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. ESTRUTURA DO DOSSEL FORRAGEIRO	14
2.2. O PROCESSO DE ACÚMULO DE FORRAGEM E O MANEJO DO PASTEJO ROTATIVO	17
2.3. OPORTUNIDADE PARA FLEXIBILIZAÇÃO DAS METAS DE MANEJO DO CAPIM-MARANDU	20
3. HIPÓTESE E OBJETIVO	23
4. MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1. MATERIAIS	25
4.1.1. Local do experimento	25
4.1.2. Espécie vegetal	27
4.1.3. Animais	28
4.2. MÉTODOS	29
4.2.1. Tratamentos e delineamento experimental	29
4.2.2. Adaptação das unidades experimentais aos tratamentos e período experimental	30
4.2.3. Monitoramento das condições experimentais	31
4.2.3.1. Altura dos tratamentos	31
4.2.3.2. Fertilização e tratos culturais	32
4.2.4. Avaliações	33
4.2.4.1. Características estruturais do dossel forrageiro e taxas de acúmulo	33
4.2.4.2. Avaliações em perfilhos individuais	34
4.2.5. Análise estatística	36
5. RESULTADOS	37
5.1. INTERVALO DE PASTEJO	37
5.2. CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DO DOSSEL FORRAGEIRO	37
5.2.1. Massa de forragem e porcentagem de componentes morfológicos	37
5.2.2. Interceptação luminosa e ângulo da folhagem	41
5.2.3. Índice de área foliar	42
5.2.4. Densidade populacional de perfilhos	43
5.3. CARACTERÍSTICAS DE PERFILHOS INDIVIDUAIS	43
5.3.1. Peso seco dos perfilhos	43
5.3.2. Área foliar e volume do perfilhos	44
5.3.3. Densidade aparente e relação área foliar:volume dos perfilhos (R)	45
5.4. REGRESSÃO LINEAR LOG DPP X LOG PS PERF	45
5.5. TAXA DE ACÚMULO DE FORRAGEM	45
6. DISCUSSÃO	47
6.1. MANUTENÇÃO DAS CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS	47
6.2. MASSA DE FORRAGEM E COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA	48
6.3. COMPENSAÇÃO TAMANHO/DENSIDADE POPULACIONAL DE PERFILHOS E CONSTRUÇÃO DO IAF	49
6.4. INTERCEPTAÇÃO LUMINOSA E TAXAS DE ACÚMULO DE FORRAGEM	51
6.5. OPORTUNIDADE PARA FLEXIBILIZAÇÃO DAS METAS DE MANEJO DO CAPIM-MARANDU	53
7. CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS	57

RESUMO

Oportunidade para flexibilização das metas pré-pastejo do manejo rotativo do capim-marandu

O manejo do pastejo e a plasticidade fenotípica das plantas forrageiras determinam a estrutura do dossel que, associados a fatores edafoclimáticos, definem o padrão de acúmulo de forragem da pastagem. Estudos observaram que o critério de 95% de interceptação luminosa (IL) durante a rebrotação para interrupção do crescimento do dossel forrageiro e entrada dos animais no pasto propicia o maior acúmulo líquido de folhas e reduzido acúmulo de colmo e de material morto. Segundo o mecanismo de compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos, o dossel forrageiro pode atingir o índice de área foliar crítico (IAF crítico) e interceptar 95% da luz incidente sob diferentes alturas de manejo e tamanho de perfilho, o que poderia gerar flexibilidade para as metas de entrada nos pastos. O objetivo deste estudo foi avaliar as características estruturais, a compensação tamanho/densidade de perfilhos e o acúmulo de forragem em pastos de *Urochloa brizantha* cv. Marandu manejados com alturas pré-pastejo inferiores ou igual a 25 cm, esta última associada aos 95% de IL em trabalhos anteriores, para verificar a possibilidade de flexibilização do manejo dessa planta forrageira. O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ entre maio de 2017 e abril de 2018. Esse período foi dividido em fase de adaptação, verão e outono. Os tratamentos foram determinados por alturas pré-pastejo de 25, 22, 19 e 16 cm com severidade de pastejo moderada, caracterizada por uma altura pós-pastejo equivalente a 50% daquela de entrada (12,5; 11,0; 9,5 e 8,0 cm; respectivamente). O delineamento experimental foi de blocos completos casualizados, com quatro repetições, totalizando 16 unidades experimentais (piquetes de 1.200 m²). Foram avaliadas as variáveis-reposta intervalo de pastejo; massa de forragem pré e pós-pastejo; composição morfológica pré e pós-pastejo; índice de área foliar pré e pós-pastejo; densidade populacional de perfilhos; peso seco por perfilho; área foliar por perfilho; volume por perfilho; peso específico por perfilho; relação área foliar:volume do perfilho; interceptação luminosa em pré e pós-pastejo; ângulo médio da folhagem em pré e pós-pastejo; taxa de acúmulo de forragem; taxa de acúmulo de folhas, de colmos e de material morto. O capim-marandu demonstrou alta plasticidade fenotípica associada à compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos plena entre as alturas pré/pós-pastejo de 19/9,5 cm e 25/12,5 cm. Não houve variações em IAF e em taxa de acúmulo de forragem, de folhas, de colmo e de material morto entre os tratamentos. Os perfilhos apresentaram padrão de crescimento isométrico, não havendo variações na relação área foliar:volume do perfilho e densidade aparente. Dessa forma, é possível flexibilizar as metas pré-pastejo do capim-marandu em sistemas rotativos com alturas de entrada variando de 19 a 25 cm desde que a severidade de desfolhação seja moderada (redução de 50% da altura pré-pastejo).

Palavras-chave: Manejo do pastejo; Pastejo rotativo; Estrutura do dossel; Capim-marandu

ABSTRACT

Opportunity for flexibilization of the pre-grazing targets of rotationally managed marandu palisade grass

Grazing management and phenotypic plasticity of perennial forage grasses determine sward structure, which defines the pattern of herbage accumulation depending on edaphoclimatic conditions. Different studies have indicated that the 95% canopy light interception (LI) criteria for interrupting regrowth allows for maximum leaf dry matter accumulation and reduces stem and dead material accumulation. According to the tiller size/density compensation mechanism it is possible that the sward reaches the critical leaf area index (critical LAI) and intercepts 95% of the incident light at different grazing heights and tiller sizes, a condition that could generate flexibility for the pre-grazing targets of rotational grazing. The objective of this study was to evaluate structural characteristics, tiller size/density compensation and herbage accumulation in *Urochloa brizantha* cv. Marandu (Palisade grass) managed with pre-grazing heights lower than or equal to 25 cm, the last associated with the 95% LI in previous experiments, to verify the possibility of generating flexibility in grazing management. The experiment was carried out at “Luiz de Queiroz” College of Agriculture, Piracicaba – SP, from may/2017 to april/2018. The period was divided into adaptation phase, summer and autumn. Treatments corresponded to four pre-grazing heights (25, 22, 19 and 16 cm) associated to moderate defoliation characterised by a post-grazing height equivalent to 50% of the pre-grazing height (12,5; 11,0; 9,5 e 8,0 cm; respectively). The experimental design was a complete randomised block with four replications (1.200 m² paddocks). The response variables evaluated were: grazing interval; pre and post-grazing herbage mass; morphological composition; pre and post-grazing leaf area index; tiller population density; tiller dry mass; tiller leaf area; tiller volume; tiller density; tiller leaf area:volume ratio; pre and post-grazing light interception; pre and post-grazing mean foliage angle; rates of total dry matter, leaf, stem and dead material accumulation. Palisade grass showed high phenotypic plasticity associated with full tiller size/density compensation within the 19/9,5 cm and 25/12,5 cm treatments. There was no difference in LAI and rate of total dry matter, leaf, stem and dead material accumulation. Tillers showed an isometric pattern of growth with no differences in tiller leaf area:volume ratio and aparent density. Thus, it is possible to flexibilize the pre-grazing height targets of palisade grass with pre-grazing heights varying from 19 to 25 cm, provided that the defoliation severity is moderate (post-grazing height equivalent to 50% of the pre-grazing height).

Keywords: Grazing management; Rotational grazing; Sward structure; Palisadegrass

1. INTRODUÇÃO

A produção animal em pastagens permite inúmeras combinações entre fatores como espécie forrageira, tipo e categoria animal, número de animais por unidade de área, períodos de ocupação e de descanso dos pastos, entre outros. O responsável pelo manejo do pastejo deve tomar decisões acerca desses fatores diariamente, razão pela qual é necessário compreender quais são os aspectos e interações fundamentais que regem o funcionamento desse sistema.

Nesse sentido, vários trabalhos de pesquisa procuraram identificar os parâmetros determinantes das respostas de plantas e animais em pastagens e que poderiam, por isso, ser utilizados para definir estratégias de manejo do pastejo. Na década de 1980, trabalhos realizados em países com grande tradição em produção animal em pastagens como Inglaterra e Nova Zelândia demonstraram que a estrutura do dossel forrageiro seria o fator central e integrador das respostas obtidas em cada universo envolvido no ecossistema pastagem (e.g. Hodgson, 1985; Parsons et al., 1988). O objetivo do manejador seria, portanto, manter a estrutura do dossel dentro de uma amplitude ótima de condições (i.e. índice de área foliar, altura ou massa de forragem) que permita alta produção de forragem com o mínimo de perdas por senescência, garantindo que a maior proporção da forragem produzida seja colhida pelos animais, ainda com alto valor nutritivo. Seguindo procedimentos e protocolos de experimentação análogos, Hodgson & Da Silva (2002) demonstraram que o mesmo princípio era válido e poderia ser aplicado para plantas forrageiras tropicais, particularmente gramíneas. Dessa forma, as metas ou alvos de manejo estariam relacionados com as variáveis descritivas da estrutura do dossel. Devido à facilidade de mensuração no campo, a altura do dossel forrageiro foi considerada como melhor indicador a ser utilizado para monitorar e controlar o processo de pastejo (Hodgson, 1990).

Em sistemas de lotação intermitente (e.g. pastejo rotativo), a estrutura do dossel varia entre a condição pós-pastejo, logo após a saída dos animais do pasto ou piquete (início da rebrotação) e a condição pré-pastejo, imediatamente antes da entrada dos animais (interrupção da rebrotação). Por isso, a definição das metas de manejo foi realizada em experimentos que controlaram a estrutura do dossel forrageiro nas duas condições, muitas vezes em arranjos fatoriais (Hodgson & Da Silva, 2002).

Em relação à meta pré-pastejo, a condição em que o pasto atinge o índice de área foliar (IAF) crítico, ou seja, quando o dossel forrageiro intercepta 95% da luz incidente (IL), foi considerado o melhor momento para interrupção da rebrotação e entrada dos animais nos piquetes (Brougham, 1956; 1957; Korte et al., 1982; Carnevalli et al., 2006; Barbosa et al., 2007; Trindade et al., 2007; Giacomini et al., 2009a). Isso porque após esse ponto da rebrotação ocorre alteração abrupta nos padrões de crescimento e de acúmulo de forragem caracterizada por significativo incremento nas

taxas de senescência e de alongamento de colmos relativamente ao alongamento de folhas, afetando o valor nutritivo da forragem, o processo de colheita pelo animal e, portanto, a eficiência de utilização da forragem produzida. Dessa forma, a altura em que o dossel atinge os 95% IL foi determinada para diversas espécies forrageiras e passou a ser utilizada como meta ou alvo de manejo (Da Silva & Nascimento Júnior, 2007; Da Silva et al., 2015).

A implementação dessas metas em sistemas produtivos permite considerável incremento em produção por animal, taxa de lotação e, conseqüentemente, produtividade (Gimenes et al., 2011). Em estudo recente com capim-elefante cv. Cameroon, Congio et al. (2018) demonstraram que, além de favorecer o desempenho da planta e dos animais em pastejo, a utilização da altura do dossel como meta de manejo também foi capaz de gerar redução da intensidade de emissão (g kg de leite produzido⁻¹) de gases do efeito estufa como metano entérico e óxido nitroso pelo solo. Em um contexto global de mudanças climáticas, esse aspecto deve ser considerado e demonstra a importância do manejo adequado do processo de colheita da forragem e, portanto, da determinação e do uso de metas de manejo.

Nos protocolos experimentais utilizados para avaliação de estratégias de pastejo rotativo em que o critério foi o de interceptação luminosa, a altura correspondente aos 95% IL representa um valor estável para cada espécie e/ou cultivar de planta forrageira, caracterizando uma meta fixa e pontual que não deve ser ultrapassada durante a rebrotação. Entretanto, em determinadas ocasiões como, por exemplo, nos primeiros ciclos de rebrotação após o período seco, ocorre rápida alteração nas taxas de crescimento das gramíneas tropicais. Assim, todos os pastos ou piquetes de um sistema produtivo podem atingir a meta de altura pré-pastejo num pequeno intervalo de tempo, dificultando o início da rotação dos piquetes. As metas ou alvos de manejo pontuais permitem pouca ou nenhuma flexibilidade na tomada de decisão do manejador e dificilmente são respeitadas de forma efetiva em todos os pastos do sistema de produção nessa época do ano. Nesse contexto, se essa meta pudesse ser flexibilizada e passasse a ser representada por uma amplitude de valores de altura ao invés de um valor pontual, haveria benefícios em termos de aplicabilidade e eficácia de uso das metas, propiciando maior facilidade e predisposição à adoção por parte dos produtores rurais.

Avaliando a literatura, existe a possibilidade de um mesmo valor de IAF ser obtido por meio de diferentes combinações entre tamanho e número de perfilhos como consequência do chamado mecanismo de compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos (Matthew et al., 1995; Sbrissia et al., 2001; Sbrissia et al. 2008). Teoricamente, o IAF crítico pode ser atingido em pastos mais baixos com elevada densidade populacional de perfilhos pequenos (Sackville-Hamilton et al., 1995), desde que os limites de resistência da planta sejam respeitados (Lemaire & Chapman, 1996). Essas informações são inexistentes na literatura para o manejo rotativo do capim-marandu [*Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Webster cv Marandu], principal gramínea forrageira utilizada nas áreas

de pastagens cultivadas no país, e permitiriam um ajuste fino muito importante em termos de manejo do pastejo com aplicação direta no campo.

