

Clovis David Medeiros Martins

**RELAÇÕES ENTRE INTENSIDADES DE DESFOLHA E O POTENCIAL PRODUTIVO
EM PASTOS DE CAPIM QUICUIU, AZEVÉM ANUAL E AVEIA PRETA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. André Fischer Sbrissia

LAGES – SC

2017

**Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com
auxílio do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC**

Medeiros Martins, Clovis David
RELAÇÕES ENTRE INTENSIDADES DE DESFOLHA E O
POTENCIAL PRODUTIVO EM PASTOS DE CAPIM QUICUIU,
AZEVÉM ANUAL E AVEIA PRETA / Clovis David Medeiros
Martins. - Lages , 2017.
80 p.

Orientador: André Fischer Sbrissia
Tese (Doutorado) - Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Lages,
2017.

1. índice de área foliar. 2. área foliar média.
3. densidade populacional de perfilhos. 4.
severidade de desfolhação. 5. auto-desbaste. I.
Fischer Sbrissia, André . II. Universidade do
Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação.
III. Título.

CLOVIS DAVID MEDEIROS MARTINS

**RELAÇÕES ENTRE INTENSIDADES DE DESFOLHA E O POTENCIAL PRODUTIVO
EM PASTOS DE CAPIM QUICUIU, AZEVÉM ANUAL E AVEIA PRETA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

Banca Examinadora

Orientador:


Prof. Dr. André Fischer Sbrissia
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC/CAV)

Membro:


Prof. Dr. Henrique Mendonça Nunes Ribeiro Filho
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC/CAV)

Membro:


Dr. Nelson Eduardo Prestes
Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural – EPAGRI

Membro:


Prof. Dra. Kelen Cristina Basso
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Membro:


Dr. Rodrigo Amorim Barbosa
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA - GADO DE CORTE)

Lages, 26 de junho de 2017

Dedico os meus queridos: mãe Deucélia e pai Iosnir por todo carinho, apoio, paciência e respeito nessa trajetória de minha vida.

Ofereço ao meu avô Clovis Medeiros (“*in memorian*”), por herdar teu nome e ser meu modelo de virtude, justiça, humildade, compaixão e amor ao próximo.

AGRADECIMENTOS

É um desafio tão grande quanto escrever esta Tese, foi utilizar apenas duas páginas para agradecer ao onipotente e as pessoas que fizeram parte desta minha trajetória de 52 meses na Universidade do Estado de Santa Catarina.

Agradeço à Deus primeiramente, por todas as bênçãos que colocou em minha vida para me dar capacidade de adquirir conhecimento, amores, amizades, prosperidade e alegrias.

A minha abençoada família; pai, Iosnir Carvalho Martins e mãe, Deucélia Madalena Flores Medeiros Martins pela educação que me proporcionaram, por me ofereceram a oportunidade de estudar, me apoiarem com paciência, carinho e amor apesar de todas as “pedras no caminho” de nossas vidas.

À Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e a FAPESC/Capes por me conceder a oportunidade de realizar o doutoramento e auxílio financeiro.

Ao professor André Fischer Sbrissia pela orientação, formação humana, indicação de ideias, paciência e compreensão que teve durante os anos de doutoramento.

Aos bolsistas e estagiários do núcleo de pesquisa em pastagens (NUPEP) que forneceram, apoio, auxílio, amizade e felicidade durante os anos experimentais: Gustavo Damaso, Elvys Steinheuser, Daniel Linhares, Luana Campioni, Bruna Alice Carpes, Emanuel Favareto, Rodrigo Weingartner, Andreza Melo, Luana Fidelis Américo, Maria Tereza Grasel Rodrigues, Márcia Oziembowski e Matheus Luis Niehues.

A minha equipe de pesquisa (doutorandos e mestrandos) pela amizade, apoio de campo, discussões e sugestões: Daniel Schimitt, Cauby de Medeiros Neto, Jaciara Diavão, Tiago Miqueloto e Joilson Echeverria Roda.

Aos colegas e amigos de pós-graduação do NUPEP: Angela Bernardon, Cintia Hoffer da Rocha, Fabio Luís Winnter, Gabriela Cristina Guzatti, Gabriela Trevisan Santos, Guilherme Doneda Zanini, Luis Della Giustina, Pablo Giliard Zanella.

As sugestões e auxílio estatísticos dos caros colegas e amigos Cleverson de Souza e Paulo Duchini.

Em especial ao amigo Tiago Miqueloto e sua família por terem me recebido com amizade e carinho quando cheguei ao estado de Santa Catarina.

Aos colegas de República: Júlio Cesar Amâncio, Eduardo Kenji Araki, Gentil Gabardo, Jonathan Barbosa (Colombiano) pela amizade, companheirismo e felicidade que me passaram em Lages.

Aos amigos lageanos Fernando Amaral Martins e Paulo Correa (Paulinho) pela amizade enraizada na cidade de Lages.

Aos meus caros amigos de Aquidauana: Eduardo Niz, Tiago Alexandre Vilasante Vedovado e Rodgers Maurizio Quadros Batista e família por não medirem esforços nas visitas em minha casa em Lages, pelo apoio e amizade ímpar.

Se eu manejasse um arado, pastoreasse um rebanho, cultivasse uma horta, remendassem uma veste, ninguém me daria atenção, poucos me observariam, raras pessoas me censurariam e eu poderia facilmente agradar a todos. Mas, por ser eu delineador do campo da natureza, por estar preocupado com o alimento da alma, interessado pela cultura do espírito e dedicado à atividade do intelecto, eis que os visados me ameaçam, os observados me assaltam, os atingidos me mordem, os desmascarados me devoram. E não é só um, não são poucos, são muitos, são quase todos. (Giordano Bruno)

Agora, pois, permanecem a fé, a esperança e o amor, estes três, mas o maior destes é o amor. (Paulo de Tarso, Carta de São Paulo a Coríntios 1:13)

RESUMO

MARTINS, Clovis David Medeiros. **Relações entre intensidades de desfolha e o potencial produtivo em pastos de capim quicuiu, azevém anual e aveia preta.** 2017, 80 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal). Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Ciência Animal. Lages, 2017.

Este trabalho partiu da hipótese que a intensificação da produção animal em pastagem passa obrigatoriamente por uma desintensificação da proporção de forragem colhida favorecendo aspectos produtivos da planta forrageira e que os mecanismos ecológicos de compensação tamanho/densidade de perfilhos podem agir de forma antagônica sobre o IAF entre espécies de gramíneas forrageiras. O objetivo deste trabalho foi avaliar as relações entre a estrutura do pasto criada por estratégias de desfolhação por meio da proporção de desfolhação em alturas baseadas em meta máxima de manejo, além de determinar a capacidade produtiva dos pastos através da determinação da taxa de acúmulo em uma espécie forrageira perene de verão e duas anuais de inverno submetidas a corte e/ou pastejo com manejo em lotação intermitente e contínuo ao longo de diferentes épocas. Para isso foram conduzidos dois experimentos: o experimento 1 foi constituído de três ensaios e avaliou os efeitos das intensidades de desfolha leniente (L, 20%), moderada (M, 40-50%), severa (S, 60%) e muito severa (MS, 70-80%) no índice de área foliar (IAF), na taxa de acúmulo de forragem (Tacf), taxa de acumulo média (Tam), na altura em taxa média máxima de acúmulo (Atam_{max}) e a contribuição da densidade de perfilhos (DPP) e da área foliar média por perfilho (Af) no aumento do IAF ao longo da rebrota em pastos mantidos sob lotação intermitente. O ensaio I foi realizado no verão de 2014 com o capim-quicuiu (*Pennisetum clandestinum* Hochst ex. Chiov) sendo pastejado a 40, 50, 60 e 70% de intensidade de pastejo a partir de uma altura de 25 cm entrada, em um delineamento experimental em blocos ao acaso com três repetições; O ensaio II foi realizado no inverno e primavera de 2014 com o azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam. cv. Comum) sendo desfolhado por meio de corte mecânico em 20, 40, 60 e 80% da altura inicial estipulada de 20 cm em um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições e, o ensaio III, em pastos de aveia preta, foi constituído pelas combinações entre três severidades realizadas por cortes de 40, 60 e 80% da altura inicial de 25 cm e duas doses de nitrogênio (N) 50 kg de N.ha⁻¹ e 150 kg de N.ha⁻¹ em um delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (3x2) com três repetições. O experimento 2 foi conduzido em dois ensaios com o objetivo de avaliar os mecanismos de compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em duas espécies forrageiras e testar se as variações no IAF, Af e DPP poderiam explicar variações no índice de potencial produtivo (IPP) em pastos submetidos a diferentes alturas de corte simulando lotação contínua. Os ensaios I e II do experimento 2 foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado. O ensaio I foi constituído de quatro estratégias de manejo do capim-quicuiu (7,5; 15; 22,5 e 30 cm) no verão e outono de 2014 com três repetições de piquetes pastejados por bovinos. No ensaio II o azevém anual foi avaliado no inverno e primavera de 2015 submetidos a manejo de cortes, onde os tratamentos corresponderam as alturas de 6, 12, 18, 24 e 30 cm com quatro repetições. No experimento 1 em ambos os ensaios a Tacf foi maior com manejo L e M, os quais variaram de 135 a 150 kg de MS.ha⁻¹.dia⁻¹ comparados aos manejos S e SM (50 a 100 kg de MS.ha⁻¹.dia⁻¹). Os pastos desfolhados S e SM apresentaram Atam_{max} maiores do que os pastos desfolhados

em L e M. Os maiores incrementos em Tam são favorecidos mais por aumentos em Af do que em DPP. No experimento 2 os pastos de capim-quicuiu apresentaram o mesmo IAF (6,5) nas alturas de 7,5; 15 e 22,5 onde a planta ajustou o IAF por incrementos em Af e DPP, possibilitando a planta ser manejada em desfolhações severas em comparação aos pastos de azevém anual quando submetidos a lotação continua. O azevém anual no experimento 2 e todas as espécies de gramíneas do experimento 1 apresentaram uma relação inversa entre a altura e o IPP. Em conclusão, desfolhações severas reduzem a capacidade produtiva dos pastos em ambos os métodos de lotação.

Palavras chave: índice de área foliar; área foliar média; densidade populacional de perfilhos; severidade de desfolhação; auto-desbaste; índice de produtividade do relvado.

ABSTRACT

MARTINS, Clovis David Medeiros. **Relationship between defoliation intensities and the productive potential in pastures of quicuiu grass, annual ryegrass and black oats.** 2017. 80 p. Thesis (Doctorate in Animal Science – Area: Animal Production. Santa Catarina State University. Post Graduate Program in Animal Science. Lages, 2017.