Com base no exposto, o presente trabalho buscou identificar a possibilidade de flexibilização das metas de altura pré-pastejo para o capim-marandu por meio da exploração do mecanismo de compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ao longo de sua história, a pesquisa com plantas forrageiras foi desenvolvida sob diferentes perspectivas determinadas pelo contexto da produção em cada local ou período em que era realizada. Em uma revisão dos temas apresentados no *International Grassland Congress* (IGC) de 1937 a 2001, Humphreys (2005) mostrou que até a década de 1950 a maior parte dos estudos tinham como objetivo resolver problemas regionais de produção animal em pastagens a partir de abordagens notadamente práticas e generalistas. São exemplos os trabalhos de McMeekan (1952; 1956; 1960), que tinham em comum a reprodução de sistemas de pastejo normalmente adotados nas fazendas neozelandesas e a avaliação dos efeitos integrados de métodos de lotação (contínua ou intermitente), métodos de conservação de forragem (diferimento, fenação, ensilagem, etc.), níveis de suplementação e níveis de taxas de lotação (fixa ou variável). Os resultados obtidos demonstraram que há aparente interação entre os parâmetros avaliados e que de fato eles são importantes para a produtividade animal, porém, não era possível identificar os efeitos isolados das estratégias adotadas. Dessa forma também não era possível eleger um fator central para guiar o manejo do pastejo de forma específica.

Os norte-americanos, por sua vez, foram muito influenciados pelos trabalhos de Mott (1960), os quais sugerem que o manejo do pastejo deve ser realizado a partir de ajustes nas taxas de lotação para manutenção de uma relação ótima entre número de animais e quantidade de forragem disponível, ou seja, uma pressão de pastejo ótima. Nesse ponto, o desempenho individual e a produção por unidade de área estariam em equilíbrio, próximos ao máximo permitido por determinado ambiente, o que resultaria no melhor resultado econômico da atividade. Entretanto, essa filosofia de trabalho deixava de considerar alguns aspectos básicos da ecofisiologia das plantas forrageiras e gerava resultados por vezes antagônicos para uma mesma “estratégia de manejo” (Da Silva & Nascimento Júnior, 2007). Para uma mesma pressão de pastejo, por exemplo, variações em altura do dossel ou massa de forragem do pasto podem gerar resultados variáveis de desempenho e produtividade animal (Hodgson, 1985). Por isso, as recomendações de manejo originadas nessas pesquisas se tornavam particulares para cada ambiente de produção e nível de produtividade, além de se revelarem difíceis de serem implementadas na prática (Da Silva & Nascimento Júnior, 2007).

A partir dos anos 1980, os neozelandeses e ingleses passaram a avaliar o processo de produção animal em pastagens considerando a complexidade do ambiente pastoril, onde há interações constantes entre seus componentes bióticos e abióticos. De certa forma, essa linha de pesquisa buscava compreender a *causa* da variação das respostas de plantas e animais que eram apenas *medidas* de forma empírica pela escola norte-americana. Segundo Hodgson (1985), a característica fundamental do sistema que pode explicar tais variações é a estrutura do dossel

forrageiro, descrita até então por meio da massa de forragem (MF), altura do pasto, densidade populacional de perfilhos (DPP) ou índice de área foliar (IAF). Outros fatores como taxa de lotação e períodos de ocupação e de descanso seriam, portanto, instrumentos por meio dos quais o manejador atingiria determinada estrutura de dossel para obter a produção e desempenho compatíveis com aquela condição (Hodgson, 1985). A partir de então, diversos trabalhos foram desenvolvidos com base no controle de variáveis estruturais do dossel forrageiro, principalmente para o estudo de pastagens de clima temperado formadas por azevém-perene (*Lolium perenne* L.) e trevo-branco (*Trifolium repens* L.) (Da Silva & Nascimento Júnior, 2007).

No Brasil, até os anos 1990, a pesquisa em produção animal em pastagens buscava métodos para aumentar a produção de forragem e a capacidade de suporte dos pastos e, consequentemente, a produtividade animal (Da Silva & Nascimento Júnior, 2007). Para alcançar esse objetivo, grande parte dos trabalhos procurava determinar curvas de produção de forragem em experimentos sem a presença de animais e, quando estes eram utilizados, os parâmetros de comparação eram normalmente taxas de lotação, níveis de fertilizantes ou frequências de pastejo (Faria et al., 1996; Da Silva & Pedreira, 1997). Entretanto, a utilização de altas doses de fertilizantes e/ou irrigação em espécies tropicais na busca por alta produção de forragem pode gerar problemas se o processo de colheita pelo animal não for ajustado adequadamente.

A partir do final da década de 1990, os protocolos experimentais ingleses e neozelandeses foram adaptados às condições tropicais para avaliação das respostas funcionais de plantas e animais em pastejo a partir de características estruturais e fisiológicas da pastagem (Hodgson & Da Silva, 2002). Os resultados demonstraram padrão muito semelhante ao observado para plantas de clima temperado, segundo o qual a estrutura do dossel forrageiro também exercia papel fundamental em sistemas de produção animal em pastagens tropicais (Hodgson & Da Silva, 2002).

2.1. Estrutura do dossel forrageiro

Em pastagens de gramíneas (Família *Poaceae*) as unidades básicas de produção são os perfilhos (Hodgson, 1990), que são formados por uma sequência ordenada de fitômeros em diferentes estádios de desenvolvimento (Valentine & Matthew, 1999). A estrutura do dossel forrageiro pode ser definida como a distribuição e o arranjo da parte aérea das plantas (perfilhos e fitômeros) numa comunidade (Laca & Lemaire, 2000) e existem diversas características que podem ser utilizadas para decrévê-la: massa de forragem (MF), altura, densidade populacional de perfilhos (DPP), densidade volumétrica, composição morfológica, ângulo da folhagem, relação folha:colmo e índice de área foliar

(IAF), sendo este último definido como a relação entre a área foliar e área de solo por ela ocupada (Watson, 1947).

De forma geral, a estrutura do dossel resulta das estratégias utilizadas pelas plantas forrageiras para conviverem em competição dentro de uma comunidade com a presença de agentes desfolhadores, além de ser determinante de processos metabólicos relacionados à absorção de água, nutrientes e aproveitamento da radiação incidente disponível (Matthew & Pereira, 2017). Dessa forma, condiciona processos fundamentais relacionados ao acúmulo de forragem, perenização da pastagem, valor nutritivo, consumo, desempenho e produtividade animal (Bircham & Hodgson, 1983; Grant & King, 1983). Hodgson (1985) sugere que para o correto entendimento da interface planta-animal é necessário estudar os efeitos da manutenção do dossel em diferentes estados ou condições de equilíbrio conhecidas (*steady state* – lotação contínua) ou seguindo variações pré-especificadas e conhecidas (condições pré e pós-pastejo sob lotação intermitente).

Em condição de pastejo, a estrutura do dossel forrageiro é resultado da combinação entre o padrão de desfolhação e características morfogênicas das plantas que, por sua vez, dependem das condições ambientais como luz, temperatura, fertilidade e disponibilidade de água (Lemaire & Chapman, 1996). A morfogênese pode ser definida como o padrão de geração e expansão da forma das plantas no espaço (Champan & Lemaire, 1993) e envolve as taxas de aparecimento e expansão de novos órgãos relacionados a seu tempo de vida (Lemaire & Chapman, 1996; Nabinger & Pontes, 2001).

A expressão fenotípica das variáveis morfogênicas na forma de taxas e velocidades de processos (aparecimento e alongamento de folhas, senescência foliar e duração de vida das folhas) determina as três principais características estruturais do dossel forrageiro: i) tamanho da folha; ii) número de folhas por perfilho e iii) densidade populacional de perfilhos (DPP) (Lemaire & Chapman, 1996). O produto entre as variáveis estruturais resulta no IAF do dossel forrageiro (Lemaire e Chapman, 1996), principal característica integradora das repostas de plantas e animais em pastejo (Hodgson, 1985). Em um equilíbrio dinâmico, alterações no IAF do dossel forrageiro causadas por desfolhações implicam em modificações do micro-ambiente, principalmente na quantidade e qualidade da luz disponível, o que afeta os padrões morfogênicos que, por sua vez, influenciam a estrutura do dossel (Lemaire & Chapman, 1996). Essa resposta é conhecida como plasticidade fenotípica (Bradshaw, 1965) e foi desenvolvida pelas plantas forrageiras durante sua evolução sob a influência de distúrbios como fogo, seca e a própria presença de herbívoros desfolhadores, que promovem alterações na estrutura da pastagem (Valentine & Matthew, 1999).

O IAF tem relação direta com a capacidade do dossel forrageiro em interceptar energia luminosa, portanto, com o potencial de fixação de carbono via fotossíntese (Parsons et al., 1983). Considerando o C como principal constituinte dos tecidos vegetais, o IAF determina também o potencial de acúmulo de forragem, porém a relação não é linear e depende da eficiência fotossintética

das folhas e dos processos concorrentes de respiração e senescência (Bircham & Hodgson, 1983; Parsons et al., 1983; Parsons & Penning, 1988).

Bircham & Hodgson (1983), estudando pastos de azevém-perene, poa (*Poa annua*) e trevo-branco, demonstraram que o acúmulo líquido de forragem, ou seja, o balanço entre os processos de crescimento e senescência, atingia nível máximo e permanecia relativamente constante para uma amplitude de condições do dossel forrageiro, expressas como valores de massa de forragem, IAF ou altura. O mesmo foi verificado para gramíneas tropicais como no caso de três cultivares de *Cynodon* spp. (Fagundes et al., 1999) e para o capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) (Sbrissia, 2004). Os resultados desses experimentos mostraram que, sob lotação contínua, pastos mantidos com IAFs mais altos (maiores alturas de manejo) possuem maiores taxas de senescência que pastos mantidos com IAFs mais baixos (menores alturas de manejo), apesar de apresentarem maior taxa de crescimento. Por isso, o balanço líquido (acúmulo de forragem) se mantém constante, assim como a quantidade de forragem colhida pelos animais dentro de uma amplitude de alturas de manejo. Outra adaptação do dossel forrageiro ao padrão de desfolhação é o incremento em densidade populacional de perfilhos nos pastos mantidos mais baixos, uma resposta no sentido de ajustar o IAF para otimizar a interceptação luminosa (Bircham & Hodgson, 1983; Grant & King, 1983; Sbrissia et al., 2001; Sbrissia & Da Silva, 2008). Dessa forma, sob lotação contínua, há uma amplitude de alturas de manejo possível para cada espécie forrageira que está relacionada à sua capacidade de realizar adaptações morfofisiológicas para manter altas taxas de acúmulo líquido e permitir a utilização eficiente da forragem pelo animal.

Outro valor utilizado como referência para o manejo do pastejo é o IAF ótimo, em que a planta atinge a interceptação de aproximadamente toda luz incidente com um mínimo de auto-sombreamento e, portanto, a máxima taxa de crescimento (Watson, 1958). Abaixo desse valor, o crescimento ainda é limitado pelo suprimento de fotoassimilados e acima dele pelo sombreamento da porção basal do dossel, que causa um balanço negativo de C por um incremento nas perdas respiratórias e redução da fotossíntese (Hay & Walker, 1989). Já o IAF crítico representa o valor de IAF em que o dossel intercepta 95% da luz incidente e está associado à máxima taxa média de acúmulo líquido de forragem (Brougham, 1956; Barbosa et al., 2007). Esse é o ponto ideal para interromper a rebrotação de pastos sob lotação intermitente segundo Parsons & Penning (1988).

Os valores de IAF ótimo e crítico podem variar entre espécies e estão relacionados ao ângulo foliar e orientação das folhas dentro do dossel (Brougham, 1957). Espécies com folhas dispostas mais horizontalmente têm a capacidade de interceptar mais luz a partir de um mesmo IAF em relação a espécies que possuem folhas mais eretas. Variações sazonais da relação IAF e IL podem ser consequência do ângulo de incidência da radiação, que se altera durante as estações do ano (Brougham, 1957). Souza Júnior (2007) também demonstrou que estratégias de manejo do pastejo

podem influenciar o ângulo médio da folhagem para uma mesma espécie, um mecanismo das plantas forrageiras para reduzir a probabilidade e intensidade de desfolhação a partir de uma resposta morfológica (Briske, 1996), além de permitir maior IL para um mesmo valor de IAF.

Como consequência das alterações morfogênicas e estruturais causadas pelo pastejo, o próprio padrão de desfolhação e utilização da forragem pelos animais é alterado, num mecanismo de *feedback*, o qual influencia os componentes da produtividade animal: desempenho individual e taxa de lotação (Hodgson & Maxwell, 1981; Lemaire & Chapman, 1996; Da Silva & Pedreira, 1997). Por exemplo, sob desfolhação mais leniente, a maior taxa de senescência e alongamento de colmo implica em menor eficiência de utilização da forragem produzida sendo, portanto, necessária menor taxa de lotação para manter a estrutura do dossel nessa condição (Hodgson, 1990; Andrade, 2003; Carnevalli et al., 2006). Além disso, a maior oportunidade de seleção da dieta de animais em pastagens com maior massa de forragem ou altura permite maior desempenho individual (Andrade, 2003), desde que a estrutura da pastagem não seja prejudicada pela presença de colmos e de material morto em pastos com massa de forragem excessivamente elevada (Trindade et al., 2007; Gimenes et al., 2011).

2.2. O processo de acúmulo de forragem e o manejo do pastejo rotativo

Em situações de pastejo rotativo, a intensidade de desfolhação pode ser decomposta em frequência e severidade, que estão relacionados ao intervalo de pastejo e à proporção da massa de forragem (ou altura, IAF, etc.) removida pelos animais num evento de pastejo, respectivamente (Pedreira, 2013). Conforme discutido anteriormente, o manejo do pastejo deve ser baseado em metas de estrutura do dossel forrageiro para obtenção de alta produção de forragem com a maior proporção de folhas na massa de forragem, gerando ambiente favorável à atividade de pastejo (Carvalho, 2005). Para tanto, é necessário compreender os efeitos da severidade e da frequência de pastejo sobre as características estruturais da pastagem e o acúmulo e valor nutritivo da forragem produzida.

Em relação à severidade de desfolhação, diretamente relacionada com o IAF, massa de forragem ou altura pós-pastejo, Parsons et al. (1988) demonstraram que quanto menor a área foliar residual, maior o período necessário para reestabelecimento da taxa máxima de acúmulo de forragem, a qual corresponde a um valor similar para amplitude significativa de severidades de desfolhação. Brougham (1956) argumenta que o objetivo do manejador deveria ser, portanto, a utilização de IAF residual alto para que o pasto permaneça a maior parte do período de crescimento em condição de alta interceptação luminosa. Entretanto, outros estudos demonstraram que dosséis desfolhados de forma leniente sucessivamente apresentam elevada proporção de material morto e de colmos na massa de forragem (Wilson & McGuire, 1961; Tainton, 1974; Korte et al., 1982; Carnevalli et al., 2006;

Marcelino et al., 2006; Trindade et al., 2007), características indesejáveis do ponto de vista qualitativo e quantitativo de produção de forragem. Por outro lado, a desfolhação mais severa proporciona alta taxa de renovação de tecidos e permite a produção principalmente de folhas, com alta eficiência fotossintética, num ambiente com menor competição por luz (Wilson & McGuire, 1961; Parsons et al., 1983; Parsons & Penning, 1988; Carnevalli et al., 2006; Barbosa et al., 2007; Zanine et al., 2011). Até certo limite, essa condição de crescimento pode gerar taxas de acúmulo líquido maiores em comparação a pastos desfolhados de forma leniente, além de aumentar a eficiência de utilização da forragem devido à alta proporção de folhas jovens no estrato pastejável, porção efetivamente explorada pelos animais (Carnevalli et al., 2006; Trindade et al., 2007).

Difante et al. (2010) avaliou duas alturas pós-pastejo (25 e 50 cm) para pastos de capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) e demonstrou que existe certa flexibilidade para utilização dessa meta de manejo na prática. Pastos manejados com menor altura pós-pastejo foram responsáveis por menor acúmulo de forragem, porém, a maior eficiência de colheita e consequente maior taxa de lotação permitiu que a produtividade animal fosse semelhante àquela de pastos manejados com a maior altura, mesmo com redução no desempenho individual. Com base nessas informações é possível afirmar que a severidade de pastejo deve estar dentro de um determinado limite que permita a renovação dos tecidos e alta eficiência de colheita, mas que, por outro lado, não comprometa a capacidade de rebrotação da planta pela redução excessiva da área foliar residual e nem o desempenho animal. Resultados semelhantes foram reportados por Trindade et al. (2007) para capim-marandu utilizando protocolo experimental análogo.

Para definição das metas pré-pastejo é necessário considerar o padrão de rebrotação da pastagem e estabelecer o momento ideal (condição estrutural) de se interromper esse processo. Segundo Brougham (1955), a curva de produção de forragem segue um padrão sigmoide com 3 fases distintas: no início há um incremento nas taxas de acúmulo, relacionado ao aumento em área foliar e à crescente IL; em seguida o acúmulo atinge um nível máximo permitido pelas condições ambientais, momento em que o dossel atinge 95% IL (Brougham, 1956); por fim há uma redução no acúmulo diário de forragem, que está relacionada ao processo de florescimento e à decomposição de material senescido na base do dossel.

Em condições de campo, trabalhos com diversas espécies forrageiras demonstraram que intervalos de pastejo que permitam ao dossel forrageiro ultrapassar 95% IL resultam em incremento do processo de senescência e de alongamento de colmo, apesar de, em alguns casos, gerar aumento no acúmulo total de forragem (Tainton, 1974; Korte et al., 1982; Carnevalli et al., 2006; Barbosa et al., 2007; Pedreira et al., 2009). Como consequência de se prorrogar a entrada dos animais para além da condição de 95% IL, há maior perda de forragem no processo de pastejo e redução da eficiência de utilização da forragem produzida (Tainton, 1974; Carnevalli et al., 2006). Além disso, nesses casos há

uma maior ingestão proporcional de colmo e material morto pelos animais em relação a folhas, principalmente nos períodos finais de rebaixamento do dossel forrageiro (Trindade et al., 2007).

Barbosa et al. (2007) avaliaram o acúmulo de forragem a partir de 3 condições pré-pastejo do dossel forrageiro (metas pré-pastejo de 90, 95 e 100% IL) e duas alturas pós-pastejo (25 e 50 cm) para o capim-tanzânia. O maior acúmulo de forragem foi registrado para a meta de 95% IL e 25 cm de resíduo, visto que os pastos manejados a 90% IL não possuíam área foliar para aproveitamento pleno da radiação incidente e os pastos manejados a 100% IL apresentavam alta proporção de material morto e colmos na massa de forragem.

Assim, diversos experimentos realizados com espécies de gramíneas tropicais apontam como meta pré-pastejo ideal a condição em que o dossel intercepta 95% da radiação incidente (Hodgson & Da Silva, 2002; Da Silva & Nascimento Júnior, 2007). De fato, Pedreira et al. (2009) demonstraram que a utilização dessa condição do dossel forrageiro como meta de manejo garante respostas mais consistentes ao longo do ano quando comparado à utilização de intervalos de descanso fixos. Isso porque as condições para o crescimento das plantas forrageiras variam intensamente entre e dentro das estações do ano e o mesmo período de rebrotação resulta em condições de dossel distintas no verão e inverno, por exemplo. Os autores concluíram que a utilização da meta pré-pastejo de 95% IL otimiza o aproveitamento da luz e garante acúmulo proveniente principalmente de folhas durante o ano todo.

No campo, essa meta pode ser identificada por meio da avaliação da altura do dossel, uma vez que essa variável possui alta correlação com IL e IAF, além de ser mais facilmente mensurada (Hodgson, 1990; Da Silva & Nascimento Júnior, 2007). Em estudo realizado em área experimental de 48 ha formados por pastagem de capim-marandu, Gimenes et al. (2011) demonstraram que a utilização da altura como meta de manejo é vantajosa não só em termos de produção e qualidade de forragem como também para o desempenho e produtividade animal. Os autores compararam as respostas de animais mantidos sob manejo rotativo com metas de altura pré-pastejo de 25 ou 35 cm correspondentes a 95% IL e máxima IL, respectivamente (Giacomini et al., 2009a), e duas doses de N (50 ou 200 kg N ha⁻¹) em arranjo fatorial. Ao final do período experimental não houve interação entre manejo do pastejo e doses de N, e o ganho de peso dos animais dos tratamentos de 25 cm de altura pré-pastejo foi 31% superior em relação aos que utilizaram a meta de 35 cm, enquanto essa diferença foi de apenas 14% para o incremento na adubação nitrogenada. Ainda, devido à maior taxa de lotação (3,13 vs 2,85 UA ha⁻¹), os pastos manejados a 25 cm permitiram maior produtividade (886 vs 674 kg ha⁻¹) durante o período experimental.

2.3. Oportunidade para flexibilização das metas de manejo do capim-marandu

A altura identificada como meta pré-pastejo nos experimentos cujo parâmetro de controle da estrutura do dossel forrageiro foi a interceptação luminosa representa um valor fixo e pontual, que deve ser atingido e não ultrapassado para que não haja acúmulo excessivo de colmos e material morto e para que a massa de forragem apresente elevada relação folha/colmo. Entretanto, essa condição gera um problema em sistemas produtivos quando 2 ou mais piquetes chegam à altura meta pré-pastejo de forma concomitante. Na prática essa condição é comum no início da estação de crescimento, quando há uma rápida alteração nas taxas de crescimento das plantas forrageiras tropicais (Sbrissia, 2004). Dessa forma, a flexibilização das metas pré-pastejo facilitaria o manejo e o estabelecimento da rotação entre os piquetes, principalmente em períodos de transição e/ou excedente de forragem relativamente à capacidade de colheita do rebanho. Com o objetivo de avaliar a flexibilidade no manejo do capim-tanzânia, Zanine et al. (2011) compararam a utilização de 90 e 95% IL como meta pré-pastejo, porém observaram que a menor meta de IL prejudicou o acúmulo de forragem e o acúmulo de folhas durante o período de crescimento ativo da pastagem.

Contudo, é possível avaliar a flexibilidade de manejo do pastejo a partir de outros parâmetros que não a interceptação luminosa. Recentemente, trabalhos realizados com capim-quicuío (*Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex. Chiov.) buscaram avaliar as metas pré-pastejo por meio de alturas inferiores (10, 15 e 20 cm) àquela correlacionada aos 95% IL (25 cm) e severidade de desfolhação de 50% da altura pré-pastejo (Padilha, 2013; Santos, 2014; Zanini, 2014). Os resultados demonstraram que não houve variação em IAF e taxa de acúmulo de forragem entre os tratamentos de 20 e 25 cm de altura pré-pastejo, em nenhuma época do ano. A análise das respostas morfogênicas e estruturais mostra que os pastos com menor altura pré e pós-pastejo, apesar de apresentarem menor taxa de alongamento foliar, mantiveram taxa de acúmulo semelhante às demais alturas por causa da menor taxa de senescência. O IAF, por sua vez, se manteve relativamente constante porque pastos manejados com as menores alturas apresentaram maior densidade populacional de perfilhos pequenos relativamente a pastos manejados com as maiores alturas.

Diversos trabalhos reportam a ocorrência do mecanismo de compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos, tanto em pastagens de clima temperado como tropical (Bircham & Hodgson, 1983; Grant & King, 1983; Matthew et al., 1995; Sbrissia et al., 2001; Sbrissia & Da Silva, 2008). O incremento em DPP é uma resposta morfofisiológica no sentido de compensar reduções em tamanho dos perfilhos causadas por eventos de desfolhação, permitindo à comunidade de plantas manter relativamente estável a área foliar do dossel forrageiro e o acúmulo de forragem (Matthew et al., 2000).

Por outro lado, pastos manejados com valores elevados de IAF, apresentam redução em DPP, resultado de um processo de morte de perfilhos dependente de densidade causado por competição por luz (Bircham & Hodgson, 1983; Matthew et al., 1995; Sackville-Hamilton et al., 1995; Sbrissia et al., 2001; Sbrissia & Da Silva, 2008). Esse processo é conhecido como auto-desbaste (*self-thinning*) e está relacionado tanto com a morte de perfilhos por balanço negativo de carbono, quanto com a inibição do perfilhamento pelo efeito do sombreamento (Yoda et al., 1963; Matthew et al., 1995; Sackville-Hamilton et al., 1995; Valentine & Matthew, 1999).

Como consequência do mecanismo de compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos, existe uma amplitude possível de alturas do dossel forrageiro em que o IAF permaneceria constante (Sackville-Hamilton et al., 1995; Matthew et al., 1995). Essa amplitude estaria relacionada com a capacidade do ambiente, principalmente quantidade e qualidade de luz, desde que outros fatores não sejam limitantes, em manter um determinado valor de IAF (Sackville-Hamilton et al., 1995; Matthew et al., 1995). Dessa forma, a magnitude em que ocorre a compensação varia conforme a época do ano e variações em altura de manejo.

Teoricamente é possível que o IAF crítico seja atingido a partir de diferentes combinações entre tamanho e densidade populacional de perfilhos. Entretanto, não há estudos sobre a amplitude de alturas do dossel forrageiro que permitam plena compensação para manutenção do IAF crítico em sistemas de pastejo rotativo de capim-marandu. Essa informação poderia ser utilizada como forma de flexibilizar as metas de manejo (altura pré-pastejo) e tornar a técnica mais eficaz e aplicável nos sistemas de produção, desde que não gere prejuízos para a produção de forragem e a produtividade animal.

3. HIPÓTESE E OBJETIVO

Com base no exposto, este trabalho foi concebido para avaliar a seguinte hipótese: existe uma amplitude de alturas pré-pastejo em que o IAF crítico do dossel forrageiro (i.e. interceptação de 95% da luz incidente) é mantido estável por meio da compensação entre tamanho e densidade populacional de perfilhos. Como consequência, o dossel forrageiro atingiria o máximo acúmulo de folhas permitido pelas condições edafoclimáticas, sem acúmulo excessivo de colmos e de material morto, permitindo flexibilização da meta de altura pré-pastejo do capim-marandu sob pastejo rotativo (25 cm – Trindade et al., 2007; Giacomini et al., 2009ab; Gimenes et al., 2011) e gerando maior facilidade e comodidade de planejamento do manejo do pastejo em condições de campo.

A partir da avaliação de características estruturais do dossel forrageiro e de respostas agronômicas do capim-marandu, o objetivo deste estudo foi verificar os efeitos de estratégias de pastejo rotativo caracterizadas por severidade de desfolhação moderada (50% de remoção das alturas pré-pastejo) e alturas pré-pastejo próximas, porém abaixo de 25 cm, altura esta identificada como o momento em que o dossel atinge o IAF crítico (Giacomini et al., 2009b).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Materiais

4.1.1. Local do experimento

O experimento foi conduzido em área experimental do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), no município de Piracicaba, Estado de São Paulo, localizada a 22°42’ latitude sul, 47°37’ longitude oeste, a 550 m de altitude. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região de Piracicaba é do tipo Cwa, mesotérmico úmido, subtropical de inverno seco. Os dados climáticos históricos e referentes ao período experimental foram coletados no Posto Meteorológico do Departamento de Engenharia de Biosistemas, ESALQ/USP (Figura 1), que se situa a aproximadamente 500 m da área experimental. O balanço hídrico foi calculado para o período de 01/09/2017 a 30/04/2018, considerando-se uma capacidade de armazenamento de água (CAD) do solo de 50 mm (Figura 2).

Figura 1. Índice pluviométrico (mm), temperatura mínima (°C), temperatura média (°C) e temperatura máxima (°C) do período experimental (PE, T mín E, T méd E e T máx E, respectivamente) e histórico (PH, T mín H, T méd H e T máx H, respectivamente). Os dados históricos são referentes ao período de 1917 a 2017.

Figura 2. Extrato do balanço hídrico decendial do período de Setembro/2017 a Abril/2018 (CAD = 50 mm).

A área experimental possui 2,3 ha de pastagem de capim-marandu estabelecida no verão agrostológico de 2000/2001. A área é composta por 16 piquetes de 1.200 m², divididos por cerca convencional, todos com bebedouro (Figura 3). Áreas adjacentes foram utilizadas como área “pulmão”, absorvendo os animais nos períodos em que não houve pastejo no experimento.

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho eutroférico, com horizonte A moderado e textura variando de argilosa a muito argilosa (EMBRAPA, 2006). Antes do início do experimento foram coletadas amostras de solo em cada unidade experimental e estas foram analisadas em laboratório. Devido à elevada fertilidade do solo (Tabela 1), não foram realizadas adubações de correção.

Tabela 1. Resultados da análise química do solo da área experimental (camada de 0 a 20 cm).