This work was based on the hypothesis that the intensification of pasture based animal production requires a de-intensification of the proportion of harvested forage favoring productive aspects of the forage plant and that the ecological mechanisms of tiller size/density compensation can act antagonistically on the LAI among species of forage grasses. The objective of this work was to evaluate the relationships between the pasture structure created by defoliation strategies by means of the proportion of defoliation at heights based on maximum management targets, as well as to determine the productive capacity of the pastures by determining the rate of accumulation in one warm perennial grass and two cool season annuals grasses submitted to cut and / or grazing in intermittent and continuous stocking methods. Two experiments were carried out: experiment 1 consisted of three trials and evaluated the effects of lenient (L, 20%), moderate (M, 40-50%), severe (S, 60%) and extremely severe (ES) defoliation intensities on leaf area index (LAI), forage accumulation rate (FAR), mean accumulation rate (FARm), height at maximum average rate of accumulation (HFARm_{max}), and tiller population density (TPD) contribution and average leaf area per tiller (L_a) in the LAI increase along the regrowth in pastures kept under intermittent stocking. Trial I was carried out in the summer of 2014 with kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum* Hochst ex Chiov) being grazed at 40, 50, 60 and 70% from a pre-grazing height of 25 cm according to a experimental design in randomized blocks with three replicates; Trial II was performed in winter and spring of 2014 with annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam. Cv. Common) being defoliated by mechanical cutting at 20, 40, 60 and 80% of the initial stipulated height of 20 cm in a completely randomized design with four replicates, and trial III in black oats pastures was composed of the combinations between three severities performed by cuts of 40, 60 and 80% of the initial height of 25 cm and two doses of nitrogen (N) 50 kg of N.ha⁻¹ and 150 kg of N.ha⁻¹ in a completely randomized design in factorial arrangement (3x2) with three replicates. Experiment 2 was conducted in two trials with the objective of evaluating the tiller size/density relationships mechanisms in two forage species and to test if variations in LAI, Af and TPD could explain variations in the productive potential index (PPI) in pastures submitted to different cutting heights simulating continuous stocking. Trials I and II of experiment 2 were conducted in a completely randomized design. Trial I was constituted of four strategies of management of quicuiu grass (7.5; 15; 22.5 and 30 cm) in the summer and fall of 2014 with three replicates of pastures grazed by cattle. In the second trial, annual ryegrass was evaluated in the winter and spring of 2015 submitted to cuts management, where the treatments corresponded to heights of 6, 12, 18, 24 and 30 cm with four replications. In the experiment 1 in both trials FAR was higher with L and M management, which ranged from 135 to 150 kg of MS.ha⁻¹.day⁻¹ compared to the S and SM managements (50 to 100 kg of MS.ha⁻¹.day⁻¹). Defoliated pastures S and ES showed HFARm_{max} greater than the L and M defoliated pastures. Larger increases in Tam are favored more by increases in L_a than in TPD. In experiment 2, Kikuyu grass showed the same LAI (6.5) at heights of 7.5; 15 and 22.5 where the plant adjusted the LAI by increments in L_a and TPD, allowing the plant to be managed in severe defoliation in comparison to annual ryegrass pastures when submitted to continuous stocking. The

annual ryegrass in experiment 2 and all grass species of experiment 1 had an inverse relationship between height and PPI. In conclusion, severe defoliation reduces the productive capacity of pastures in both stocking methods.

Key words: leaf area index; average leaf area; tiller population density; defoliation severity; self-thinning; sward productivity index.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Características químicas do solo do experimento	37
Tabela 2 -	Ensaios, datas de aplicação, tipo de fertilizante e quantidade de fósforo, potássio, cálcio e nitrogênio durante o período experimental.....	37
Tabela 3 -	Condições climáticas médias mensais durante os anos de experimento (2014 e 2015)	38
Tabela 4 -	Altura do resíduo (cm), meta de corte/pastejo (cm), incremento de altura (cm), tempo médio de rebrota (dias) e alturas de corte (cm) para cada ensaio e seus respectivos tratamentos	41
Tabela 5 -	Taxa de acúmulo máxima (Tam_{max} , $kg\ de\ MS.ha^{-1}.dia^{-1}$), taxa de acúmulo em altura meta de corte (Tam_{meta} , $kg\ de\ MS.ha^{-1}.dia^{-1}$), período para atingir a taxa de acúmulo máxima (<i>dias</i>), altura em taxa de acúmulo máxima ($Atam_{max}$, <i>cm</i>) e altura meta de corte (A_{meta} , <i>cm</i>) baseados meta máxima de manejo pastos de capim-quiuiu, azevém anual e aveia preta submetidos a diferentes proporções de desfolhação	52
Tabela 6 -	Características químicas do solo do experimento	58
Tabela 7 -	Ensaios, datas de aplicação, tipo de fertilizante e quantidade de fósforo, potássio, cálcio e nitrogênio durante o período experimental.....	58
Tabela 8 -	Condições climáticas médias mensais durante o ano do experimento (2014)	59
Tabela 9 -	Índice de área foliar (IAF), densidade populacional de perfilhos (DPP), área foliar média (A_f), peso médio por perfilho (PMP) e Massa de forragem (MF) de pastos de capim-quicuiu e azevém anual em diferentes alturas de corte	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Relação entre crescimento total (●—●), senescênci a foliar (■---■), produção líquida de forragem (▲.....▲), altura do pasto e IAF	24
Figura 2 -	Curvas decrescimento em pastos após a desfolhação	25
Figura 3 -	Dinâmica do acúmulo de forragem durante a rebrotação do capim-Mombaça pastejado com 100% de interceptação de luz e 50 cm de resíduo.....	27
Figura 4 -	Taxa de acúmulo de forragem (círculos) e biomassa acumulada (barras) em pastos de capim-quicuiu submetidos à diferentes alturas de entrada e mesma proporção de rebaixamento (50%).....	28
Figura 5 -	Ilustração esquemática da compensação multifásica tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos sob desfolha	31
Figura 6 -	Taxas de acúmulo média (barras) e IAF médio (pontos) de pastos sobre diferentes severidades de desfolhação: a) capim-quicuiu (verão e outono de 2014); b) azevém anual (outono e inverno de 2014); c) aveia preta (outono e inverno de 2015)	44
Figura 7 -	Taxas de acúmulo média (7a, 7c e 7e) e instantânea (7b, 7d e 7f) de pastos sobre diferentes severidades de desfolhação ao longo do tempo da rebrota. Capim-quicuiu (a, b), azevém anual (c, d) e aveia preta (e, f)	46
Figura 8 -	Contribuições da densidade populacional de perfilhos (DPP, 8a, 8c e 8e) e área foliar média por perfilho (Af, 8b, 8d e 8f) na construção do IAF de pastos de capim-quicuiu (a,b), azevém anual (c,d) e aveia preta (e,f) sobre diferentes severidades de desfolhação	48
Figura 9 -	Relação entre o índice de eficiência da folha (IEF) e o IAF de pastos de capim-quicuiu (a), azevém (b) e aveia (c) submetidos a diferentes intensidades de desfolhação	54
Figura 10 -	Coordenadas x/y do log da densidade populacional e do log da massa média por perfilho em pastos de capim-quicuiu (—) e azevém anual (---) em diferentes alturas de corte. A linha pontilhada (....) representa a reta teórica de inclinação -1,5 que indica IAF constante	65
Figura 11 -	Distâncias entre pontos à reta teórica -3/2 e índice de área foliar (IAF) de pastos de capim-quicuiu (▲) e azevém anual (●) em diferentes alturas de corte	65
Figura 12 -	Contribuição da densidade populacional de perfilhos (DPP) e da área foliar média (Af) em diferentes alturas de corte de pastos de capim-quicuiu (—) e azevém anual (---)	69
Figura 13 -	Coordenadas x/y do log da densidade populacional e do log da massa média por perfilho (a) e coordenadas x/y da distâncias entre pontos à reta teórica -3/2 e IAF médio (b) em pastos de capim-quicuiu (—) e azevém anual (---) e aveia preta (—. —) em diferentes severidades de desfolhação. A linha pontilhada (....) representa a reta teórica de inclinação -1,5 que indica IAF constante	72

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	22
REVISÃO DE LITERATURA	23
Acúmulo de forragem em pastos submetidos a lotação contínua	23
Acúmulo de forragem em pastos submetidos a lotação intermitente.....	25
A importância do IAF no crescimento de plantas forrageiras	28
Efeito dos processos de auto-desbaste no IAF e capacidade produtiva das pastagens	30
HIPÓTESES.....	34
OBJETIVOS.....	34
COMO A INTENSIDADE DE DESFOLHA AFETA O ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR E O ACÚMULO DE FORRAGEM EM PASTOS?	35
Introdução	35
Material e métodos.....	36
Resultados	43
Discussão	49
Conclusões	55
RELAÇÃO FUNCIONAL ENTRE TAMANHO/NÚMERO DE PERFILHOS EM PASTOS DE CAPIM-QUICUIU E AZEVÉM ANUAL EM DIFERENTES INTENSIDADES DE DESFOLHAÇÃO SOB LOTAÇÃO CONTINUA.....	56
Introdução	56
Material e métodos.....	58
Resultados	62
Discussão	66
Conclusões	70
CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
REFERÊNCIAS	74

INTRODUÇÃO

A comunidade científica há mais de 60 anos trabalhou incessantemente para elucidar os fatores que afetam os processos de acúmulo e produção de forragem nos diferentes métodos de lotação. Assim, ao longo desse período, houveram algumas contribuições importantes sobre os aspectos de produção primária, ou seja, a produção vegetal do sistema: como a característica sigmoide das curvas das fases de crescimento de plantas forrageiras durante a rebrota relatadas por Brougham (1956, 1957); o trabalho de Bircham e Hodgson (1983), os quais observaram que pastos manejados sob lotação contínua pode manter a produção forrageira em uma amplitude relativamente grande de metas de altura; as comparações teóricas em aspectos produtivos de ambos os métodos de lotação para pastos submetidos a diferentes resíduos mostrados por Parsons et al. (1988); as contribuições teóricas de Matthew et al. (1995) nas relações ecológicas entre tamanho/densidade populacional em pastagens e as relações entre interceptação luminosa/interrupção da rebrota em pastos submetidos a lotação intermitente (Carnevalli et al. 2006). Os trabalhos relatados acima contribuíram de forma importante na compreensão dos mecanismos envolvidos na rebrota de plantas forrageiras, concluindo que o IAF e a qualidade do mesmo modulam o crescimento do pasto, gerando ferramentas práticas, como uso da altura no manejo de pastagens, auxiliando a intensificação do sistema produtivo.

O conceito de intensificação aqui assumido refere-se à adequada exploração de cada unidade de recurso produtivo, o que não necessariamente significa investimentos caros, uso de tecnologias de ponta e/ou a remoção da forragem de forma massiva. Dentro desse contexto, este manuscrito se propõe a avançar um pouco mais na compreensão dos processos de acúmulo de forragem, suas interações com o IAF, integrando aspectos morfofisiológicos das plantas e metas de manejo em modelos experimentais simulando ambos os métodos de lotação tradicionalmente utilizados, o contínuo e intermitente, com o intuito de testar a hipótese que a intensificação da produção animal em pastagem passa obrigatoriamente por uma desintensificação da proporção de forragem colhida favorecendo aspectos produtivos da planta forrageira (Experimento I) e que os mecanismos ecológicos de auto-desbaste (compensação tamanho/densidade de perfilhos) podem agir de forma antagônica sobre o IAF entre espécies de gramíneas forrageiras (Experimento II).