Bloco	Tratamento	pH	M.O.	P resina	Ca	Mg	K	H+Al	Al	SB	CTC	V%	m%	S - SO ₄
		CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³							%	%	mg dm ⁻³
Bloco 1	16/8	5,2	50	25	41	21	9,3	34	0	71	105	68	0	11
	19/9,5	5	46	25	38	20	8	42	0	66	108	61	0	11
	22/11	5	43	25	35	19	5,3	42	0	59	101	59	0	8
	25/12,5	5,2	46	24	49	22	12,8	34	0	84	118	71	0	11
Bloco 2	16/8	5	43	24	34	13	8,6	42	0	56	98	57	0	11
	19/9,5	5,1	43	29	43	20	11,3	38	0	74	112	66	0	11
	22/11	5,3	39	30	43	18	10,2	34	0	71	105	68	0	11
	25/12,5	5,1	50	30	48	22	12,1	42	0	82	124	66	0	12
Bloco 3	16/8	5	41	25	44	17	6,8	42	0	68	110	62	0	8
	19/9,5	5	41	25	45	17	4,7	42	0	67	109	61	0	11
	22/11	5,1	41	22	45	16	6,2	42	0	67	109	62	0	11
	25/12,5	5	46	24	41	17	8	47	0	66	113	58	0	18
Bloco 4	16/8	5,4	43	32	64	23	13,2	34	0	100	134	75	0	21
	19/9,5	5,1	43	30	55	16	5,1	47	0	76	123	62	0	11
	22/11	5,3	41	29	39	11	12,1	38	0	62	100	62	0	19
	25/12,5	5,2	50	25	50	17	8,6	47	0	76	123	62	0	14

4.1.2. Espécie vegetal

A planta forrageira estudada é o capim-marandu, cujo nome científico é *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Webster cv Marandu, pertencente à família Poaceae. O nome Marandu significa “novidade” no idioma Guarani (Nunes et al., 1984). Entretanto, publicações mais antigas (Nunes et al., 1984) e outras atuais (Pereira et al., 2015) classificam o capim-marandu como *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf cv. Marandu. Dessa forma, o cultivar também é conhecido popularmente por “braquiária”, “braquiarão” ou “brizantão”. Segundo Nunes et al. (1984), essa gramínea tem origem em uma região vulcânica da África com solos de bons níveis de fertilidade, precipitação anual de 700 mm e cerca de 8 meses de seca no inverno. A introdução dessa espécie no Brasil ocorreu em 1967, quando sementes foram trazidas da Estação Experimental de Forrageiras de Marandellas, no Zimbábue, África (Nunes et al., 1984). O lançamento comercial do capim-marandu foi realizado pela Embrapa na década de 1980 e, a partir de então, o material tem sido a principal opção forrageira utilizada por produtores em formação e renovação de pastagens (Dias-Filho, 2014; Zimmer & Euclides, 2000). Atualmente, o cultivar é a principal planta forrageira no Brasil, com maior área entre as pastagens plantadas (Valle et al., 2014). A grande adoção do capim-marandu por parte dos pecuaristas se deu, principalmente, por causa de sua boa adaptação aos solos ácidos do cerrado, além de possuir certa resistência ao ataque de cigarrinha-das-pastagens (Nunes et al., 1984; Zimmer & Euclides, 2000).

Segundo a descrição botânica de Valls & Sendulsky (1984), o capim-marandu é uma planta cespitosa, com colmos inicialmente prostrados, mas que produz perfilhos predominantemente eretos. As lâminas foliares são linear-lanceoladas, enquanto as bainhas são pilosas, com cílios nas margens.

Durante a fase vegetativa, as bainhas são maiores que os entre-nós, encobrindo os nós. Na fase reprodutiva, a planta apresenta o colmo ereto e frequentemente ocorre brotação de novos perfilhos nos nós superiores, o que leva à proliferação de inflorescências. Essas inflorescências podem chegar a 40 cm de comprimento e geralmente possuem de 4 a 6 ráculos equidistantes ao longo do eixo.

Figura 3. Vista geral da área experimental (A) e novilhas nelore utilizadas para realização dos pastejos (B).

4.1.3. Animais

Para a realização dos pastejos foram utilizadas vacas (peso médio 470 kg) e novilhas (peso médio 300 kg) da raça nelore pertencentes ao rebanho do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP, utilizando-se o método “*mob grazing*” (Mislevy et al., 1983). O tamanho dos lotes foi dimensionado para que os pastejos não excedessem a duração de 24 h (Figura 3).

4.2. Métodos

4.2.1. Tratamentos e delineamento experimental

As unidades experimentais consistiram de 16 piquetes de 1.200 m² (60 x 20 m) e o delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com quatro repetições. O critério de bloqueamento foi a declividade da área experimental (Figura 4).

Os tratamentos corresponderam a quatro alturas pré-pastejo (25, 22, 19 e 16 cm) com severidade de desfolhação moderada e correspondente a 50% da altura pré-pastejo, ou seja, alturas pós-pastejo de 12,5, 11,0, 9,5 e 8,0 cm, respectivamente. A altura máxima pré-pastejo de 25 cm foi definida com base em série anterior de experimentos sobre estratégias de pastejo rotativo com o capim-marandu, na mesma área experimental (Trindade et al., 2007; Giacomini et al., 2009ab), em que essa altura correspondeu à condição de 95% de interceptação luminosa (IL) pelo dossel forrageiro durante a rebrotação e que esteve associada ao maior acúmulo de folhas (Giacomini et al., 2009a), elevada eficiência de pastejo e taxa de consumo de forragem (Trindade et al., 2007) e produtividade animal (Gimenes et al., 2011). Os demais valores de altura pré-pastejo corresponderam a valores inferiores à meta de 25 cm e que poderiam representar amplitude para flexibilização das metas pré-pastejo do capim-marandu baseado na hipótese de que, sob desfolhação de severidade moderada, as plantas seriam capazes de manter o mesmo índice de área foliar (IAF) que intercepta 95% IL, por meio do mecanismo de compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos. A meta de altura pós-pastejo de 50% da altura pré-pastejo foi escolhida por representar severidade moderada de desfolhação, uma vez que assegurou elevado IAF residual (Giacomini et al., 2009b), além de permitir altas taxas de ingestão de forragem com maior proporção de folhas consumidas pelos animais em pastejo (Trindade et al., 2007).

Figura 4. Croqui da área experimental na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), em Piracicaba, SP.

4.2.2. Adaptação das unidades experimentais aos tratamentos e período experimental

Os piquetes da área experimental apresentavam estrutura heterogênea antes do início da fase de adaptação. Em Abril/2017, foram utilizadas vacas nelore (peso médio 470 kg) para realização de pastejo severo com o objetivo de uniformização dos pastos. Em seguida, os piquetes foram roçados de forma mecânica a uma altura de cerca de 8 cm para remoção de estruturas preteridas pelos animais (Figura 5). A partir de então os piquetes foram submetidos aos tratamentos experimentais (25/12,5 cm; 22/11 cm; 19/9,5 cm e 16/8 cm), dando início ao período de adaptação. As alturas passaram a ser monitoradas (item 4.2.3) e, conforme o dossel forrageiro atingia a meta de altura pré-pastejo estabelecida para os tratamentos, animais eram colocados nos piquetes e retirados somente quando era atingida a meta de altura pós-pastejo correspondente.

O período de adaptação foi realizado de Maio a Dezembro/2017, de forma que todas as unidades experimentais passassem por um mínimo de dois ciclos completos de pastejo antes do início do período experimental. As avaliações de campo tiveram início no dia 14/12/2017 e foram conduzidas até 24/04/2018, totalizando 132 dias.

4.2.3. Monitoramento das condições experimentais

4.2.3.1. Altura dos tratamentos

A manutenção das metas de altura pré e pós-pastejo foi realizada por meio de “*mob grazing*” utilizando-se vacas e novilhas da raça nelore, simulando estratégias de pastejo rotativo. O monitoramento da altura do dossel forrageiro para entrada ou saída dos animais foi realizado com auxílio de bastão medidor graduado em centímetros (Figura 5). As avaliações eram periódicas e aumentavam de frequência conforme cada piquete se aproximava da meta pré-pastejo planejada, até se tornarem diárias quando o dossel forrageiro atingia 85% do valor da altura meta pré-pastejo. A altura foi determinada em 40 pontos representativos dos piquetes, distribuídos de forma sistematizada ao longo de quatro linhas em formato de W. Em cada avaliação, a altura correspondeu à média aritmética dos 40 pontos amostrados.

Figura 5. Roçada de uniformização da área experimental (A) e avaliação da altura do dossel forrageiro com o bastão graduado em centímetros (B).

Foi necessário rigor no monitoramento das metas de altura para gerar as variações planejadas em estrutura de dossel forrageiro entre os tratamentos, uma vez que as alturas eram relativamente próximas. As alturas médias realizadas no período experimental são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Valor médio das alturas pré e pós-pastejo conforme o tratamento e época do ano

	Altura pré/pós-pastejo (cm)			
	16/8	19/9,5	22/11	25/12,5
Verão				
Altura pré-pastejo (cm)	16,4 (0,09) ¹	19,4 (0,10)	22,4 (0,12)	25,3 (0,11)
Altura pós-pastejo (cm)	8,5 (0,10)	9,7 (0,11)	11,4 (0,12)	12,7 (0,12)
Outono				
Altura pré-pastejo (cm)	16,4 (0,15)	19,1 (0,15)	22,0 (0,15)	25,1 (0,15)
Altura pós-pastejo (cm)	8,5 (0,11)	9,7 (0,11)	11,4 (0,11)	12,5 (0,11)

¹ Valores entre parênteses representam o erro padrão da média (EPM).

4.2.3.2. Fertilização e tratos culturais

Os piquetes receberam adubações com nitrato de amônio (32% de N) sempre na condição pós-pastejo durante o período experimental. Como o intervalo de pastejo era variável entre tratamentos e repetições (Tabela 3), o total de 150 kg N ha⁻¹ foi dividido pelo número de dias da estação de crescimento (início do experimento a 31/03/2018) e cada aplicação teve dose equivalente à quantidade de N diária (2,0 kg N ha⁻¹ dia⁻¹) multiplicada pelo período de descanso do ciclo anterior, exceto no primeiro ciclo de pastejo, quando todos os piquetes foram adubados com 30 kg N ha⁻¹. No último mês do experimento (Abril/2018), todos os piquetes passaram por um ciclo de pastejo sem adubação, uma vez que a meta de 150 kg N ha⁻¹ havia sido atingida em Março/2018, conforme planejado.

Ainda durante a fase de adaptação, foi realizado o controle de plantas invasoras de folha larga no bloco 4 utilizando o herbicida a base de *Dimethylammonium (2,4-dichlorophenoxy) acetate*. O herbicida foi aplicado com uma bomba costal de forma dirigida na dose de 1,6 kg de i.a. ha⁻¹.

No dia 04/01/2018, foi aplicado inseticida a base de *3-(2-chloro-1, 3-thiazol-5-ylmethyl)-5-methyl-1, 3, 5-oxadiazinan-4-ylidene (nitro) amine* em área total para controle de cigarrinha-das-

pastagens. A dose utilizada foi de 28 g i.a. ha⁻¹ e a pulverização foi realizada com pulverizador de barras acoplado a trator, ambos pertencentes ao Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP.

4.2.4. Avaliações

4.2.4.1. Características estruturais do dossel forrageiro e taxas de acúmulo

Em todos os ciclos de pastejo foram avaliadas a massa de forragem pré (MFpre) e pós-pastejo (MFpos) por meio de 3 cortes realizados no nível do solo. Foi utilizada armação metálica de 0,90 x 0,37 m e toda a forragem contida em seu interior foi cortada utilizando-se um tesourão de poda (Figura 6). As amostras de forragem eram levadas ao Laboratório de Plantas Forrageiras (LAPF – ESALQ/USP) onde eram pesadas e divididas em 2 sub-amostras. Uma das sub-amostras foi utilizada para determinação da porcentagem de matéria seca na forragem a partir da relação entre peso fresco e peso seco da sub-amostra. A outra foi separada manualmente nos componentes morfológicos folha (lâmina foliar), colmo (bainhas foliares + colmo) e material morto. Em seguida, a área das lâminas foliares era avaliada em aparelho integrador de área foliar modelo LI-3100, marca LI-COR®, e os componentes morfológicos eram colocados em sacos de papel e enviados para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, onde permaneciam por 72 h. O peso seco dos componentes foi extrapolado para quilos de matéria seca por hectare (kg MS ha⁻¹) e a massa de cada componente foi determinada com base na média das 3 amostras. A partir desses dados, foram obtidas a massa de forragem e a porcentagem de folhas (%FOL), de colmos (%COL) e de material morto (%MM).

O índice de área foliar (IAF) também foi avaliado durante todos os ciclos de pastejo nas condições pré e pós-pastejo. A relação entre área (cm²) e peso seco de lâminas foliares (g), ou área foliar específica (AFE), foi utilizada para determinar o IAF dos piquetes com base na massa seca de folhas por metro quadrado a partir dos dados de massa de forragem descritos acima.

A taxa de acúmulo de forragem (TAcF) foi calculada a partir da diferença entre a massa de forragem pré-pastejo do ciclo *n* e a massa de forragem pós-pastejo do ciclo *n-1*, dividida pelo número de dias entre os ciclos *n* e *n-1*. Da mesma forma foi calculada a taxa de acúmulo de cada componente morfológico, ou seja, taxa de acúmulo de folhas (TAcFOL), de colmos (TAcCOL) e de material morto (TAcMM).

A avaliação da densidade populacional de perfilhos (DPP) foi realizada por meio da contagem de todos os perfilhos contidos em área delimitada por moldura metálica de 1,00 x 0,25 m. A moldura era alocada de forma aleatória em locais representativos da condição média dos piquetes no momento de amostragem (avaliação visual da massa de forragem e altura). As avaliações foram realizadas sempre na condição pré-pastejo durante todos os ciclos de pastejo do período experimental e os valores foram transformados para n° de perfilhos m⁻².

A interceptação luminosa (IL) e ângulo médio da folhagem (AMF) foram avaliados nas condições pré e pós-pastejo utilizando-se aparelho analisador de dossel modelo LAI 2000, marca LICOR®, em todos os ciclos de pastejo. A cada avaliação eram realizadas 10 leituras por piquete em pontos representativos das condições médias do dossel forrageiro (avaliação visual da massa de forragem e altura). Em cada ponto era tomada uma leitura acima do dossel forrageiro para obtenção da referência de incidência de luz e 5 leituras no nível do solo para obtenção da quantidade de luz que atravessava o dossel, totalizando 10 leituras acima e 50 leituras no nível do solo por piquete (Figura 6). O analisador de dossel utilizado trabalha sob condições de radiação difusa, razão pela qual as avaliações eram realizadas no início da manhã ou no final de tarde.

Figura 6. Aspecto da unidade amostral após o corte da forragem para determinação de massa de forragem (A). Avaliação da interceptação luminosa por meio do LAI-2000; medidas de referência (B) e abaixo do dossel (C).

4.2.4.2. Avaliações em perfilhos individuais

As avaliações em perfilhos foram realizadas na condição pré-pastejo em todos os ciclos de pastejo. Para tanto, 60 perfilhos foram coletados no nível do solo de forma aleatória por piquete, colocados em sacolas plásticas identificadas e levados ao laboratório para processamento. Este consistiu na separação manual em seus componentes morfológicos folha (lâmina foliar), colmo (bainhas foliares + colmo) e material morto, os quais foram pesados em seguida para determinação do

peso fresco. As lâminas foliares tiveram sua área foliar mensurada em aparelho integrador de área foliar modelo LI-3100, marca LI-COR®. A área foliar de cada perfilho (AFperf) foi calculada por meio do quociente entre a área foliar total avaliada no aparelho e o número de perfilhos utilizados na avaliação.

Em seguida, os componentes morfológicos tiveram seu volume avaliado utilizando um dispositivo construído com base no princípio de deslocamento de líquido em vasos comunicantes, o volumímetro (Sbrissia et al., 2004) (Figura 7). Os componentes foram imersos em líquido (água + óleo mineral, 1% v/v para evitar a formação de bolhas) contido em cano de PVC acoplado a uma pipeta. O deslocamento do líquido na pipeta (cm) foi associado ao volume do material imerso (ml) por meio de calibração com volumes conhecidos. O volume total do perfilho (Vperf) foi obtido pelo quociente entre o volume de todos os componentes morfológicos da amostra e o número de perfilhos utilizados no processo de avaliação.

Após avaliação do volume, os componentes eram acondicionados em sacos de papel e levados a estufa de circulação forçada de ar a 65°C, por 72 h. A soma dos pesos secos dos componentes, dividida pelo número de perfilhos, representou o peso seco médio dos perfilhos (PSperf). A relação entre área foliar e volume dos perfilhos (R) foi obtida a partir do cálculo proposto por Sackville Hamilton et al. (1995): $R = AF_{perf}^{3/2} / V_{perf}$, que representa um valor adimensional. A densidade aparente dos perfilhos (Dperf) foi calculada a partir do quociente entre peso fresco e volume dos perfilhos, expressa em $kg\ m^{-3}$ (Sbrissia et al., 2004).

Figura 7. Mensuração do deslocamento de líquido na pipeta do volumímetro.

4.2.5. Análise estatística

Os dados foram agrupados segundo duas épocas do ano (verão e outono) conforme os ciclos de pastejo. Os ciclos que ocorreram majoritariamente antes do dia 20/03/2018 foram considerados ciclos de “verão” e aqueles que ocorreram majoritariamente após essa data foram considerados ciclos de “outono”. Todas as unidades experimentais (piquetes) tiveram pelo menos um ciclo de pastejo em cada época do ano.

Assim organizados, os dados foram submetidos a ANOVA utilizando-se o procedimento PROC MIXED (modelos mistos) do pacote estatístico SAS® (Statistical Analysis System), versão 9.3 para Windows®. A escolha da matriz de variância e de covariância foi baseada no critério Bayesiano de Schwartz (BIC), sendo escolhida a matriz que foi indicada com a maior frequência para a maioria das variáveis-resposta analisadas, no caso a matriz “*Variance Components*” (VC). Os efeitos de tratamento (altura pré/pós-pastejo), época do ano (verão e outono) e da interação entre eles foram considerados fixos e o efeito de bloco foi considerado aleatório (Littel et al., 2000). As médias foram obtidas utilizando-se o comando “LSMEANS” e, quando houve efeito de tratamento, época do ano ou interação, foram comparadas por meio do comando PDIFF utilizando-se o teste “t” de “Student”. Diferenças foram declaradas significativas quando $P < 0,05\%$.

Para cálculo do coeficiente angular da regressão linear entre DPP e PSperf (ambos transformados em *log*) foi utilizado o método do “eixo maior reduzido”, preferível nesse caso em que há erro amostral nos dois eixos (Sackville-Hamilton et al., 1995). As análises dos parâmetros da regressão linear foram realizadas no programa PAST®.

5. RESULTADOS

5.1. Intervalo de pastejo

Os intervalos de pastejo variaram conforme altura pré/pós-pastejo ($P<0,0001$) e época do ano ($P<0,0001$). As alturas 25/12,5 cm e 22/11 cm resultaram em maior intervalo de pastejo, seguidas pelas alturas de 19/9,5 cm, enquanto os pastos manejados a 16/8 cm de altura pré/pós-pastejo tiveram o menor intervalo de pastejo entre todos os tratamentos (Tabela 3). Os ciclos foram mais longos no verão em relação ao outono (Tabela 3).

Tabela 3. Intervalo de pastejo em pastos de capim-marandu submetidos a alturas pré e pós-pastejo nos períodos de verão e outono do ano agrícola de 2017/18

Altura pré/pós-pastejo (cm)	Intervalo de pastejo (dias)	EPM ²
16/8	23 c	1,0
19/9,5	28 b	1,0
22/11	32 a	1,1
25/12,5	34 a	1,0
Época do ano	Intervalo de pastejo (dias)	EPM
Verão	32 a	0,6
Outono	27 b	0,8

¹ Dentro de cada fonte de variação, médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si ($P<0,05$).

² EPM corresponde ao erro padrão da média.

5.2. Características estruturais do dossel forrageiro

5.2.1. Massa de forragem e porcentagem de componentes morfológicos

A massa de forragem pré-pastejo ($MF_{pré}$) variou entre tratamentos ($P=0,0026$). Pastos manejados com as alturas 25/12,5 cm apresentaram maior $MF_{pré}$ em relação àqueles manejados com as alturas 19/9,5 cm e 16/8 cm. Os três tratamentos de menor altura não diferiram entre si, o mesmo ocorrendo entre os tratamentos 25/12,5 cm e 22/11 cm (Tabela 4). Não houve efeito de época do ano para essa variável-resposta.

A porcentagem de folhas na massa de forragem pré-pastejo ($\%FOL_{pré}$) também diferiu entre tratamentos ($P=0,0495$). Pastos manejados com as alturas 16/8 cm apresentaram maior $\%FOL_{pré}$ em relação aos manejados com as alturas 22/11 cm e 25/12,5 cm. Não houve diferença entre os três

tratamentos de maior altura pré/pós-pastejo (Tabela 4) e não houve efeito de época do ano sobre essa variável-resposta.

Tabela 4. Massa de forragem e porcentagem de folhas em pré-pastejo de capim-marandu submetido a alturas pré e pós-pastejo entre dezembro/2017 a abril/2018

Variável-resposta	Altura pré/pós-pastejo (cm)			
	16/8	19/9,5	22/11	25/12,5
Massa de forragem (kg ha ⁻¹)	6.710 b ¹ (357) ²	7.000 b (367)	7.700 ab (395)	8.700 a (383)
Folhas (%)	40,9 a (1,57)	39,3 ab (1,60)	36,2 b (1,71)	35,3 b (1,66)

¹ Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si (P<0,05).

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média (EPM).

A porcentagem de colmo na massa de forragem pré-pastejo (%COL_{pré}) variou conforme os tratamentos (P=0,0200) e época do ano (P<0,0001). Quanto maior a altura pré/pós-pastejo, maior foi a %COL_{pré}. Os valores registrados durante o verão foram quatro pontos percentuais superiores em relação àqueles registrados durante o outono (Tabela 5). A porcentagem de material morto na massa de forragem pré-pastejo (%MM_{pré}) não foi influenciada por tratamento e nem pela época do ano, com valor médio de 30,5% ± 0,68 EPM (erro padrão da média).

Tabela 5. Porcentagem de colmo na massa de forragem em pré-pastejo de capim-marandu submetido a alturas pré e pós-pastejo nos períodos de verão e outono do ano agrícola de 2017/18

Altura pré/pós-pastejo (cm)	Colmos (%)	EPM ²
16/8	28,9 c ¹	1,12
19/9,5	29,4 bc	1,14
22/11	31,3 ab	1,19
25/12,5	32,3 a	1,17
Época do ano	Colmos (%)	EPM
Verão	32,5 a	0,93
Outono	28,4 b	1,04

¹ Dentro de cada fonte de variação, médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si (P<0,05).

² EPM corresponde ao erro padrão da média.

A massa de forragem pós-pastejo ($MF_{pós}$) variou conforme os tratamentos ($P=0,0103$) e época do ano ($P=0,0083$). De forma geral, quanto maior a altura pré/pós-pastejo maior foi a $MF_{pós}$. Com relação à época do ano, os valores no verão foram 640 kg ha^{-1} superiores àqueles registrados no outono (Tabela 6).

Tabela 6. Massa de forragem pós-pastejo de capim-marandu submetido a alturas de pré e pós-pastejo nos períodos de verão e outono do ano agrícola de 2017/18

Altura pré/pós-pastejo (cm)	Massa de forragem (kg ha^{-1})	EPM ²
16/8	4.840 c ¹	221
19/9,5	5.050 bc	237
22/11	5.690 ab	255
25/12,5	5.780 a	245
Época do ano	Massa de forragem (kg ha^{-1})	EPM
Verão	5.660 a	178
Outono	5.020 b	173

¹ Dentro de cada fonte de variação, médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si ($P<0,05$).

² EPM corresponde ao erro padrão da média.

A porcentagem de folhas na massa de forragem pós-pastejo ($\%FOL_{pós}$) variou com os tratamentos ($P=0,0082$), época do ano ($P=0,0031$) e interação tratamento x época do ano ($P=0,0450$). Os pastos manejados com as alturas 16/8 cm apresentaram maior $\%FOL_{pós}$ em relação àqueles manejados com as alturas 22/11 cm e 25/12,5 cm. Durante o verão, a menor $\%FOL_{pós}$ foi registrada nos pastos manejados com as alturas 22/11 cm, enquanto no outono o menor valor foi registrado nos pastos manejados com as alturas 25/12,5 cm. O valor médio de $\%FOL_{pós}$ do verão foi 2,2 pontos percentuais maior que o do outono (Tabela 7).

Tabela 7. Porcentagem folhas na massa de forragem pós-pastejo de capim-marandu submetido a alturas pré e pós-pastejo nos períodos de verão e outono do ano agrícola de 2017/18

Época do ano	Altura pré/pós-pastejo (cm)				
	16/8	19/9,5	22/11	25/12,5	Média
Verão	16,0 aA ¹	15,3 aA	12,0 bA	15,0 abA	14,6 A
	(0,83) ²	(0,97)	(1,23)	(1,04)	(0,51)
Outono	14,5 aA	12,8 aA	12,6 aA	9,6 bB	12,4 B
	(0,97)	(0,97)	(0,97)	(0,97)	(0,49)
Média	15,3 a	14,0 ab	12,3 b	12,3 b	
	(0,64)	(0,69)	(0,78)	(0,71)	

¹ Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si (P<0,05).

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média (EPM).

A porcentagem de colmo na massa de forragem pós-pastejo (%COL_{pós}) variou com os tratamentos (P=0,0168), sendo que pastos manejados com as maiores alturas pré/pós-pastejo resultaram nos maiores valores de %COL_{pós}. A diferença entre o maior (tratamento 25/12,5 cm) e o menor (tratamento 16/8 cm) valor registrado foi de 4,7 pontos percentuais (40,2 ± 1,22 EPM e 35,5 ± 1,10% EPM, respectivamente - Tabela 8). Não houve efeito de época do ano para essa variável-resposta.

Tabela 8. Porcentagem de colmos na massa de forragem pós-pastejo de capim-marandu submetido a alturas pré e pós-pastejo entre dezembro/2017 a abril/2018

Variável-resposta	Altura pré/pós-pastejo (cm)			
	16/8	19/9,5	22/11	25/12,5
Colmos (%)	35,5 b ¹	35,6 b	37,1 ab	40,2 a
	(1,10) ²	(1,15)	(1,27)	(1,22)

¹ Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si (P<0,05).

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média (EPM).

A porcentagem de material morto na massa de forragem pós-pastejo (%MM_{pós}) variou apenas com a época do ano (P=0,0002), sendo que o maior valor foi registrado no outono relativamente ao verão 50,7 ± 0,67 EPM e 46,7 ± 0,74% EPM, respectivamente.

5.2.2. Interceptação luminosa e ângulo da folhagem

A interceptação luminosa pré-pastejo ($IL_{pré}$) variou com os tratamentos ($P < 0,0001$) e época do ano ($P = 0,0493$). Os pastos manejados com as alturas 16/8 cm e 19/9,5 cm apresentaram menores valores de $IL_{pré}$ que pastos manejados com as alturas 22/11 cm e 25/12,5 cm. Durante o verão, a $IL_{pré}$ foi menor relativamente ao outono (Tabela 9), sendo o valor médio geral igual a $94,6 \pm 0,16$ EPM.

Tabela 9. Interceptação luminosa pré-pastejo de capim-marandu submetido a alturas pré e pós-pastejo nos períodos de verão e outono do ano agrícola de 2017/18

Altura pré/pós-pastejo (cm)	$IL_{pré}$ (%)	EPM ²
16/8	93,9 b ¹	0,26
19/9,5	94,4 b	0,27
22/11	95,5 a	0,28
25/12,5	95,7 a	0,28
Época do ano	$IL_{pré}$ (%)	EPM
Verão	94,6 b	0,20
Outono	95,1 a	0,24

¹ Dentro de cada fonte de variação, médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si ($P < 0,05$).

² EPM corresponde ao erro padrão da média.

O ângulo da folhagem em pré-pastejo ($AMF_{pré}$) variou com os tratamentos ($P = 0,0291$), sendo que pastos manejados com as alturas 16/8 cm apresentaram valores de $AMF_{pré}$ 10% inferiores relativamente a pastos manejados com as alturas 25/12,5 cm (Tabela 10).

Tabela 10. Ângulo da folhagem em pré-pastejo de capim-marandu submetido a alturas pré e pós-pastejo entre dezembro/2017 e abril/2018

Variável-resposta	Altura pré/pós-pastejo (cm)			
	16/8	19/9,5	22/11	25/12,5
Ângulo da folhagem (°)	47,9 b ¹	50,4 ab	50,1 ab	53,2 a
	(1,56) ²	(1,58)	(1,65)	(1,62)

¹ Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si ($P < 0,05$).

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média (EPM).

A interceptação luminosa pós-pastejo ($IL_{pós}$) variou com os tratamentos ($P < 0,0001$) e época do ano ($P < 0,0001$). Maiores e menores valores foram registrados nos pastos manejados com as alturas 25/12,5 cm e 16/8 cm, respectivamente. Valores intermediários foram registrados nos pastos manejados com as alturas 22/11 cm e 19/9,5 cm, os quais não diferiram entre si. Em relação à época do ano, maiores valores foram registrados durante o outono relativamente ao verão (Tabela 11).

Tabela 11. Interceptação luminosa em pós-pastejo de capim-marandu submetido a alturas pré e pós-pastejo nos períodos de verão e outono do ano agrícola de 2017/18

Altura pré/pós-pastejo (cm)	$IL_{pós}$ (%)	EPM ²
16/8	68,9 c ¹	0,80
19/9,5	72,9 b	0,84
22/11	74,0 b	0,93
25/12,5	77,8 a	0,90
Época do ano	$IL_{pós}$ (%)	EPM
Verão	71,5 b	0,62
Outono	75,2 a	0,61

¹ Dentro de cada fonte de variação, médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si ($P < 0,05$).

² EPM corresponde ao erro padrão da média.

O ângulo da folhagem pós-pastejo ($AMF_{pós}$) variou apenas conforme a época do ano, com maiores valores registrados durante o verão ($53 \pm 1,3^\circ$ EPM) em comparação ao outono ($48 \pm 1,3^\circ$ EPM).