REVISÃO DE LITERATURA

ACÚMULO DE FORRAGEM EM PASTOS SUBMETIDOS A LOTAÇÃO CONTÍNUA

A planta forrageira é um dos principais componentes do ecossistema pastoril, sendo esta formada por um agrupamento de perfilhos (no caso das gramíneas) de tamanhos e idades diferentes (HODGSON, 1990). Partindo desta unidade básica, a produção de forragem pode ser entendida como o resultado de um balanço entre os processos de crescimento e morte de tecidos (folhas e colmos) e a flutuação estacional no número de perfilhos (SKINNER; NELSON, 1995; MATTHEW et al., 1999; PINTO et al., 2001). Ademais, esses processos (área foliar e número de perfilhos) determinam o IAF, a principal característica estrutural responsável pela interceptação da radiação incidente e fotossíntese (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996).

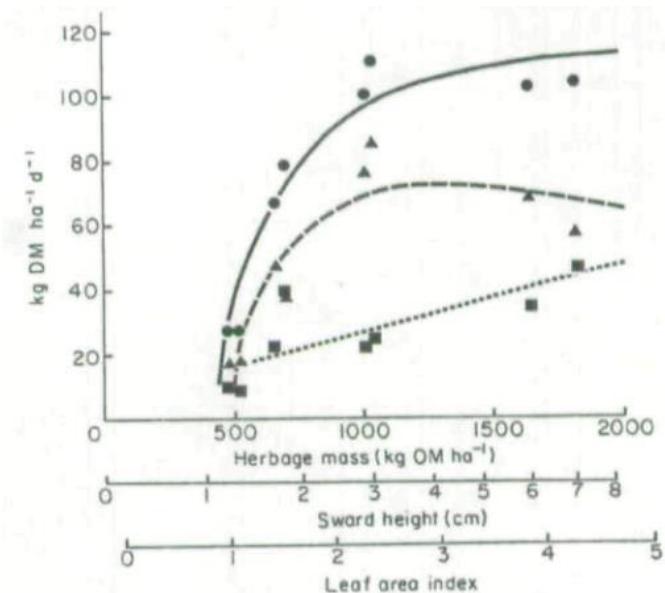
Dentro desse contexto, o manejo do pastejo via definições de metas de manejo (altura, oferta, massa de forragem, etc) deve ser entendido como um fator determinante do IAF e, consequentemente, como um modulador das taxas dos processos de crescimento/senescência e das flutuações na população de perfilhos.

Lotação contínua é um método de pastejo em uma unidade específica de terra onde os animais tem acesso irrestrito e ininterrupto ao longo de um período onde o pastejo é disponível (Allen et al., 2011). Cabe ressaltar que esse método não pressupõe a adoção de taxa de lotação fixa, mas sim a manutenção do dossel forrageiro em uma condição estrutural mais ou menos constante, mesmo que para isso seja necessário à adoção de uma taxa de lotação variável (Mott, 1960).

Nesse método de lotação, os processos morfofisiológicos em nível de perfilho individual (crescimento e senescência) e em comunidade (densidade populacional de perfilhos - DPP) ocorrem de forma concomitante ao longo do tempo, o que embora não signifique uma vantagem produtiva, permite uma maior amplitude de metas de manejo em relação ao método de lotação intermitente sem que haja o comprometimento da produção de forragem. Bircham e Hodgson (1983), trabalharam com uma mistura de plantas perenes de inverno, mostraram que a produção líquida de forragem (crescimento menos senescência) se mantém relativamente constante dentro de uma faixa de metas de manejo (Figura 1), atribuindo tal resposta a mecanismos "*homeostáticos*" baseados em alterações na DPP e no fluxo de tecidos em perfilhos individuais frente ao manejo empregado. Carvalho et al. (2010), verificaram respostas similares com misturas de plantas anuais de inverno (aveia e azevém) manejadas em uma faixa de 10 - 40 cm de altura. Sbrissia e Da Silva (2008)

observaram que esses mesmos mecanismos operavam em pastos de capim-marandu, concluindo que esses pastos poderiam ser manejados entre 20 - 40 cm sem que houvesse comprometimento na produção de forragem.

Figura 1 – Relação entre crescimento total (●—●), senescência foliar (■---■), produção líquida de forragem (▲.....▲), altura do pasto e IAF.



Fonte: Bircham e Hodgson, 1983.

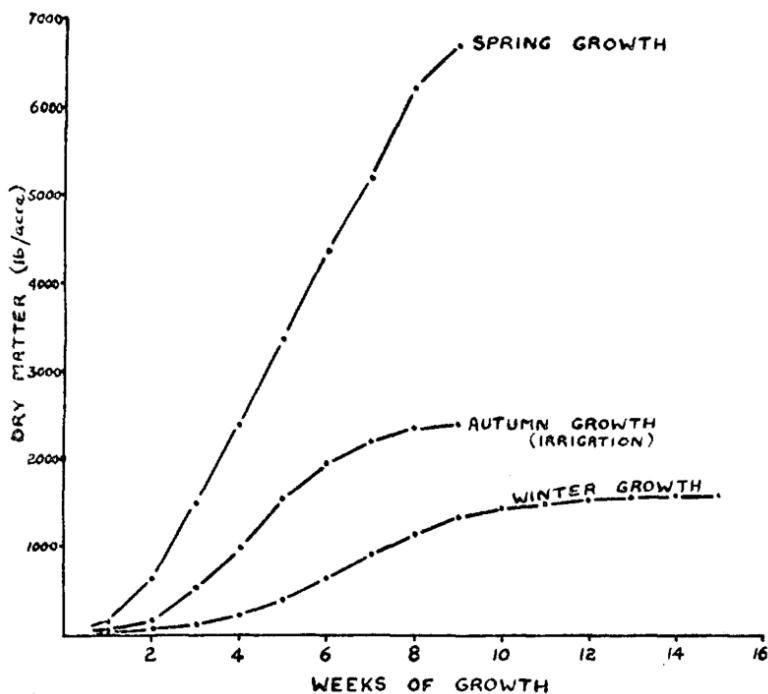
Assim, os resultados dos trabalhos de Bircham e Hodgson (1983) e Sbrissia e Da Silva (2008) sugerem uma similaridade em relação ao manejo para plantas de climas temperado e tropical e indicam que, independente do tipo ou porte da planta, existe um intervalo ótimo de alturas de manejo onde cada planta pode ser manejada em lotação contínua sem que haja comprometimento da produção de forragem. Sendo assim, a altura de manejo para cada planta dependerá basicamente das metas de produtividade pretendidas; se o objetivo for elevado nível de desempenho por animal, os pastos devem ser manejados mais altos, já para níveis de exigência mais baixos pode-se utilizar alturas de manejo mais baixas.

ACÚMULO DE FORRAGEM EM PASTOS SUBMETIDOS A LOTAÇÃO INTERMITENTE

Pastos submetidos à lotação intermitente apresentam uma curva de crescimento sigmoide (BROUGHAM, 1955, 1956, 1957), ou seja, possuem três fases de acúmulo de massa de forragem ao longo do tempo de rebrotação (Figura 2). Na primeira fase, logarítmica, logo após a desfolhação, há uma baixa taxa de crescimento, resultado basicamente do baixo IAF residual, sendo a rebrotação um processo altamente dependente do aporte de carboidratos de reserva. Devido ao baixo sombreamento e a pequena quantidade de folhas, a taxa de senescência no início da rebrotação também é baixa.

Com o aumento do IAF e da capacidade fotossintética do dossel, inicia-se a segunda fase da rebrotação, em que os incrementos nas taxas de crescimento passam a ser lineares. Como a competição por luz ainda é baixa e as folhas presentes no dossel são jovens, a taxa de senescência foliar durante esta fase se mantém baixa. A terceira fase da rebrotação, assintótica, se caracteriza por reduções das taxas de crescimento e aumento linear da taxa de senescência, devido ao envelhecimento das folhas presentes no dossel e ao aumento do sombreamento das folhas da base do dossel. A partir desse momento a taxa de acúmulo líquido se estabiliza.

Figura 2 – Curvas das taxas de crescimento em pastos após a desfolhação.

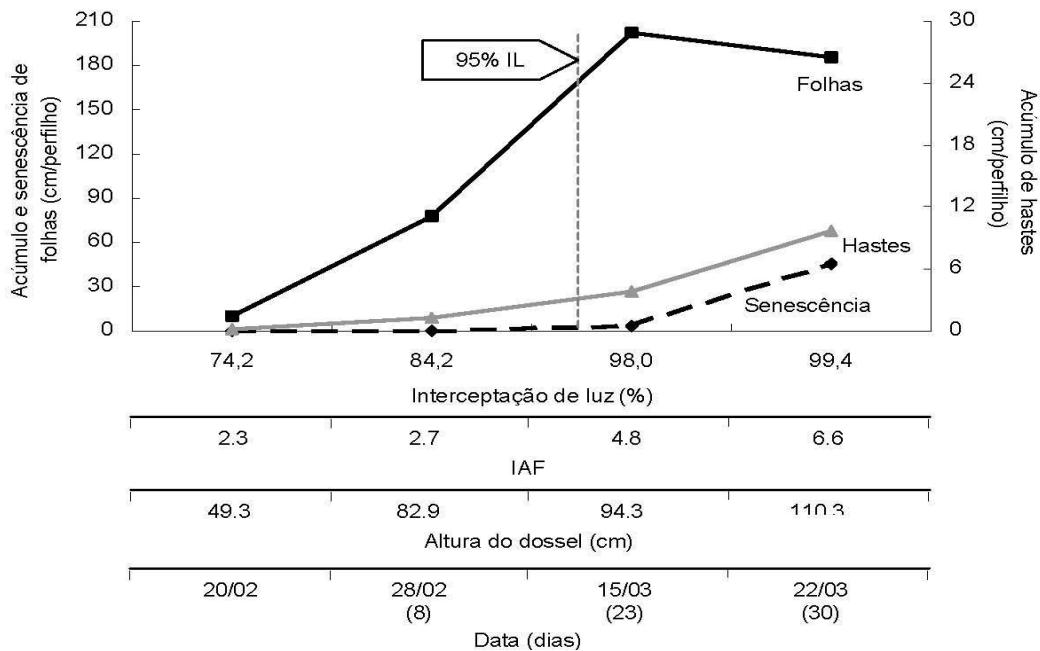


Fonte: Brougham, 1957

O pressuposto intuito de qualquer sistema de produção pastoril é maximizar a quantidade de folhas produzidas com o objetivo de colher o pasto nas máximas taxas de crescimento (PARSONS; PENNING, 1988; PARSONS et al., 1988) não associadas com altas taxas de senescência (HUNT, 1965; WILMAN e MARES MARTINS, 1977) priorizando resíduos com altas taxas fotossintéticas após a desfolha (KING et al., 1984; PARSONS et al., 1988). Nesse contexto, a utilização da interceptação luminosa ganhou destaque, principalmente pela sua relação direta com a altura do pasto (uma característica de fácil aplicação prática), sendo o momento em que o dossel intercepta 95% da luminosidade incidente (LI) considerado como ideal para interromper a rebrota (TAINTON, 1974; KORTE et al., 1982), pois a partir desse momento ocorre o início do aumento da taxa de senescência foliar (HUNT, 1965).