5.2.3. Índice de área foliar

O índice de área foliar pré-pastejo ($IAF_{pré}$) não foi influenciado pela altura pré/pós-pastejo, nem pela época do ano ($P > 0,05$) e apresentou valor médio geral $4,7 \pm 0,11$ EPM. Em pós-pastejo, o índice de área foliar ($IAF_{pós}$) variou apenas com a época do ano ($P < 0,0001$), com maiores valores registrados durante o verão relativamente ao outono ($1,2 \pm 0,06$ EPM e $0,8 \pm 0,06$ EPM, respectivamente).

5.2.4. Densidade populacional de perfilhos

A densidade populacional de perfilhos (DPP) variou com os tratamentos ($P < 0,0001$) e com a época do ano ($P = 0,0005$). Menores valores foram registrados nos pastos manejados com as alturas 25/12,5 cm e maiores naqueles manejados com as alturas 19/9,5 cm e 16/8 cm. Valores intermediários foram registrados nos pastos manejados com as alturas 22/11 cm. De forma geral, maiores valores de DPP foram registrados no outono em relação ao verão (Tabela 12).

Tabela 12. Densidade populacional de perfilhos (DPP) em capim-marandu submetido a alturas pré e pós-pastejo nos períodos de verão e outono do ano agrícola de 2017/18

Altura pré/pós-pastejo (cm)	DPP (nº de perfilhos m ⁻²)	EPM ²
16/8	1.510 a ¹	32,1
19/9,5	1.518 a	33,0
22/11	1.359 b	35,5
25/12,5	1.227 c	34,4
Época do ano	DPP (nº de perfilhos m ⁻²)	EPM
Verão	1.339 b	19,7
Outono	1.468 a	27,5

¹ Dentro de cada fonte de variação, médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si ($P < 0,05$).

² EPM corresponde ao erro padrão da média.

5.3. Características de perfilhos individuais

5.3.1. Peso seco dos perfilhos

O peso seco dos perfilhos (PSperf) variou com os tratamentos ($P < 0,0001$), época do ano ($P = 0,0004$) e com a interação tratamento x época do ano ($P = 0,0465$). De forma geral, os perfilhos foram mais leves no outono. Durante o verão, pastos manejados com as alturas 16/8 cm e 19/9,5 cm apresentaram perfilhos mais leves que pastos manejados com as alturas 22/11 cm e 25/12,5 cm. Entretanto, não houve diferença entre tratamentos durante o outono (Tabela 13).

Tabela 13. Peso seco de perfilhos (g) de capim-marandu submetido a alturas pré e pós-pastejo nos períodos de verão e outono do ano agrícola de 2017/18

Época do ano	Altura pré/pós-pastejo (cm)				
	16/8	19/9,5	22/11	25/12,5	Média
Verão	0,46 cA ¹	0,50 bcA	0,60 bA	0,76 aA	0,58 A
	(0,028) ²	(0,031)	(0,038)	(0,035)	(0,017)
Outono	0,40 aA	0,44 aA	0,53 aA	0,50 aB	0,47 B
	(0,047)	(0,047)	(0,047)	(0,047)	(0,023)
Média	0,43 b	0,47 b	0,56 a	0,63 a	
	(0,027)	(0,028)	(0,030)	(0,029)	

¹ Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si (P<0,05).

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média (EPM).

5.3.2. Área foliar e volume do perfilhos

A área foliar dos perfilhos (AFperf) variou apenas com os tratamentos (P=0,0022), com valores menores registrados nos pastos manejados com as alturas 16/8 cm e 19/9,5 cm e maiores nos pastos manejados com as alturas 25/12,5 cm (Tabela 14). O volume dos perfilhos também variou apenas com os tratamentos (P=0,0004), com menores valores registrados nos pastos manejados com as alturas 16/8 cm, maiores naqueles manejados com as alturas 25/12,5 cm e intermediários nos pastos manejados com as alturas 19/9,5 cm e 22/11 cm (Tabela 14).

Tabela 14. Área foliar e volume por perfilho em capim-marandu submetido a alturas pré e pós-pastejo entre dezembro/2017 e abril/2018

Variável-resposta	Altura pré/pós-pastejo (cm)			
	16/8	19/9,5	22/11	25/12,5
Área foliar por perfilho (cm ²)	37,2 b ¹	41,7 b	41,9 ab	46,7 a
	(2,03) ²	(2,07)	(2,30)	(2,12)
Volume por perfilho (cm ³)	2,20 c	2,64 b	2,64 b	3,08 a
	(0,172)	(0,175)	(0,182)	(0,179)

¹ Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si (P<0,05).

² Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média (EPM).

5.3.3. Densidade aparente e relação área foliar:volume dos perfilhos (R)

A densidade aparente dos perfilhos (D_{perf}) e a razão área foliar:volume (R) não foram influenciados pelos tratamentos e nem pelas épocas do ano ($P>0,05$), e os valores médios registrados foram $846 \pm 25,8 \text{ kg m}^{-3} \text{ EPM}$ e $105 \pm 2,4 \text{ EPM}$, respectivamente.

5.4. Regressão linear $\log DPP \times \log PS_{perf}$

O coeficiente angular da regressão linear entre $\log DPP \times \log PS_{perf}$ foi de $-1,86 \pm 0,185 \text{ EPM}$ ($P<0,0001$) e o coeficiente de determinação correspondente (R^2) foi 0,53 (Figura 8). Para um intervalo de confiança de 95%, o valor do coeficiente angular está entre -2,24 e -1,35, não diferindo de -1,5.

Figura 8. Regressão linear entre $\log DPP \times \log PS_{perf}$. R^2 representa o coeficiente de determinação.

5.5. Taxa de acúmulo de forragem

Não houve efeito de tratamentos e nem de época do ano sobre a taxa de acúmulo de forragem (TAcF), taxa de acúmulo de colmos (TAcCOL) e taxa de acúmulo de material morto (TAcMM). A taxa de acúmulo de folhas (TAcFOL) variou apenas com a época do ano ($P=0,0007$), com menores valores registrados durante o verão relativamente ao outono ($60 \pm 3,5 \text{ EPM}$ e $82 \pm 4,8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1} \text{ EPM}$, respectivamente). Colmo e material morto representaram proporção pequena do acúmulo de forragem, o qual foi determinado basicamente pelo acúmulo de folhas (Tabela 15).

Tabela 15. Taxas médias de acúmulo de forragem, folhas, colmos e material morto de capim-marandu submetido a alturas pré e pós-pastejo entre dezembro/2017 e abril/2018

Variável-resposta	Taxa de acúmulo (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	EPM ¹
Acúmulo de forragem	64,8	6,08
Acúmulo de folhas	68,0	3,09
Acúmulo de colmos	7,9	2,42
Acúmulo de material morto	-13,2	3,39

¹ EPM corresponde ao erro padrão da média.

6. DISCUSSÃO

6.1. Manutenção das condições experimentais

Durante todo o período experimental, o valor de altura de 25 cm, utilizado como condição em que o dossel intercepta 95% IL (Giacomini et al., 2009ab), de fato atingiu IL muito próxima ao esperado (95,7%), demonstrando a efetividade do uso dessa altura como meta ou alvo de manejo. Além disso, as alturas correspondentes aos tratamentos foram atingidas tanto em pós como em pré-pastejo de forma consistente (Tabela 2), gerando um contraste entre as estratégias de manejo escolhidas, que representaram opções para flexibilização da meta de 25 cm.

As estratégias de manejo utilizadas resultaram em intervalos de pastejo variáveis, sendo que os pastos com maior altura pré e pós-pastejo precisaram de um período mais longo de rebrotação para atingir a meta de entrada dos animais nos piquetes (Tabela 3). Isso porque as alturas de manejo apresentaram relação direta com a massa de forragem, que variou conforme a estratégia adotada (Tabelas 4 e 6). Os pastos manejados com alturas maiores acumularam maior massa de forragem por ciclo de pastejo e, como não houve diferenças em taxa diária de acúmulo, naturalmente o intervalo de pastejo foi maior para essa condição. Em experimentos com capim-marandu utilizando altura pré-pastejo de 25 cm e pós-pastejo de 15 cm, os intervalos de pastejo observados no período do verão variaram de 21 a 36 dias em termos médios (Giacomini et al., 2009a; Gimenes et al., 2011), valores próximos aos obtidos no presente trabalho para alturas pré/pós-pastejo de 25/12,5 cm (34 dias). Giacomini et al. (2009a) relataram que pequenas diferenças em altura pós-pastejo (15 vs 10 cm) podem gerar diferenças em intervalo de pastejo de até 30 dias. Esse fato indica que a severidade de desfolhação utilizada no experimento permitiu uma rápida rebrotação dos pastos para todas alturas avaliadas.

Durante o período do verão, a menor taxa de acúmulo de folhas influenciou os ciclos de pastejo, que foram 5 dias mais longos em relação ao outono. Diversos trabalhos de pesquisa apontaram variações nos intervalos de pastejo para uma mesma estratégia de manejo, principalmente quando as avaliações envolvem diferentes épocas do ano (Carnevali et al., 2006; Barbosa et al., 2007; Giacomini et al., 2009; Pedreira et al., 2009a), o que demonstra importância da utilização de características estruturais em detrimento de períodos de descanso fixos para definição de metas de manejo do pastejo (Hodgson, 1985; Da Silva & Corsi, 2003).

6.2. Massa de forragem e composição morfológica

Os resultados de massa de forragem pré e pós-pastejo demonstram que, de forma geral pastos manejados com maior altura possuem maior massa de forragem correspondente (Tabelas 4 e 6), padrão semelhante ao encontrado na maioria dos trabalhos com pastagens tanto de clima temperado como tropical (e.g. Korte et al., 1982; Bircham & Hodgson, 1983; Fagundes et al., 1999; Carnevalli et al., 2006; Souza Júnior, 2007). Entretanto, a relação entre massa de forragem e altura do dossel, definida por densidade volumétrica, varia conforme a composição morfológica e distribuição dos componentes ao longo do dossel (Hodgson, 1990; Molan, 2004; Souza Júnior, 2007), sendo possível que alturas distintas resultem em massas de forragem semelhantes (Zanini, 2014). Isso explica porque não houve diferenças em massa de forragem pré ou pós-pastejo entre as alturas consecutivas mais próximas entre si (Tabelas 4 e 6). Ainda, o fato de a massa de forragem pós-pastejo ser ligeiramente superior no verão em relação ao outono, independentemente da altura de manejo (Tabela 6), também pode estar relacionado com a distribuição dos componentes morfológicos entre os estratos do dossel.

O efeito de estratégias de manejo sobre a composição morfológica do dossel forrageiro varia conforme a amplitude de utilização do pasto (altura, massa de forragem, etc.) e condições climáticas (Barbosa et al., 2007). De forma geral, na condição pré-pastejo a proporção entre a massa seca de folhas, colmos e material morto esteve próxima a 1/3 para cada componente, enquanto em pós-pastejo houve predominância de colmo e material morto. Sarmento (2007) observou um padrão similar para capim-marandu, porém com maior porcentagem de folhas (~50%) e menor participação de material morto na massa de forragem pré-pastejo (~10%). Entretanto, o método de aferição utilizado por Sarmento (2007) foi distinto (realizado no nível de perfilhos individuais e extrapolado com base na DPP), portanto, comparações entre os valores absolutos podem ser questionáveis. Por outro lado, é possível avaliar e comparar os efeitos das estratégias de manejo utilizadas.

A porcentagem de folhas na massa de forragem pré-pastejo foi ligeiramente maior para os pastos manejados com alturas menores enquanto a porcentagem de colmo se comportou de maneira oposta (Tabelas 4 e 5). A mesma resposta foi observada para a composição morfológica pós-pastejo (Tabelas 7 e 8), visto que esta é reflexo da condição pré-pastejo e da seleção exercida pelos animais durante o pastejo (Hodgson, 1990; Trindade et al., 2007; Sarmento, 2007). Normalmente, pastejos mais frequentes e severos propiciam maior proporção de folhas em detrimento de colmo e material morto na massa de forragem (Carnevalli et al., 2006; Barbosa et al., 2007; Sarmento, 2007; Pedreira et al., 2009). Entretanto, as alturas utilizadas não provocaram diferenças na porcentagem de material morto em pré e pós-pastejo e a maior variação na porcentagem de folhas foi de apenas 5,6 pontos percentuais, identificada na condição pré-pastejo entre as alturas mais contrastantes. A relativa

estabilidade na composição morfológica entre as alturas utilizadas poderia ser esperada, uma vez que a utilização de metas pré-pastejo iguais ou inferiores àquela de 95% IL estimula um padrão de rebrotação consistente, em que há incremento na taxa de acúmulo de folhas com pouca participação de colmo e material morto (Carnevali, 2003; Pedreira et al., 2009). Ao contrário, quando ao dossel é permitido atingir maiores alturas ou IL, o padrão de rebrotação é alterado, gerando possíveis alterações na composição morfológica da forragem caracterizadas por maior proporção de colmo e material morto na massa de forragem (Carnevali, 2003; Pedreira et al., 2009).

A época do ano influenciou a porcentagem de colmos na massa de forragem pré-pastejo, com um valor 4,1 pontos percentuais maior para o verão em relação ao outono, possivelmente relacionado com o menor acúmulo de folhas para esse período, mas principalmente devido ao florescimento ocorrido entre meados de fevereiro e março/2018.

6.3. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos e construção do IAF

De forma geral, as estratégias de manejo definiram as características estruturais do dossel forrageiro com reflexo nos valores de IAF obtidos. Conforme preconizado pela hipótese do presente trabalho, houve um padrão consistente de compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos entre as estratégias de manejo, sendo que pastos com maiores alturas pré/pós-pastejo resultaram em maior peso seco, área foliar e volume de perfilhos, com menor DPP. Esse padrão de compensação é extensamente reportado na literatura para diversas espécies forrageiras e métodos de lotação (e.g. Bircham & Hodgson, 1983; Davies, 1988; Matthew et al., 1995; Sbrissia et al., 2001; Giacomini, 2007; Sbrissia & Da Silva, 2008; Santos, 2014). Entretanto, entre as alturas de 16/8 cm e 19/9,5 cm não houve diferenças na DPP. Aparentemente, as alturas 19/9,5 cm representaram um limite a partir do qual o dossel forrageiro não foi capaz de realizar incremento na população de perfilhos. Sbrissia & Da Silva (2001) comentaram que de fato a plasticidade fenotípica opera dentro de certos limites, os quais Matthew et al. (1995) relacionam com o nível de energia disponível para crescimento dos perfilhos. Esses autores afirmaram que a manutenção dessa condição por períodos prolongados pode levar o pasto a um processo de degradação e exigem correções no manejo da desfolhação. Dessa forma, segundo os resultados experimentais, a utilização de metas de altura pré/pós-pastejo de 16/8 cm não seria recomendada para o manejo rotativo do capim-marandu. Apesar de proporcionar acúmulo de forragem semelhante às outras alturas utilizadas, essa estratégia, mantida por períodos prolongados, poderia afetar negativamente a persistência e produtividade do pasto.

O valor de DPP obtido nos pastos manejados com as alturas 25/12,5 cm de altura pré/pós-pastejo (1.227 perfilhos m^{-2}) foi similar ao encontrado por Giacomini (2007), de 966 perfilhos basais $m^{-2} + 263$ perfilhos aéreos m^{-2} para pastos manejados com metas pré-pastejo de 95 ou 100% IL e metas pós-pastejo de 10 ou 15 cm. Entretanto, comparações entre os valores absolutos podem gerar confusão, uma vez que a dinâmica de perfilhamento e a DPP dependem do regime de desfolhação e condições edafoclimáticas, que podem variar entre os anos e estações (Langer, 1963; Lemaire & Chapman, 1996; Matthew et al., 2000).

Em relação à época do ano, a DPP foi cerca de 100 perfilhos m^{-2} maior no período de outono comparado ao verão. A pequena diferença pode estar relacionada ao florescimento ocorrido no final do verão e, portanto, ao intenso processo de remoção do meristema apical via pastejo nessa época, o que pode ter sido um estímulo ao perfilhamento durante o outono.

Como resultado do mecanismo de compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos, não houve variação no IAF entre as alturas utilizadas. Segundo Sackville-Hamilton et al. (1995), teoricamente um indicativo de que pastos estão em processo pleno de compensação (IAF constante) é manutenção de um coeficiente angular de $-3/2$ para a regressão linear entre $\log$ DPP e $\log$ peso seco de perfilhos. Por outro lado, outros coeficientes angulares podem ser observados quando há variações em IAF, relação área foliar:volume do perfilho (R) ou densidade aparente do perfilho, uma vez que essas mudanças representam um padrão de crescimento alométrico, associado a diferentes estratégias de otimização da área foliar do dossel (Sackville-Hamilton et al., 1995; Matthew et al., 1995; Hernandez-Garay et al., 1999; Sbrissia et al., 2001; Sbrissia & Da Silva, 2008). Os resultados de R e densidade aparente dos perfilhos não variaram com os tratamentos. Desse modo, a manutenção do IAF pode ser atribuída exclusivamente à compensação tamanho/densidade populacional de perfilho. Esse fato é confirmado pela análise do coeficiente angular ($-1,86$) obtido na regressão linear de $\log$ DPP e $\log$ peso seco do perfilho, que não apresentou diferença para $-1,5$, valor teórico para um IAF estável (Sackville-Hamilton et al., 1995; Matthew et al., 1995).

Giacomini et al. (2009b) demonstraram que esse não é o caso para metas pré-pastejo acima de 25 cm para o capim-marandu. O trabalho registrou variações nos valores de R de perfilhos basais conforme as metas pré/pós-pastejo utilizadas (95 ou 100% IL em pré-pastejo e 10 ou 15 cm em pós-pastejo). Essa resposta ocorre no sentido de otimizar a área foliar quando a DPP é reduzida pelo processo de auto-desbaste.

Ainda, variações em R e densidade aparente do perfilho são consequência da composição morfológica do dossel forrageiro, uma vez que a presença de colmo contribui para o volume e peso do perfilho, mas não para área foliar (Sackville-Hamilton et al., 1995; Matthew et al., 1995). A estabilidade do valor de R obtido pelas estratégias de manejo avaliadas são reflexo da relativa estabilidade na composição morfológica do dossel descrita anteriormente. Inclusive, a única variação em IAF

registrada foi para condição pós-pastejo entre verão (1,2) e outono (0,8). Essa pequena diferença pode ser explicada pela diferença em massa de forragem e porcentagem de folhas pós-pastejo entre os períodos (Tabelas 6 e 7). Na condição pós-pastejo não foram realizadas avaliações de perfilhos individuais, que poderiam revelar a influência dessa variação em composição morfológica no valor de R e densidade aparente do perfilho.

6.4. Intercepção luminosa e taxas de acúmulo de forragem

Os valores de IL obtidos durante o experimento também ajudam a confirmar a hipótese de que o IAF crítico pode ser obtido em diferentes alturas de manejo em sistemas rotativos. Conceitualmente, o IAF crítico é definido como IAF em que o dossel atinge 95% IL (Brougham, 1956). Considerando todas as alturas avaliadas, a intercepção luminosa pré-pastejo variou no máximo 1,1 ponto percentual em relação a esse valor, caso dos pastos manejados com as alturas 16/8 cm (Tabela 9).

Entretanto, a análise estatística detectou pequena diferença (aproximadamente 1 ponto percentual) entre a IL pré-pastejo dos pastos manejados com as alturas 25/12,5 cm e 22/11 cm em relação àqueles manejados com as alturas 19/9,5 cm e 16/8 cm. É reconhecido há muito tempo na literatura que a IL do dossel tem correlação forte com o seu IAF (Brougham, 1956), porém, outros componentes morfológicos, principalmente bainhas foliares, inevitavelmente contribuem para intercepção da radiação incidente (Parsons et al., 1983). Dessa forma, a massa de forragem e porcentagem de colmos pré-pastejo superiores nos pastos de maior altura podem ter contribuído para valores de IL ligeiramente superiores, apesar de não haver variações em IAF. A mesma relação pode ser observada na condição pós-pastejo, porém com maiores diferenças em IL, de até 9 pontos percentuais. Giacomini et al. (2009b) também não observaram diferenças no IAF pós-pastejo de capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo, entretanto houve diferenças de até 19 pontos percentuais na IL nessa condição (Sarmiento, 2007). Fato esse que não traz vantagens produtivas, uma vez que as bainhas foliares possuem atividade fotossintética extremamente reduzida (Parsons et al., 1983).

Além da composição morfológica, o ângulo da folhagem também influencia a relação entre IAF e IL (Brougham, 1957). Os pastos manejados com as alturas 16/8 cm apresentaram folhagem mais horizontal em relação àqueles manejados com as alturas 25/12,5 cm, o que teoricamente poderia gerar incremento na IL. Entretanto, a diferença de apenas 5,3° no ângulo da folhagem influenciou menos a IL do que a quantidade de colmos e material morto. A disposição da folhagem numa orientação mais horizontal em situações de desfolhação mais severa é uma estratégia das plantas

forrageiras para reduzir a probabilidade e os efeitos da desfolhação (Briske, 1996). Souza Júnior (2007) também relatou certa estabilidade nos valores de ângulo da folhagem para capim-marandu entre metas pré-pastejo de 95 e 100% IL e pós-pastejo de 10 e 15 cm. Nesse trabalho, variações maiores que 5° foram registradas apenas entre as estratégias mais contrastantes (95% IL e 10 cm vs 100% IL e 15 cm) e em uma única época do ano dentre as 5 avaliadas.

Na condição pós-pastejo, o ângulo da folhagem variou apenas com a época do ano, sendo 5° maior no verão, possivelmente devido a maior quantidade de colmos em valores absolutos no dossel forrageiro (maior massa de forragem e mesma porcentagem de colmos), uma vez que o analisador de dossel LAI 2000 não distingue componentes morfológicos na sua avaliação.

A relação entre IL e taxa de acúmulo de forragem também é relatada na literatura há pelo menos 60 anos (Brougham, 1956). Considerando-se a pequena variação em IAF e IL entre as estratégias de manejo utilizadas (tratamentos), resultado principalmente de diferenças na composição morfológica da massa de forragem dos pastos, a absorção de radiação incidente por folhas verdes provavelmente foi similar para as alturas avaliadas, o que gerou estabilidade nas taxas de acúmulo de forragem. Normalmente, taxas de acúmulo semelhantes em condições de dossel contrastantes são obtidas por variações em taxas de crescimento e senescência (Bircham & Hodgson, 1983; Parsons & Penning, 1988; Zanini, 2014). Entretanto, não há indícios dessa dinâmica nos dados coletados. Nesse caso, a estabilidade se deu em função de alterações morfogênicas e estruturais, com compensação plena entre tamanho e densidade populacional de perfilhos para construção do IAF crítico a partir de IAF pós-pastejo semelhantes.

A IL pré-pastejo permaneceu próxima a 95% em todas as alturas avaliadas e como consequência a taxa de acúmulo de forragem foi resultado principalmente do acúmulo de folhas, com pouca participação de colmo e material morto (Tabela 15), semelhante aos resultados obtidos em diversos experimentos que utilizaram a referência de 95% de IL como meta de manejo para interrupção da rebrotação (Korte et al., 1982; Parsons et al., 1988; Carnevalli et al., 2006; Barbosa et al., 2007; Giacomini et al., 2009a). Pedreira et al. (2009) acompanharam o acúmulo de colmo e material morto do capim-xaraés [*Urochloa brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] durante o período de rebrotação e verificaram que até a interceptação de 95% da luz incidente esses parâmetros se mantiveram relativamente baixos e estáveis, entretanto apresentaram significativo incremento após esse ponto da rebrotação. A taxa de acúmulo de material morto negativa observada no experimento reflete essa condição e representa o desaparecimento desse componente morfológico por decomposição ou pastejo ao longo do período experimental.

Os trabalhos também demonstraram que, ao atingir o nível de 95% IL, o dossel expressa a máxima taxa de acúmulo de folhas naquelas condições (Brougham, 1956; Carnevalli et al., 2006; Barbosa et al., 2007; Giacomini et al., 2009). Como não houve diferenças marcantes em IL, não é

possível afirmar que a taxa de acúmulo foi a máxima possível, porém foi similar a outros experimentos com capim-marandu que utilizaram essa meta de interceptação luminosa. Na média, a taxa de acúmulo de forragem durante o período experimental foi de 65 kg MS ha⁻¹ dia⁻¹, próximo ao reportado por Sarmiento (2007) em pastos de capim-marandu manejados a partir de 95% IL, que foi de 62 kg MS ha⁻¹ dia⁻¹.

A única variação em taxa de acúmulo detectada no experimento foi para o acúmulo de folhas entre o verão e outono, sendo superior no segundo período. Possivelmente, esse fato tem relação com o processo de florescimento ocorrido no verão, uma vez que a diferenciação e elevação do meristema apical cessa a produção de folhas nos perfilhos (Valentine & Matthew, 1999). A remoção da inflorescência, por sua vez, estimula a rebrotação de novos perfilhos da base do dossel, com produção principalmente de folhas (Valentine & Matthew, 1999).

6.5. Oportunidade para flexibilização das metas de manejo do capim-marandu

De forma geral, as respostas estruturais demonstraram alta plasticidade fenotípica para o capim-marandu dentro da amplitude de alturas utilizadas no experimento. Esse fato, representado pela compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos, demonstra que há possibilidade para flexibilização das metas de altura para o manejo rotativo dessa importante planta forrageira, assim como já reconhecido para sistemas sob lotação contínua (Sbrissia & Da Silva, 2008).

Sob o ponto de vista produtivo, todas estratégias utilizadas proporcionaram altas taxas de acúmulo de forragem, predominantemente de folhas, resultado da manutenção do IAF crítico e IL entre elas. Entretanto, alturas pré/pós-pastejo de 16/8 cm apresentaram DPP igual às alturas 19/9,5 cm, o que aponta que o limite de resistência da planta para formação do IAF crítico deve estar entre as menores alturas utilizadas. Sendo assim, seguramente é possível utilizar alturas pré-pastejo de 19 a 25 cm com severidade de 50% de desfolhação como metas de manejo para o capim-marandu em condições de campo, sem prejuízos para produção ou estrutura e perenidade da pastagem. Em situações de rápido incremento ou redução nas taxas de crescimento da pastagem, o manejador teria a opção de utilizar uma amplitude de alturas pré-pastejo (19 a 25 cm) como forma de facilitar o planejamento da rotação entre os piquetes. Entretanto, é necessária uma próxima etapa de avaliação, envolvendo respostas dos animais nessa amplitude de utilização do capim-marandu, uma vez que a estrutura do dossel é determinante do consumo, desempenho e taxa de lotação (Hodgson, 1990).

7. CONCLUSÃO

- O capim-marandu possui alta plasticidade fenotípica e é capaz de manter IAF e IL relativamente constante entre as alturas pré-pastejo de 25 a 16 cm, quando desfolhados com severidade de 50%.
- O mecanismo de compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos ocorre entre as alturas pré/pós-pastejo de 25/12,5 cm a 19/9,5 cm.
- É possível flexibilizar a altura pré-pastejo do capim-marandu entre 19 e 25 cm sem prejuízo para produção da forragem, desde que a desfolhação seja moderada (50%).

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, F. M. E. **Produção de forragem e valor alimentício do capim-marandu submetido a regimes de lotação contínua por bovinos de corte**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2003. 125p.
- BARBOSA, R. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V. P. B.; DA SILVA, S. C.; ZIMMER, A. H.; TORRES JÚNIOR, R. A. A. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidades e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 329-340, 2007.
- BIRCHAM, J. S.; HODGSON, J. The influence of swards conditions on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous grazing management. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 38, p. 323-331, 1983.
- BRADSHAW, A. D. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. **Advances in Genetics**, v. 13, p. 115-155, 1965.
- BRISKE, D. D. Strategies of plant survival in grazed systems: a functional interpretation. In: HODGSON, J., ILLIUS, A. W. (Eds.). **The ecology and management of grazing systems**. Oxon: CAB International, 1996, p. 37- 67.
- BROUGHAM, R. W. A study in rate of pasture growth. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 6, p. 804-812, 1955.
- BROUGHAM, R. W. Effects of intensity of defoliation on regrowth of pasture. **Australian Journal of Agriculture Research**, v. 7, p. 377-387, 1956.
- BROUGHAM, R. W. Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 9, p. 39-52, 1957.
- CARNEVALLI, R.A. **Dinâmica da rebrotação de pastos de capim-Mombaça submetidos a regimes de desfolhação intermitente**. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2003. 136p.
- CARNEVALLI, R. A.; DA SILVA, S. C.; BUENO, A. A.O.; UEBELE, M. C.; BUENO, F. O.; HODGSON, J.; SILVA, G. N.; MORAIS, J. P. G. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, v. 40, n. 3, p. 165-176, 2006.