Carnevalli et al. (2006), avaliando pastos de capim-mombaça (*Panicum maximum*) submetidos à duas frequências (95 e 100% de interceptação luminosa – IL) e duas severidades (30 e 50 cm de resíduo) de desfolhação mostraram o padrão do acúmulo de forragem em pastos submetidos a estas condições. A partir desse momento (95% IL), a redução do acúmulo de folhas é acompanhada de elevações na produção de colmos e senescência foliar, ou seja, ocorre uma redução das taxas de processos desejados e elevação das taxas de processos indesejados responsáveis pelo acúmulo de forragem (Figura 3). Resultados análogos foram encontrados para diversas espécies, como capim-tanzânia (*Panicum maximum* cv. Tanzânia - BARBOSA et al., 2007), capim-mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça - DA SILVA et al., 2009) e capim-aruana (*Panicum maximum* cv. Aruana - ZANINI et al., 2012).

Figura 3 - Dinâmica do acúmulo de forragem durante a rebrotação do capim-Mombaça pastejado com 100% de interceptação de luz e 50 cm de resíduo.



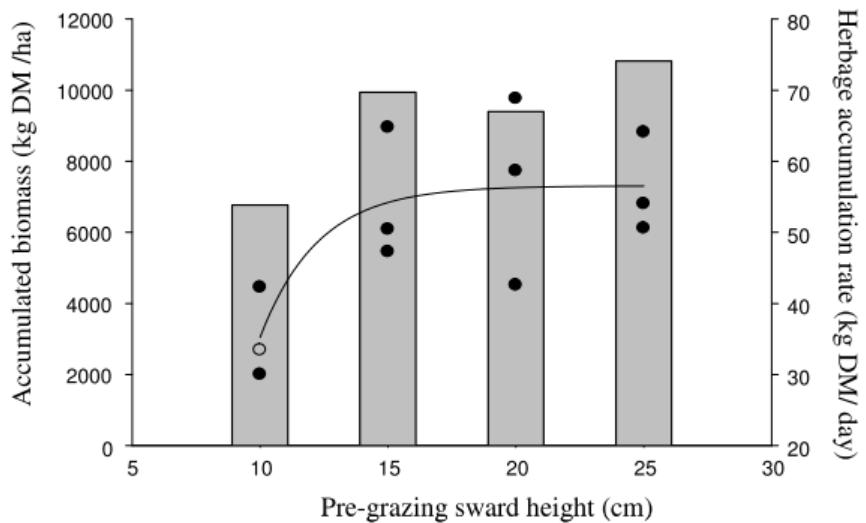
Fonte: Adaptado de Carnevalli et al., 2006.

Recentemente, uma nova interpretação acerca do ponto de 95% de IL tem sido sugerida, aonde esse seria considerado como o limite máximo (e não o ideal) para se interromper a rebrotação (SBRRISSIA et al., 2013). Tal afirmativa é baseada nos modelos desenvolvidos por Parsons et al. (1988), que mostraram que pastos manejados sob uma faixa de IAF médios (IAF pré-pastejo + IAF pós-pastejo/2) apresentam similaridade nas taxas máximas de crescimento líquido independentemente do método de lotação, e nos mecanismos "homeostáticos" (compensações entre a DPP e o fluxo de tecidos em perfis individuais) discutidos por Bircham e Hodgson (1983) seriam também observados em lotação intermitente.

A maioria dos trabalhos que indicam a condição de 95% de IL como o momento ideal para se interromper a rebrotação geralmente compararam esse nível com um superior (98% ou IL máxima) e os rebaixaram em alturas fixas e pré-definidas (gerando diferentes severidades de desfolhação), o que favorece esta meta (95% de IL) seja pela maior frequência (90 ou 95% IL; BARBOSA et al., 2007) ou pela menor severidade de desfolhação (ZANINI et al., 2012; ECHEVERRIA et al., 2016). Partindo deste raciocínio, Sbrissia et al. (2013) em estudo com capim-quicuiu sob lotação intermitente, demonstraram ser possível a obtenção de um mesmo nível de produção de forragem (em valores totais e em suas taxas; Figura 3) com alturas de entrada de 15, 20

e 25 cm, esse último representando a condição de 95% de IL) desde que rebaixados em não mais que 50% de suas respectivas alturas totais.

Figura 4 - Taxa de acúmulo de forragem (círculos) e biomassa acumulada (barras) em pastos de capim-quicuiu submetidos à diferentes alturas de entrada e mesma proporção de rebaixamento (50%). *Os valores observados para o tratamento 10 cm foram significativamente diferentes dos demais ($p < 0,05$) para ambas as variáveis.



Fonte: Sbrissia et al., 2013.

Nesse sentido, Ganche et al. (2014) trabalharam com estratégias de desfolhação em pastos de azevém perene (moderado, severo e suas combinações), os autores concluíram que o pastejo severo afetou negativamente a produção de matéria seca. Essas respostas corroboram com resultados de azevém anual relatados por Santos et al. (2016) e com forrageiras de clima tropical com pastos de grande porte como capim-elefante cv. Napier (SOUZA et al., 2013; PEREIRA et al., 2014), capim-tanzânia (ZEFERINO, 2006) e de menor porte como em braquiárias (SILVEIRA et al., 2013; ECHEVERRIA et al., 2016; PEDREIRA et al., 2017).

A IMPORTÂNCIA DO IAF NO CRESCIMENTO DE PLANTAS FORRAGEIRAS

Todos os trabalhos citados acima levam a deduzir a importância do IAF como um fator central controlador do processo de acúmulo de forragem em pastagens. Segundo Lemaire e Chapman (1996) o IAF é principal componente estrutural do pasto sensível a estas adaptações

sendo que o mesmo pode ser ajustado dentro de uma comunidade plantas por suas três variáveis estruturais chaves: densidade populacional de perfilhos (DPP), o número de folhas vivas por perfilho (F) e a área foliar média por perfilho (Af).

$$IAF = DPP \times F \times Af$$

O número de folhas vivas por perfilho é um valor relativamente constante e depende da espécie forrageira (DAVIES, 1977; YANG et al., 1998; CARNEVALLI; Da SILVA, 1999). A área foliar média por perfilho é determinada pelo produto do comprimento e largura das folhas e esta é controlada pela intensidade de desfolhação a qual o pastos são submetidos e a DPP é o componente do IAF que permite a maior flexibilidade da planta a diferentes regimes de desfolha (SBRISSIA et al., 2003). Dessa forma, o IAF pode ser otimizado por mecanismos de auto-desbaste (*Self-thinning rule*; YODA et al., 1963; MATTHEW et al., 1995; SBRISSIA; Da SILVA, 2008), seja em altas intensidades de desfolhação por uma alta densidade populacional de perfilhos pequenos ou em baixas intensidades de desfolhação com uma baixa densidade de perfilhos maiores; ou por um maior aporte de nitrogênio o que aumentaria ambos, a própria DPP ou a velocidade de expansão de tecidos foliares, para um mesmo manejo adotado (BAHMANI et al., 2003; PREMAZZI et al., 2003; CAMINHA et al. 2010; ROMA et al., 2012).

Uma vez que há limites para a plasticidade de perfilhos, em circunstâncias de cortes/pastejos severos a importância do IAF no manejo pode gerar dúvidas sobre a prioridade das variáveis que o controlam durante o período de crescimento vegetativo de um pasto após a desfolhação, ou seja, dependendo da severidade de desfolhação adotada, aumentos em IAF podem ser resultado de aumentos em número de perfilhos ou tamanho de perfilhos. Não é evidenciado na literatura se existe um momento após a desfolha onde uma ou outra variável passa a ser mais relevante para seu incremento.

Sabe-se que há uma grande relevância do perfilhamento tanto para a estabilidade quanto para a manutenção da capacidade produtiva da pastagem. No entanto, há de se levar em consideração que ao longo de ciclos (médio/longo prazo) a necessidade constante de recrutamento de novos perfilhos pode ter correlação negativa com a produção da forragem sendo que muitas vezes, pode ser mais importante durante o período de crescimento vegetativo, incrementos em tamanho de perfilhos (NELSON; ZARROUGH, 1981) e provavelmente isso ocorra porque o perfilhamento também tem correlação negativa com a concentração de carboidratos solúveis na planta (DRECCER et al., 2012). Todos esses fatos levam a acreditar que para manter um pasto

produtivo durante o seu período de crescimento vegetativo deve-se priorizar o aumento em peso dos perfilhos, o que é sugestivo que dentre as variáveis responsáveis pelo IAF seja priorizado aumentos em Af.

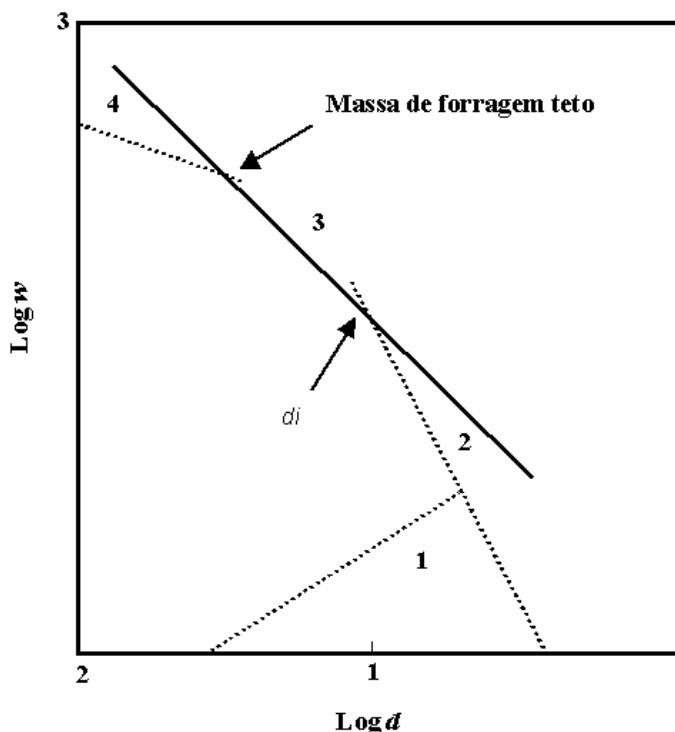
EFEITO DOS PROCESSOS DE AUTO-DESBASTE NO IAF E CAPACIDADE PRODUTIVA DAS PASTAGENS

O mecanismo de compensação tamanho densidade de perfilhos ['compensação tamanho/densidade de perfilhos' (CTD)] ou lei do auto-desbaste foi originalmente descrito para compreender mudanças ecológicas em comunidades de plantas intactas (plantas que não sofreram nenhum tipo de perturbação, como corte ou pastejo), (YODA et al., 1963). Mais recentemente, o conceito vem sendo utilizado como uma ferramenta de auxílio em estudos de comunidades de plantas forrageiras de clima temperado (MATTHEW et al., 1995; HERNÁNDEZ GARAY et al., 1999; YU et al. 2008; DUCHINI et al., 2014) e de clima tropical (SBRİSSİA et al., 2001, 2003; SBRİSSİA; Da SILVA, 2008; CALSINA et al., 2012) sob desfolhação.