- CARVALHO, P. C. F. O manejo da pastagem como gerador de ambientes pastoris adequados à produção animal. In: PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C.; DA SILVA, S. C.; FARIA, V. P. (Eds.). **Teoria e Prática da Produção Animal em Pastagens**. Piracicaba, 2005, p. 7-32.
- CHAPMAN, D. F.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: BAKER, M.J. (Ed.) **Grasslands for our world**. SIR Publishing, New Zealand. 1993, p. 55-64.
- CONGIO, G. F. S.; CHIAVEGATO M. B.; BATALHA, C. D. A.; OLIVEIRA, P. P. A.; MAXWELL, T. M. R.; GREGORINI, P.; DA SILVA, S. C. Strategic grazing management and nitrous oxide fluxes from pasture soils in tropical dairy systems. **Science of The Total Environment**, v. 676, p. 493-500, 2018.
- DA SILVA, S. C.; PEDREIRA, C. G. S. Princípios de ecologia aplicados ao manejo da pastagem. In: FAVORETTO, V.; RODRIGUES, L. R. A.; RODRIGUES, T. J. D. (Eds.). **Anais do 3º Simpósio sobre Ecossistema de Pastagens**. Jaboticabal - SP: FUNEP, 1997, v. 3, p. 1-62.
- DA SILVA, S. C.; CORSI, M. Manejo do pastejo. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; DA SILVA, S. C.; DE FARIA, V. P. (Eds.). **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS**, 20., 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 155-186.
- DA SILVA, S. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, *suplemento especial*, p. 121-138, 2007.
- DA SILVA, S.; SBRISSIA, A.; PEREIRA, L. Ecophysiology of C4 forage grasses: understanding plant growth for optimizing their use and management. **Agriculture**, v. 5, p. 598-625, 2015.
- DAVIES, A. The regrowth of grass swards. In: JONES, M.B.; LAZENBY, A. (Eds.). **The Grass Crop**. London: Chapman and Hall, 1988, p. 85-127.
- DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402).
- DIFANTE, G. S.; EUCLIDES, V. P. B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; BARBOSA, R. A.; TORRES JÚNIOR, R. A. A. Desempenho e conversão alimentar de novilhos de corte em capim-tanzânia submetido a duas intensidades de pastejo sob lotação rotativa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 1, p. 33-41, 2010.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- FAGUNDES, J. L.; DA SILVA, S. C.; PEDREIRA, C. G. S.; SBRISIA, A. F.; CARNEVALLI, R. A.; CARVALHO, C. A. B.; PINTO, L. F. M. Índice de área foliar, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob diferentes intensidades de pastejo. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 4, p. 1141-1150, 1999.
- FARIA, V. P.; PEDREIRA, C. G. S.; SANTOS, F. A. P. Evolução do uso de pastagens para bovinos. In: **Anais do 13º Simpósio sobre Manejo da Pastagem**. Piracicaba: FEALQ, 1996, p. 1-15.
- GIACOMINI, A. A. **Demografia do perfilhamento e produção de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a regimes de lotação intermitente por bovinos de corte**. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2007. 175p.
- GIACOMINI, A. A.; DA SILVA, S. C.; SARMENTO, D. O. L.; ZEFERINO, C. V.; SOUZA JUNIOR, S. J.; TRINDADE, J. K.; GUARDA, V. A.; NASCIMENTO JUNIOR, D. Growth of marandu palisadegrass subjected to strategies of intermittent stocking. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 6, p. 733-741, 2009a.
- GIACOMINI, A. A.; DA SILVA, S. C.; SARMENTO, D. O. L.; ZEFERINO, C. V.; TRINDADE, J. K.; SOUZA JUNIOR, S. J.; GUARDA, V. A.; SBRISIA, A. F.; NASCIMENTO JUNIOR, D. Components of the leaf area index of marandu palisadegrass swards subjected to strategies of intermittent stocking. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 6, p. 721-732, 2009b.
- GIMENES, F. M. A.; DA SILVA, S. C.; FIALHO, C. A.; GOMES, M. B.; BERNDT, A.; GERDES, L.; COLOZZA, M. T. Ganho de peso e produtividade animal em capim-marandu sob pastejo rotativo e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 7, p. 751-759, 2011.
- GRANT, S. A.; KING, J. Grazing management and pasture production: the importance of sward morphological adaptations and canopy photosynthesis. In: THE HILL FARMING RESEARCH ORGANISATION. Edinburgh, Escócia. 1982-83. Palmerston North, 1983. p. 119-129. (Biennial report)
- HAY, R. K. M.; WALKER, A. J. **An introduction to the physiology of crop yield**. Essex: Longman Scientific and Technical, 1989. 292p.

- HERNÁNDEZ GARAY, A.; MATTHEW, C.; HODGSON, J. Tiller size-density compensation in ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. **Grass and Forage Science**, v. 54, n. 4, p. 347-356, 1999.
- HODGSON, J.; MAXWELL, T. J. Maxwell. Grazing research and grazing management. In: THE HILL FARMING RESEARCH ORGANISATION, 1979-1981, p. 169--187. (Biennial report)
- HODGSON, J. The significance of sward characteristics in the management of temperate sown pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 15., Kyoto, 1985. **Proceedings...**, Nishi-Nasuno: Japanese Society of Grassland Science, 1985, p.63-67.
- HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. Essex, England, Longman Scientific & Technical, 1990. 203p.
- HODGSON, J.; DA SILVA, S. C. Options in tropical pasture management. In: BATISTA, A. M. V.; BARBOSA, S. B. P.; SANTOS, M. V. F. & FERREIRA, L. M. C. (Eds.). Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 39, Recife, 2002. **Anais...**, Recife: SBZ, 2002, p. 180-202.
- HUMPHREYS, L. R. A brief history of the International Grassland Congress. In: O'MARA, F. P.; WILKINS, R. J.; MANNETJE, L. 't.; LOVETT, D. K.; ROGERS, P. A. M.; BOLAND, T. M. (Eds.). XX International Grassland Congress, 2005. **Proceedings...** Dublin, Ireland, 2005, p. 45-52.
- KORTE, C. J.; WATKIN, B. R.; HARRIS, W. Use of residual leaf area index and light interception as criteria for spring-grazing management of a ryegrass-dominant pasture. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 25, p. 309-319, 1982.
- LACA, E. A., LEMAIRE, G. Measuring sward structure. In: MANNETJE, L. 't.; JONES, R.M. (Eds.). **Field and laboratory methods for grassland and animal production research**. Wallingford: CAB International, 2000. p. 103-122.
- LANGER, R. H. M. Tillering in herbage grasses. **Herbage Abstracts**, v. 33, n. 3, p. 141-148, 1963.
- LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.) **The ecology and management of grazing systems**. CAB International, London, UK. 1996, p. 3-36.
- LITTEL, R. C.; PENDERGAST, J.; NATARAJAN, R. Modelling covariance structure in the analysis of repeated measures data. **Statistics in Medicine**, v. 19, p. 1793-1819, 2000.

- MARCELINO, K. R. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; DA SILVA, S. C.; EUCLIDES, V. P. B.; FONSECA, D. M. Características morfogênicas e estruturais e produção de forragem do capim-marandu submetido a intensidades e frequências de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 6, p. 2243-2252, 2006.
- MATTHEW, C.; LEMAIRE, G.; HAMILTON, N. R. S.; HERNÁNDEZ-GARAY, A. H. A modified self-thinning equation to describe size/density relationships for defoliated swards. **Annals of Botany**, v. 76, n. 6, p. 579-587, 1995.
- MATTHEW, C.; ASSUERO, S. G.; BLACK, C. K.; SACKVILLE-HAMILTON, N. R. Tiller dynamics of grazed swards. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; NEBINGER, C. (Eds.). **Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology**. Wallingford: CABI Publishing, 2000. cap. 7, p.127-150.
- MATTHEW, C.; PEREIRA, L. E. T. Forage Plant Ecophysiology: A Discipline Come of Age. **Agriculture**, v. 7, n. 8, p. 1-9, 2017.
- MCMECKAN, C. P. Interdependence of grassland and livestock in agricultural production. In: **Proceedings of the 6th International Grassland Congress**, 1952, v.1, p. 149-161.
- MCMECKAN, C. P. Grazing management and animal production. In: **Proceedings of the 7th International Grassland Congress**, 1956, p. 146-156.
- MCMECKAN, C. P. Grazing management. In: **Proceedings of the 8th International Grassland Congress**, 1960, p. 21-26.
- MISLEVY, P.; MOTT, G. O.; MARTIN, F. G. Screening perennial forages by mob-grazing technique. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 14., 1983, Lexington. **Proceedings...** Boulder: Westview Press, 1983. p. 516-519.
- MOLAN, L. K. **Estrutura do dossel, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a alturas de pastejo por meio de lotação contínua**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2004. 159p.
- MOTT, G.O. Grazing pressures and the measurement of pastures production. In: **Proceedings of the 8th International Grassland Congress**, 1960, p. 606-611.

- NABINGER, C.; PONTES, L. S. Morfogênese de plantas forrageiras e a estrutura do pasto. In: MATTOS, W.R.S.; FARIA, V.P.; DA SILVA, S.C.; NUSSIO, L.G.; MOURA, J.C. (Eds.). REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 755-771.
- NUNES, S. G.; BOOCK, A.; PENTEADO, M. I. O.; GOMES, D. T. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. 2.ed. Campo Grande: EMBRAPA CNPGC, 1984. 31p. (EMBRAPA-CNPGC, Documentos, 21).
- PADILHA, D. A. **Acúmulo de forragem e composição química em pastos de capim-quicuiu submetidos a estratégias de lotação intermitente.** Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, 2013. 62p.
- PARSONS, A. J.; LEAFE, E. L.; COLLETT, B.; STILES, W. The physiology of grass production under grazing. 1.characteristics of leaf and canopy photosynthesis of continuously grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, v. 20, p. 117-126, 1983.
- PARSONS, A. J.; JOHNSON, I. R.; HARVEY, A. Use of a model to optimize the interaction between frequency and severity of intermittent defoliation to provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. **Grass and Forage Science**, v. 43, p. 49-59, 1988.
- PARSONS, A. J.; PENNING, P. D. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. **Grass and Forage Science**, v. 43, n. 1, p. 15-27, 1988.
- PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S.; DA SILVA, S. C. Acúmulo de forragem durante a rebrotação de capim-xaraés submetido a três estratégias de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 4, p. 618-625, 2009.
- PEDREIRA, C. G. S. Métodos de Pastejo. In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros.** Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel - ME, 2013. cap. 31, p. 481-497.
- PEREIRA, L. E. T.; PAIVA, A. J.; GUARDA, V. A.; PEREIRA, P. M.; CAMINHA, F. O.; DA SILVA, S. C. Herbage utilisation efficiency of continuously stocked marandu palisade grass subjected to nitrogen fertilisation. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 2, p. 114-123, 2015.
- SACKVILLE HAMILTON, N. R.; MATTHEW, C.; LEMAIRE, G. In defence of the $-3/2$ boundary rule: a re-evaluation of self-thinning concepts and status. **Annals of Botany**, v. 76, p. 569-577, 1995.

- SANTOS, G. T. **Dinâmica e compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-quicuí sob lotação intermitente.** Tese (Doutorado) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, 2014. 104p.
- SARMENTO, D.O.L. **Produção, composição morfológica e valor nutritivo da forragem em pastos de *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf. cv Marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo por bovinos de corte.** Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, 2007. 144p.
- SBRISSIA, A. F.; DA SILVA, S. C. O ecossistema de pastagens e a produção animal. In: MATTOS W.R.S.; FARIA, V.P.; DA SILVA, S.C.; NUSSIO, L.G.; MOURA, J.C., (Eds.). REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p. 731-754.
- SBRISSIA, A. F.; DA SILVA, S. C.; CARVALHO, C. A. B.; CARNEVALLI, R. A.; PINTO, L. F. M.; FAGUNDES, J. L.; PEDREIRA, C. G. S. Tiller size/population density compensation in Coastcross Bermudagrass swards. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 4, p. 655-665, 2001.
- SBRISSIA, A. F. **Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim-Marandu sob lotação contínua.** Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2004. 171p.
- SBRISSIA, A. F.; DA SILVA, S. C.; MOLAN, L.K.; SARMENTO, D.O.L.; ANDRADE, F.M.E.; LUPINACCI, A.V.; GONÇALVES, A.C. A simple method for measuring tiller volume of grasses. **Grass and Forage Science**, v. 59, *research note*, p. 406-410, 2004.
- SBRISSIA, A. F.; DA SILVA, S. C. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 1, p. 35-47, 2008.
- SOUZA JUNIOR, S. J. **Estrutura do dossel, interceptação de luz e acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo por bovinos de corte.** Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2007. 122p.
- TAINTON, N. M. Effects of different grazing rotations on pasture production. **Grass and Forage Science**, v. 29, n. 3, p. 191-202, 1974.

- TRINDADE, J. K.; DA SILVA, S. C.; SOUZA JÚNIOR, S. J.; GIACOMINI, A. A.; ZEFERINO, C. V.; GUARDA, V. A.; CARVALHO P. C. F. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 6, p. 883-890, 2007.
- VALENTINE, I.; MATTHEW, C. Plant growth, development and yield. In: WHITE, J.; HODGSON, J. (Eds.). **New Zealand – Pasture and Crop Science**, Oxford: Cambridge University Press, 1999, p. 11-27.
- VALL S, J. F. M.; SENDULSKY, T. Descrição botânica. In: VALLS, J.F.M. Carta, 6 de julho de 1984. Brasília, para Saladino G. N. Campo Grande, MS. p. 4-6.
- VALLE, C. B.; BARRIOS, S. C. L.; JANK, L.; SANTOS, M. F. Melhoramento de plantas forrageiras para uma pecuária de baixa emissão de carbono. In: PEDREIRA, B. C.; PEREIRA, D. H.; PINA, D. S.; CARNEVALLI, R. A.; LOPES, L. B. (Eds.). **Intensificação da produção animal em pastagens**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 109-139.
- WATSON, D. J. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, Oxford, v.11, p. 41-76, 1947.
- WATSON, D. J. The dependence of net assimilation on leaf area index. **Annals of Botany**, N.S., v. 22, p. 255-261, 1958.
- WILSON, D. B.; McGUIRE, W. S. Effects of clipping and nitrogen on competition between three pasture species. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 41, p. 631-642, 1961.
- YODA, K.; KIRA, T.; OGAWA, H.; HOZUMI, K. Intraspecific competition among higher plants. XI Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivate and natural conditions. **Journal of The Institute of Polytechnics**, v. 14, p. 107-129, 1963.
- ZANINE, A. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, M. E. R.; PENA, K. S.; DA SILVA, S. C.; SBRISSIA, A.F. Características estruturais e acúmulo de forragem em capim-tanzânia sob pastejo rotativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 11, p. 2364-2373, 2011.
- ZANINI, G. D. **Flexibilidade do manejo de altura do pastejo em pastos de capim-quicuí submetido a mesma proporção de desfolha**. Tese (Doutorado) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, 2014. 94p.

ZIMMER, A. H.; EUCLIDES, V. P. B. Importância das pastagens para o futuro da pecuária de corte no Brasil. In: SIMPOSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 2000, Lavras. Temas em evidencia. Lavras: UFLA, 2000, p. 1-49.