Em plantas em crescimento livre, a proposta de Yoda et al. (1963) descreve a lei do auto-desbaste (*self thinning rule*) como uma situação numa população de plantas em crescimento onde ocorre um aumento na massa individual dos indivíduos e uma concomitante redução no número de indivíduos por unidade de área. Os mesmos autores verificaram que quando o logaritmo da massa média dos indivíduos era plotado no eixo das ordenadas e o logaritmo da densidade populacional no eixo das abscissas, os pontos formavam uma reta de inclinação -3/2.

Já em plantas (pastos) sob desfolha, Matthew et al (1995) propôs que o processo de compensação tamanho/densidade de perfilhos segue um diagrama multifásico hipotético onde haveriam 4 fases (Figura 5) representativas do estado da pastagem. Essas quatro fases seriam: (1) baixa massa de forragem (tamanho pequeno de perfilhos) - Nível de energia no perfílio seria baixo e o pasto teria aparecimento de novos perfilhos insuficiente para atingir a linha - 3/2 de auto-desbaste por meio do aumento no número de perfilhos; (2) Área foliar variável (fase de rebrota) – início do auto-desbaste a uma inclinação hipotética de -5/2; (3) área foliar constante - auto-desbaste a uma inclinação de -3/2; e (4) Massa de forragem constante (situação hipotética) - auto-desbaste a uma inclinação de -1.

Figura 5 - Ilustração esquemática da compensação multifásica tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos sob desfolha. (1). Relações tamanho/densidade populacional de perfilhos não definidas. (2). Auto-compensação com área foliar variável e inclinação $\log w:\log d$ próxima de $-5/2$. (3). Auto-compensação com área foliar constante e inclinação $\log w:\log d$ próxima de $3/2$. (4) auto-desbaste com massa de forragem constante e inclinação -1 . O eixo w e o eixo d representam massa do perfilho e densidade do perfilho, respectivamente.



Fonte: Adaptado de Matthew et al., 1995.

Em ambientes sob pastejo as mudanças compensatórias na densidade populacional de perfilhos (DPP) e peso dos perfilhos são mecanismos que fornecem às pastagens a capacidade de dirimir os impactos de diferentes tratamentos de desfolhação na produção de forragem (MATTHEW et al., 1995). O padrão de CTD em pastos desfolhados sobre diferentes intensidades de manejo segue uma reta linear negativa com uma inclinação que é mais íngreme (MATTHEW et al., 1995) do que a $-3/2$ (WHITE; HARPER, 1970; KAYS; HARPER, 1974) ou $-4/3$ (WEST et al., 1999) que é a inclinação proposta de auto-desbaste para relvados não desfolhados.

Apesar das controvérsias a respeito da existência da lei do auto-desbaste, Sackville Hamilton et al. (1995) mostraram que uma reta de inclinação $-3/2$ seria uma perspectiva teórica quando o

índice de área foliar e o e a razão entre a área foliar e o tamanho da planta (R) permanecessem constantes. Considerando que a área foliar varia durante a rebrota ou em resposta à intensidade de desfolha (BIRCHAM; HODGSON, 1983; MATTHEW et al., 1995), é natural que a compensação tamanho/densidade em relvados sob desfolha assuma inclinações diferentes de $-3/2$. Situações semelhantes também foram observadas em pastos de capim-braquiária (SBRISSIA; Da SILVA, 2008).

A capacidade com que a planta se adequa aos diferentes regimes de desfolha com a CTD pode variar entre espécies forrageiras. Em espécies de clima temperado o azevém (*Lolium perenne* L.) é comumente reconhecido por ter um alto grau de plasticidade mantendo sua produção em uma grande faixa de regimes de desfolhação (MATTHEW et al., 1995; HERNÁNDEZ GARAY et al., 1999). Já para espécies de clima tropical, um alto grau de plasticidade foi observado em bermudas (*Cynodon* sp.) (SBRISSIA et al., 2001, 2003), porém essa plasticidade não foi a mesma para a braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) (SBRISSIA; Da SILVA, 2008) o que pode ser associado aos diferentes hábitos de crescimento dessas plantas (estolonífero e cespitoso, respectivamente).

A capacidade de determinadas plantas em manter sua capacidade produtiva pode ser explicada por variações no peso, número e forma dos perfilhos. Nesse sentido, Sbrissia e Da Silva (2008) comprovaram a proposta de Matthew et al. (1995), no qual o padrão de resposta dos pastos sob desfolhação pode ser explicado pelo mecanismo de compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em comunidades de gramíneas, que proporciona maior densidade de perfilhos mais leves em pastos mantidos mais baixos e menores densidades de perfilhos mais pesados em pastos mantidos mais altos. Uma vez que nesses trabalhos a inclinação de reta observada é maior que $-3/2$, a distância dos pontos plotados comparados a uma reta teórica $-3/2$ aumenta à medida que se eleva a severidade de desfolhação, o que reflete a menor capacidade dos pastos em manter produção em diferentes níveis de desfolhação (SACKVILLE-HAMILTON et al., 1995). Esse fato pode ser explicado pela dificuldade das plantas em adaptar sua estrutura e ajustar o IAF em diferentes níveis de desfolhação que é influenciada por suas variáveis dependentes A_f (tamanho do perfilho) e DPP.

Entretanto, em trabalho conduzido por Fialho (2015) com pastos de amendoim forrageiro submetidos a diferentes alturas de manejo a autora observou que essa planta é capaz de manter em uma faixa relativamente ampla de altura em um mesmo IAF, possibilitando flexibilidade no manejo dessa planta.

Dentro do exposto, nota-se a falta de estudos em elucidar aspectos pontuais durante o crescimento de plantas forrageiras relacionados às variáveis Af e DPP que compõe o IAF e o acúmulo de forragem, além de explanações na capacidade de gramíneas forrageiras submetidas a pastejos sob lotação contínua e intermitente em sustentar o IAF em diferentes regimes de desfolha.

HIPÓTESES

- Há uma relação inversa entre potencial produtivo e intensidade de desfolha dos pastos.
- As variável do IAF responsável pelo maior pontecial produtivo dos pastos durante a rebrota é a Af;
- Espécies forrageiras anuais de inverno e perenes de verão respondem de forma diferente a alterações em severidades de desfolhação devido a mecanismos antagônicos para regular o IAF;
- Existem variações interespecíficas nos processos de compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos submetidos a corte simulando lotação contínua.

OBJETIVOS

- Estabelecer uma relação entre IAF e taxa de acúmulo, elucidando como IAF e suas variáveis interferem no crescimento do pasto mantidos em lotação intermitente ao longo da rebrota. Avaliar possíveis diferenças entre espécies forrageiras na compensação entre tamanho e densidade populacional de perfilhos em sustentar o IAF em diferentes alturas de corte;
- Explicar por meio da Af e DPP como esses processos adaptativos do IAF ocorrem em lotação contínua;
- Relacionar a taxa de acúmulo e o índice de produtividade dos pastos com o IAF.

COMO A INTENSIDADE DE DESFOLHA AFETA O ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR E O ACÚMULO DE FORRAGEM EM PASTOS?

INTRODUÇÃO

O sistema de produção animal em pastagens prioriza maximizar a quantidade de folhas produzidas, no qual o pasto deve ser colhido quando a taxa média de crescimento atinja o seu máximo, antes que comece a haver acúmulo acentuado de colmos e material morto. Nesse sentido, muitos trabalhos clássicos importantes foram conduzidos para identificar este momento (HUNT, 1965; TAINTON, 1974; BIRCHAM e HODGSON, 1983; PARSONS et al., 1983; WILMAN; MARES MARTINS, 1977; KING et al., 1984; KORTE et al., 1982; PARSONS; PENNING, 1988).

Assim, a utilização da interceptação luminosa ganhou destaque, principalmente pela sua alta correlação com a altura do dossel, sendo o momento em que o dossel intercepta 95% da luminosidade incidente considerado como ideal para interromper a rebrota (TAINTON, 1974; KORTE et al., 1982). CARNEVALLI et al. (2006), avaliando pastos de capim-mombaça (*Panicum maximum*) submetidos à duas frequências (95 e 100% de interceptação luminosa – IL) e duas severidades (30 e 50 cm de resíduo) de desfolhação, mostraram claramente o padrão do acúmulo de forragem além de 95% de IL, onde a partir desse momento, a redução do acúmulo de folhas é acompanhada de elevações na produção de colmos e senescência foliar, ou seja, ocorre uma redução das taxas de processos desejados e elevação das taxas de processos indesejados responsáveis pelo acúmulo de forragem. Resultados análogos foram encontrados para diversas outras espécies, como capim-tanzânia (*Panicum maximum* cv. Tanzânia - BARBOSA et al., 2007), capim-mombaça (*Panicum maximum* cv. MOMBAÇA – Da Silva et al., 2009), e capim-aruana (*Panicum maximum* cv. Aruana - ZANINI et al., 2012).

Recentemente, uma nova interpretação acerca do ponto de 95% de IL tem sido sugerida, aonde esse seria considerado como o limite máximo para se interromper a rebrotação. Tal afirmativa é baseada nos modelos desenvolvidos por Parsons et al. (1988), onde pastos manejados sob uma faixa de índice de área foliar (IAF) médios apresentam similaridade nas taxas máximas de crescimento líquido independentemente do método de lotação, e nos mecanismos "homeostáticos" discutidos por Bircham e Hodgson (1983) seriam também observados em lotação intermitente.

A maioria dos trabalhos que indicam a condição de 95% de IL como o momento ideal para se interromper a rebrotação, geralmente compararam esse nível com um superior (98% ou IL máxima) e os rebaixaram em alturas fixas e pré-definidas, gerando diferentes severidades de desfolhação, o que poderia, em tese, trazer confundimentos sobre possíveis interações entre frequência e severidade de desfolhação. Partindo deste raciocínio, Sbrissia et al. (2013) em estudo com capim-quicuiu sob lotação intermitente, demonstraram ser possível a obtenção de um mesmo nível de produção com diferentes alturas de entrada (15, 20 e 25 cm, esse último representando a condição de 95% de IL) desde que rebaixados em não mais que 50% de suas respectivas alturas totais. Porém ainda não é claro na literatura como diferentes intensidades de desfolhação (resíduos) afetariam os aspectos produtivos da planta quando manejados em metas máximas de altura (95%, IAF *crítico*), como isso interferiria na altura nas quais os pastos atingiriam as taxas máximas de crescimento líquidos e como os diferentes resíduos interfeririam no IAF e suas variáveis, área foliar média (A_f) e densidade populacional de perfilhos (DPP), durante a rebrota.

Dessa forma o presente trabalho parte da hipótese de que desfolhações severas reduzem a capacidade produtiva dos pastos, onde há uma relação inversa entre taxa de acúmulo máxima (Tam_{max}) e altura do resíduo e que as variáveis responsáveis pelo aumento em IAF sejam priorizados por aumentos em A_f . Assim, o objetivo desse trabalho foi elucidar como IAF residual e suas variáveis interferem no acúmulo de forragem ao longo da rebrota.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização

O experimento foi conduzido nas coordenadas geográficas aproximadas do local do experimento são 27° 47' de latitude sul, 50° 18' de longitude oeste e altitude aproximada de 910 metros no período de janeiro de 2014 a setembro de 2015 e foi composto por três ensaios (I, II, III). O solo do local experimental dos ensaios foi classificado como Cambissolo húmico alumínico léptico (EMBRAPA, 2006), e as características químicas do solo antes do início dos ensaios analisadas em 8 de dezembro de 2013 na profundidade de 0-20 cm estão na Tabela 1. Baseados nesses valores, a correção e a fertilização para as gramíneas de clima quente e frio (plantas forrageiras) de acordo com a Tabela 2. De acordo com o sistema de classificação de köppen a região tem um clima do tipo Cfb (úmido subtropical) com invernos severos, verão ameno e chuvoso ao longo do ano (Tabela 3).

Tabela 1: Características químicas do solo do experimento.

Ensaio	pH	MO em H ₂ O	P (mg dm ⁻²)	K (mg dm ⁻³)	Ca (cmolc dm ⁻³)	Mg (cmolc dm ⁻³)	H+Al (cmolc dm ⁻³)	Al (cmolc dm ⁻³)	CTC (cmolc dm ⁻³)	V (%)
I	6,1	8,8	48,4	197	9,41	3,75	1,10	0	14,75	78
II	5,3	4,5	2,7	136	7,54	2,08	6,20	0,93	11,46	72
III	5,0	17,5	18,1	397	6,98	3,39	6,20	0,25	17,56	87

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Tabela 2: Ensaios, datas de aplicação, tipo de fertilizante e quantidade de fósforo, potássio, cálcio e nitrogênio durante o período experimental.

Ensaio	Data de aplicação	Elemento	Tipo de fertilizante	Quantidade de fertilizante (kg.ha ⁻¹)	Quantidade do elemento (kg.ha ⁻¹)
I	16/12/2013	P	SFT	178	80 de P ₂ O ₅
I	16/12/2013	K	KCl	134	80 de K ₂ O
I	14/01/2014	N	Ureia	200	90
I	10/03/2014	N	Ureia	200	90
II	17/04/2014	Ca	Cfc	2000	20 de CaO
II	25/05/2014	P ₂ O ₅	SFT	178	80 de P ₂ O ₅
II	25/05/2014	K ₂ O	KCl	133	80 de K ₂ O
II	10/06/2014	N	Ureia	445	200
II	09/06/2014	N	Ureia	445	200
III	15/02/2015	Ca	Cfc	3000	30 de CaO
III [†]	08/04/2015	P	SFT	178	80 de P ₂ O ₅
III	08/04/2015	K	KCl	134	80 de K ₂ O

SFT, superfosfato triplo; KCl, Cloreto de potássio; Cfc, calcário “filler” calcítico (PRNT 98%).

*solo dos ensaios II e III foram os mais acidificados (pH = 5,2) necessitando de calagem. [†]Ensaio III não recebeu adubação nitrogenada, uma vez que esta fazia parte dos tratamentos.

Tabela 3- Condições climáticas médias mensais durante os anos de experimento (2014 e 2015).

Variáveis climáticas	Ensaio I: capim-quicuiu (2014)					
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho
<i>Insolação (h)</i>	216,8	218,4	163,7	125,5	131,5	85,7
<i>Precipitação (mm)</i>	183,0	210,7	121,3	94,2	235,3	397,8
<i>Temperatura máxima (C°)</i>	27,9	28,3	24,2	21,6	18,9	16,4
<i>Temperatura média (C°)</i>	21,5	21,0	18,4	16,3	13,2	12,0
<i>Temperatura mínima (C°)</i>	16,3	15,3	14,0	12,2	8,8	8,1
Ensaio II: azevém anual (2014)						
Variáveis climáticas	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
<i>Insolação (h)</i>	131,5	85,7	106,7	204,7	120,2	184,3
<i>Precipitação (mm)</i>	235,3	397,8	77,3	61,0	233,4	154,2
<i>Temperatura máxima (C°)</i>	18,9	16,4	16,6	20,6	20,6	24,0
<i>Temperatura média (C°)</i>	13,2	12,0	11,3	12,7	15,1	17,3
<i>Temperatura mínima (C°)</i>	8,8	8,1	6,6	6,3	10,4	12,1
Ensaio III: aveia preta (2015)						
Variáveis climáticas	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
<i>Insolação (h)</i>	106,7	127,4	114,0	180,2	147,1	96,3
<i>Precipitação (mm)</i>	71,0	134,9	264,0	69,3	334,6	363,2
<i>Temperatura máxima (C°)</i>	18,7	17,4	17,4	22,3	21,3	21,0
<i>Temperatura média (C°)</i>	13,9	11,4	12,4	15,5	15,0	16,0
<i>Temperatura mínima (C°)</i>	10,2	6,4	7,7	10,1	10,2	11,8

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017).

Tratamentos, delineamento experimental e manejo das pastagens

Ensaio I: O período de realização foi de 14 de janeiro a em 20 de abril de 2014. A forrageira utilizada foi o capim-quicuiu (*Pennisetum clandestinum* Hochst ex. Chiov) implantado na área experimental desde 1998. Os tratamentos corresponderam a severidades de desfolha de 40, 50, 60 e 70% com uma única altura meta de entrada de 25 cm (SBRRISSIA et al., 2013). O delineamento foi em blocos completos casualizados com três repetições. Cada unidade experimental foi constituída de piquetes de aproximadamente 1500 m². Antes do início efetivo das avaliações, em 17 de dezembro de 2013 os piquetes foram roçados a uma altura de 10 cm. Uma vez atingida à meta de altura em pré-pastejo, em 14 de janeiro de 2014 os animais foram alocados aos piquetes para que promovessem o rebaixamento em período não superior a 24 h.

Ensaio II: O período experimental foi de 24 de junho a 10 de outubro de 2014. A espécie forrageira utilizada foi o azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam. cv. BRS Ponteio), que foi semeado na área experimental no dia 24 de junho de 2014 com taxa de semeadura de 90 kg.ha⁻¹ (valor cultural de 65%) para assegurar um rápido e homogêneo estabelecimento dos pastos. A área

experimental teve tamanho de 21,2 m², cada unidade experimental foi constituída por parcelas contendo área de 1m² (1 m x 1 m), área útil de 0,81 m² (0,9 m x 0,9 m) e espaçamento de 0,4 m entre parcelas. O ensaio foi realizado sob corte e apresentou quatro tratamentos representados por desfolhações de 20, 40, 60 e 80% da altura meta inicial de 20 cm em um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Antes do início efetivo das avaliações as parcelas foram rebaixadas, com o auxílio tesouras, a uma altura de 10 cm em 22 de julho. Uma vez atingida à meta de altura de 20 cm os pastos foram rebaixados novamente para as metas de resíduo (4 cm, 8 cm, 12 cm e 16 cm) em 30 de julho e este processo foi repetido antes do início das avaliações em 9 de agosto para criar estruturas que caracterizassem os tratamentos.

Ensaio III: O período experimental foi no outono, iniciando-se em 15 de abril, e inverno finalizando-se no dia 26 de agosto de 2015. A forrageira utilizada foi a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb. cv. IAPAR 61) de ciclo curto que foi semeada com três vezes a taxa de semeadura indicada (90 kg.ha⁻¹) para assegurar o estabelecimento homogêneo dos pastos em 15 de Abril de 2015. A área experimental apresentou 73,6 m², onde cada unidade experimental foi constituída por parcelas contendo área de 2,8 m² (2,8 m x 1 m), área útil de 2,43 m² (2,7 m x 0,9 m) e espaçamento de 0,4 m entre parcelas. O ensaio foi sob corte e apresentou seis tratamentos representados pelas combinações entre três severidades de 40%, 60% e 80% da altura meta estipulada de 25 cm; esta altura foi definida com base em observações empíricas aonde pastos com 30 cm (Mezzalira et al., 2014) já estavam em processo de acamamento; e duas doses de nitrogênio 50 kg de N.ha⁻¹ e 150 kg de N.ha⁻¹ em um delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (3x2) com três repetições. Antes do início efetivo das avaliações as parcelas foram rebaixadas, com o auxílio tesouras, a uma altura de 10 cm em 8 de maio. Uma vez atingida à meta de altura de 25 cm os pastos foram rebaixados para as metas de resíduo (5 cm, 10 cm, 15 cm) concomitantemente com a aplicação das doses de adubação nitrogenada dos tratamentos em 25 de maio e este processo de rebaixamento foi repetido antes do início das avaliações para criar estruturas que caracterizem os tratamentos.

Avaliações no campo

Foram realizadas medidas de altura dos pastos para controle do crescimento por meio de bastão medidor (*sward stick*) (BARTHRAM, 1985). Realizou-se diariamente 60 leituras de altura por unidade experimental nos piquetes do ensaio I e 15 leituras nas parcelas dos ensaios II e III

descontados as bordaduras e ao longo da rebrota. As amostragens foram realizadas a partir do resíduo e ocorreu da seguinte forma para cada ensaio (Tabela 4):

Ensaio I: O início do período de coletas ocorreu logo após o rebaixamento pelo pastejo as alturas de 15, 12,5, 10 e 7,5 cm (Tabela 3). As amostragens da forragem foram realizadas em 1 m² dentro de cada piquete, onde foram realizados cortes de toda massa de forragem contida em armações metálicas de 0,05 m² (25 x 25 cm). As alturas dos cortes (amostragens) seguintes corresponderam a incrementos durante a rebrota em altura do pasto e estão representados para cada tratamento na Tabela 4.

Ensaio II: As avaliações foram iniciadas em 9 de agosto a partir do momento em que as parcelas com os tratamentos de maior severidade de desfolha (4 cm) atingiram a altura meta (20 cm), assim os pastos foram rebaixados para os tratamentos, onde a primeira amostra correspondeu ao resíduo de cada tratamento. As avaliações foram realizadas dentro da área útil de cada unidade experimental. Dentro dessa área foi realizado um corte de toda forragem contida em armações metálicas de 0,03 m² (3 x 10 cm). Os cortes posteriores foram realizados em incrementos em altura do pasto de 4 cm a partir da altura residual de cada tratamento, passando pela altura meta (20 cm) até a atingir a altura de 40 cm. Cada vez que os pastos se encontrarem nestas alturas o procedimento de coleta foi idêntico àquele já mencionada anteriormente.

Ensaio III: As avaliações foram iniciadas a partir do momento em que as parcelas com os tratamentos de maior intensidade de desfolha (5 cm, 80%) atingiram a altura meta de 25 cm, em 6 de junho. Assim os pastos foram rebaixados para os tratamentos e amostras do resíduo foram coletadas. As avaliações foram realizadas dentro da área útil de cada unidade experimental. Dentro dessa área foi realizado um corte de toda forragem contida em armações metálicas de 0,06 m² em pontos diferentes das parcelas para melhor representação da variabilidade da unidade experimental (parcela). Após o primeiro corte, os pastos foram rebaixados para os resíduos estabelecidos. Foram realizadas amostragens de cada resíduo. Os momentos de corte ocorreram em três ciclos: no primeiro e segundo ciclos os cortes corresponderam a incrementos em altura do pasto equivalentes a 5 cm a partir da altura residual de cada tratamento, até atingir a altura meta de 25 cm e no terceiro ciclo os cortes corresponderam a incrementos em altura do pasto equivalentes a 5 cm a partir da altura residual de cada tratamento, até atingir a altura de 40 cm.

O intuito dos cortes ultrapassarem a altura meta nos ensaios II e III (20 e 25 cm) foi assegurar que todos os tratamentos atingissem a taxa máxima média e máxima instantânea de acúmulo definidos por Morley (1968); Maeda e Yonetani (1978) e Watanabe et al. (1984).

As amostras dos ensaios foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificadas e levadas para laboratório para posterior processamento. Uma vez que a metodologia a partir da chegada das amostras no laboratório foi idêntica para todos os ensaios e tratamentos, a descrição detalhada do procedimento é apresentada no item *avaliações no laboratório*.

Tabela 4: Altura do resíduo (cm), meta de corte/pastejo (cm), incremento de altura (cm), tempo médio de rebrota (dias) e alturas de corte (cm) para cada ensaio e seus respectivos tratamentos.

Ensaio	I*				II				III		
	capim-quicuiu				azevém anual				aveia preta		
Severidade de desfolhação	40%	50%	60%	70%	20%	40%	60%	80%	40%	60%	80%
Altura do resíduo	15	12	10	7,5	16	12	8	4	15	10	5
Meta de corte/pastejo	25	25	25	25	20	20	20	20	25	25	25
Incremento de altura	2,5	3	4	4,5			4			5	
Tempo médio±desvio padrão de rebrota	17±2	16±2	33±3	43±2	15±2	20±3	25±2	32±3	26±2	32±3	42±4
Alturas de corte (amostragens)	-	-	-	7,5	-	-	-	4	-	-	5
	-	-	10	11,9	-	-	8	8	-	10	10
	-	12,5	13,8	16,3	-	12	12	12	15	15	15
	15	15,6	17,6	20,7	16	16	16	16	20	20	20
	17,5	18,7	21,2	25	20	20	20	20	25	25	25
	20,0	21,8	25	-	24	24	24	24	30	30	30
Alturas de corte (amostragens)	22,5	25	-	-	28	28	28	28	35	35	35
	25	-	-	-	32	32	32	32	40	40	40
	-	-	-	-	36	36	36	36			
	-	-	-	-	40	40	40	40			

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Os tratamentos de uma forma geral serão abordados ao longo do trabalho como leniente (L), moderado (M), severo (S) e muito severo (SM) correspondente às proporções de desfolhação de 20%, 40-50%, 60% e 80%.

Avaliações no laboratório

Para os três ensaios o procedimento adotado em laboratório foi idêntico, a saber: todo material contido nos sacos plásticos foram pesados em balança digital (marca: URANO-

INDUSTRIA DE BALANÇAS E EQUIPAMENTOS ELETRONICOS LTDA; modelo: UD1500/0.1LE). Posteriormente, todos os perfis provenientes das armações metálicas foram quantificados e separados do material morto e invasoras para a obtenção da densidade populacional de perfis (DPP, perfis.m²) da espécie trabalhada. Após a pesagem e quantificação, foram separados 50 perfis cujas lâminas verdes foram destacadas de cada perfil. A área foliar das lâminas verdes foi medida em um aparelho integrador de área foliar (LI-3000C – Licor) e os resultados (em cm²) foram divididos por 50 para a obtenção da área foliar média por perfil (Af, cm² de folha.perfil⁻¹). Posteriormente, os componentes da biomassa: perfis intactos da espécie estudada, espécies invasoras e morto; e os componentes morfológicos dos 50 perfis: folha e colmo foram acondicionados separadamente e identificados (perfis intactos, material morto, invasoras, folhas e colmo dos 50 perfis) em sacos de papel e levados para estufa de ventilação forçada a 65 °C por 48 horas. Após secagem, as amostras foram pesadas em balança digital. A massa de forragem será a somatória de todos os componentes secos (componentes da biomassa + componentes dos 50 perfis) em estufa e extrapolados para kg de MS.ha⁻¹.

O índice de área foliar (IAF) foi determinado de acordo com o seguinte cálculo:

$$IAF = DPP \times Af$$

Onde:

DPP = densidade populacional de perfis (perfis m⁻²) e Af = Área foliar média por perfil (m² perfil⁻¹).

A taxa de acumulo de forragem (Tacf) foi definida pela diferença entre as massas de forragem dos pastos na altura meta de corte (pré pastejo) e altura de resíduo (pós pastejo) do ciclo anterior dividido pelo intervalo de corte. A taxa de acúmulo instantânea (Tai) é definida como dW/dt, a inclinação da curva a qualquer ponto no tempo, t, e a taxa de acúmulo média (Tam) é definida como (W-W₀)/t (MORLEY, 1968; MAEDA e YONETANI, 1978; WATANABE *et al.*, 1984). Portanto, a Tam é a mudança líquida no peso da cultura dividido pela duração da rebrota. É importante salientar que ambas as taxas de crescimento foram dispostas com as mesmas unidades (Ex.: kg.ha⁻¹.dia⁻¹).

Análise estatística

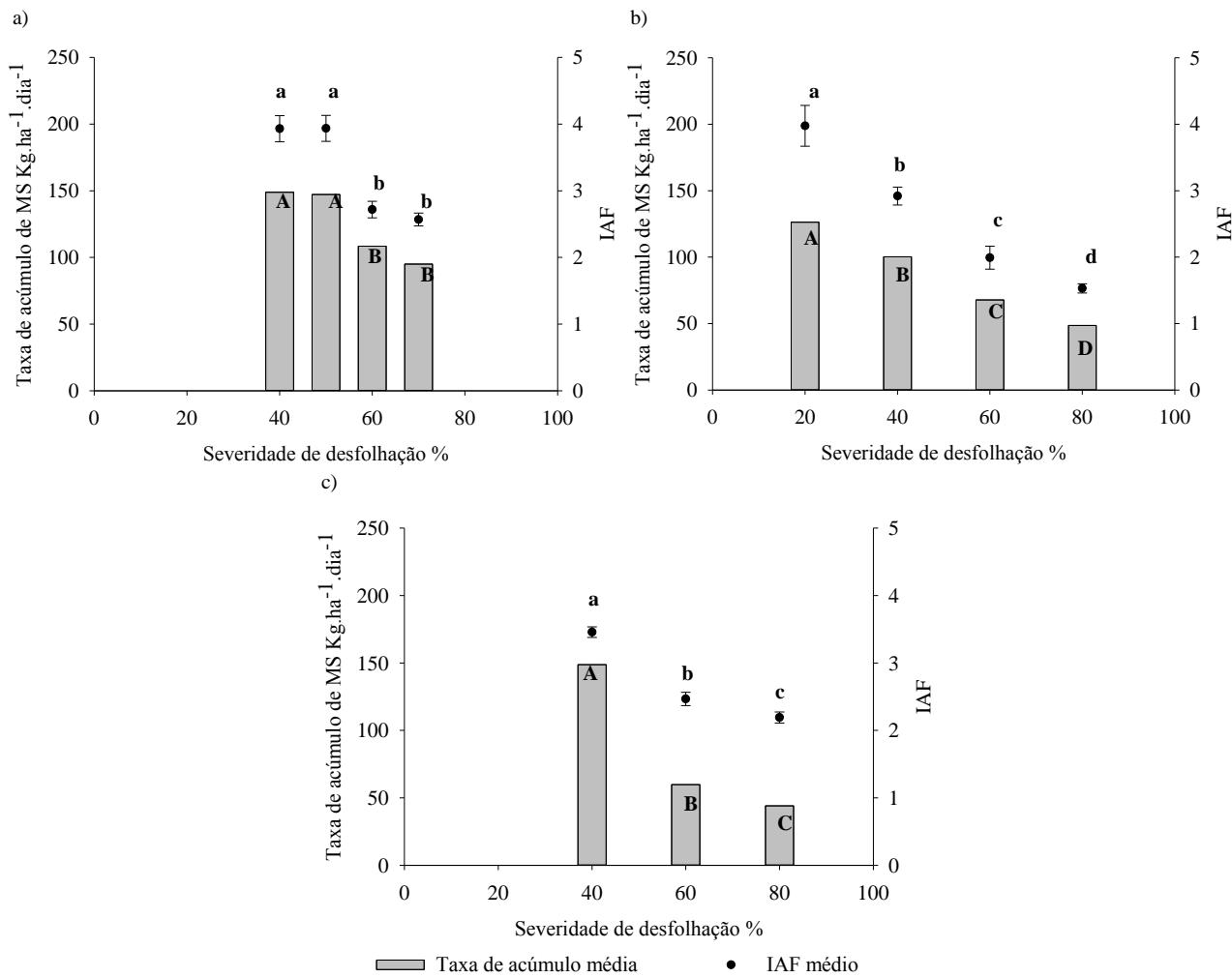
Os dados foram analisados através do procedimento Proc GLM do pacote estatístico SAS® (Statistical Analysis System), versão 8.2 para Windows®. Os efeitos de severidade dos pastos e suas interações serão considerados como fixos e o efeito do bloco (somente ensaio I) foi considerado aleatório (LITTEL et al., 2000). As médias entre tratamentos foram comparadas utilizando-se o teste de *Tukey* e o nível de significância adotado para todo o experimento foi de 5%.

RESULTADOS

Efeitos da intensidade de desfolha no índice de área foliar e produção dos pastos

Os tratamentos apresentaram diferenças significativas para as variáveis índice de área foliar médio (IAF médio; $P<0,0001$) e Tacf ($P<0,0001$) em todos os ensaios [capim-quicuiu, azevém anual e aveia preta (Figura 6)]. A medida que aumentou a severidade de desfolhação houve redução do IAF e do acúmulo de forragem. Não houve efeito das doses de nitrogênio (50 kg e 150 kg) nem interação com as intensidades de desfolha impostas para as variáveis IAF médio (doses de nitrogênio $P=0,0756$ e interação intensidade x doses de nitrogênio; $P = 0,3859$) e Tacf (doses de nitrogênio; $P=0,097$ e interação intensidade x doses de nitrogênio; $P=0,2678$). De maneira geral, os pastos dos três ensaios (I, II e III) mantidos em desfolhações L (20%) e M (40 e 50%) apresentaram, em média, IAFs médios maiores quando comparados aos pastos submetidos a desfolhações S (60%) e SM (70 e 80%) independente da espécie estudada. Nesta variável os pastos de azevém anual (Figura 6b) e aveia preta (Figura 6c) sobre corte apresentaram diferenças significativas entre todos os tratamentos. Os pastos de capim-quicuiu obtiveram respostas semelhantes entre os pastejos M (40% e 50%) e entre pastejos S (60%) e SM (70%). De forma geral, a Tacf dos pastos que foram submetidos desfolhações L e M variaram de 135 a 150 kg de MS.ha⁻¹.dia⁻¹ e foram maiores do que os tratamentos submetidos a desfolhações S e SM variando de 50 a 100 kg de MS.ha⁻¹.dia⁻¹.

Figura 6 – Taxas de acúmulo média (barras) e IAF médio (pontos) de pastos submetidos a diferentes severidades de desfolhação: a) capim-quinquiu; b) azevém anual e c) aveia preta.

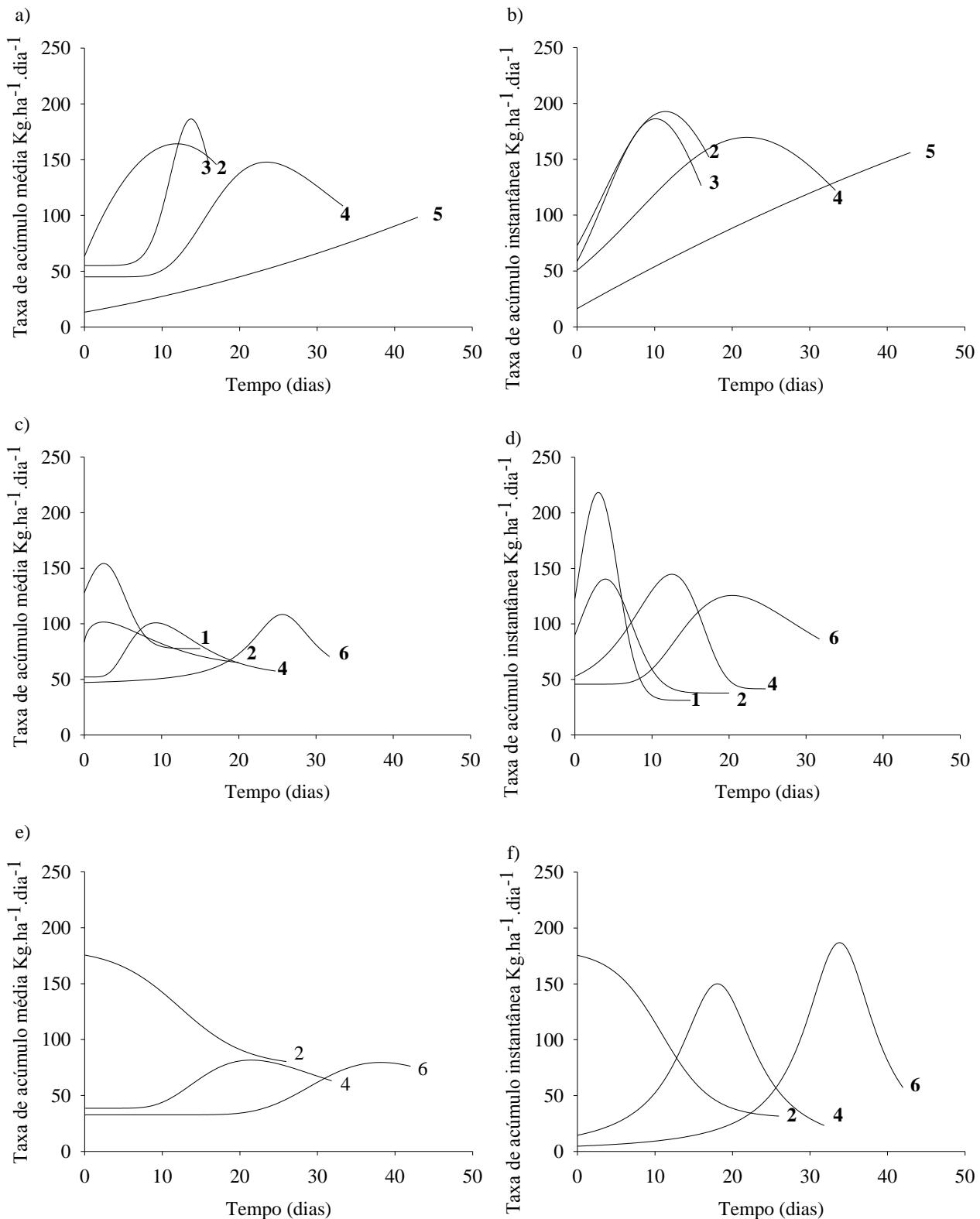


Letras maiúsculas diferenciam entre si nas barras e minúsculas nos pontos ($P<0,0001$). Referente ao período de rebrota dos pastos, partindo do resíduo até atingirem a altura correspondente às alturas de meta máxima para cada planta. Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2017.

Efeitos da intensidade de desfolha na produção de forragem

Na figura 7 estão apresentados os efeitos das intensidades de desfolhação impostas na Tai e Tam nos três ensaios avaliados, de forma conjunta numeradas de 1-6, respectivamente. Todos os pastos apresentaram incrementos positivos em massa no balanço geral das taxas de acúmulo com exceção dos pastos de aveia preta (Figuras 7e e 7f) submetidos a desfolhações M (número 2 na Figura 7). Os pastos submetidos a desfolhações L e M (números 1, 2, 3 na Figura 7) atingiram a Tam máxima (Figuras 7a, 7c e 7e) e Tai máxima (Figuras 7b, 7d e 7f) em menor intervalo de tempo quando comparados aos pastos submetidos a desfolhações S e SM (números 4, 5, 6 na Figura 7) independente da espécie forrageira estudada. Efeito semelhante foi observado na Tai, com menor período de rebrota em pastos submetidos a desfolhações L e M.

Figura 7 – Taxas de acúmulo média (7a, 7c e 7e) e instantânea (7b, 7d e 7f) de pastos sobre diferentes intensidades de desfolhação ao longo do tempo de rebrota. capim-quicuiu (a, b), azevém anual (c, d) e aveia preta (e, f).



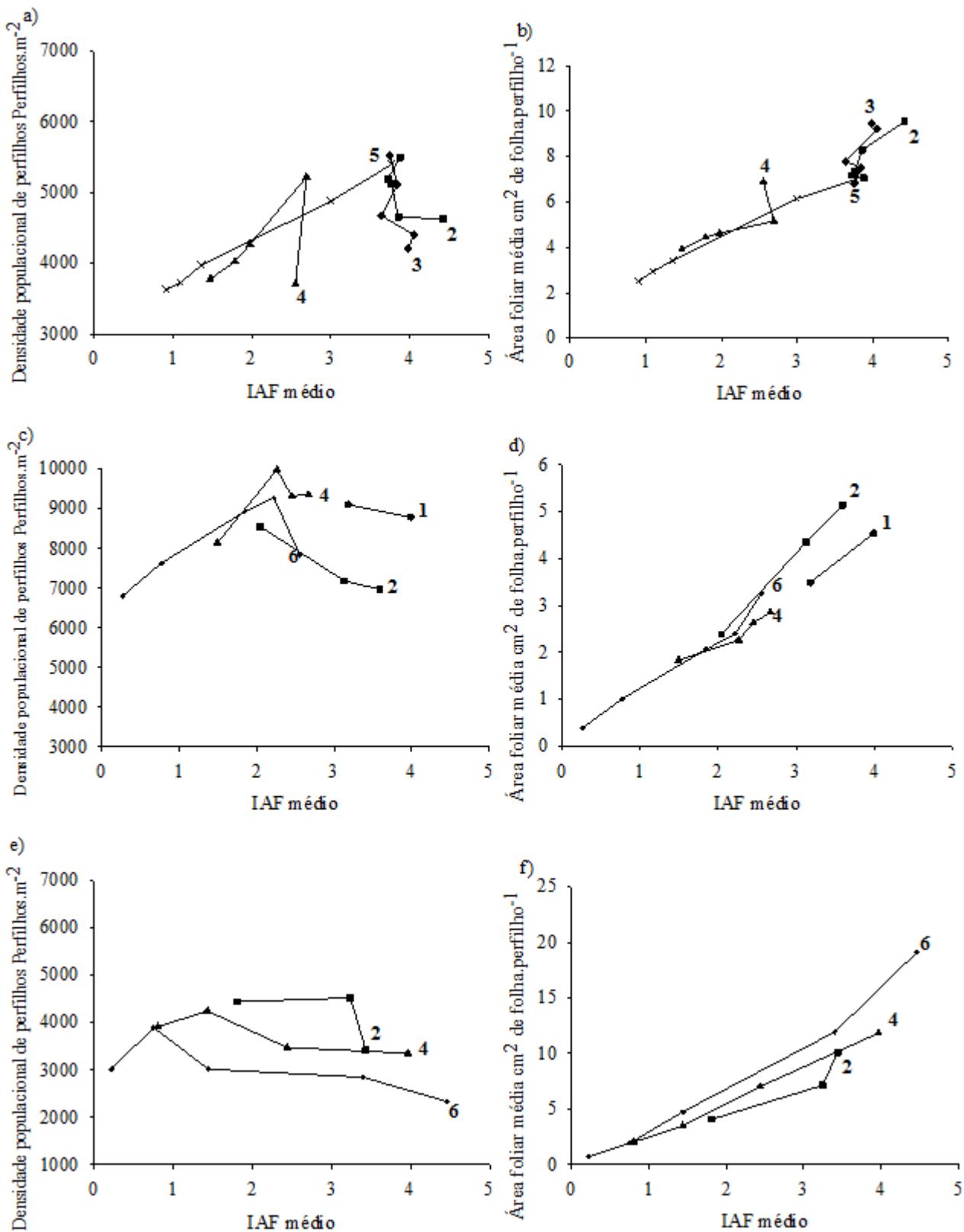
Os números 1 – 20%, 2 – 40%, 3 – 50%, 4 – 60%, 5 – 70%, 6 – 80% representam a severidade de desfolhação. Os finais dos pontos e linhas correspondem às alturas de 25 cm para o capim-quicuiu e 40 cm para azevém anual e aveia preta.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2017.

Contribuição da Densidade populacional de perfílos (DPP) e Área foliar média por perfílo (Af) na construção do Índice de área foliar (IAF) ao longo da rebrota

A contribuição das variáveis DPP e Af de pastos submetidos a diferentes intensidades de desfolha na construção do IAF ao longo da rebrota são apresentados na Figura 8. Em pastos submetidos a desfolhações L e M (números 1, 2 e 3 na Figura 8) as contribuições em Af foram mais importantes nos ajustes em IAF relativamente às variações em DPP durante o período de rebrotação. Por outro lado, em pastos severamente e moderadamente desfolhados (números 4, 5 e 6 na Figura 8) as contribuições para o aumento em IAF foram decorrentes de aumentos concomitantes em ambas as variáveis DPP e Af. Dentre as espécies forrageiras estudadas, os pastos de capim-quicuiu submetidos a desfolhações M (números 2 e 3 na Figura 8a e 8b) apresentaram IAF praticamente estável comparado as desfolhações S e SM.

Figura 8 – Contribuições da densidade populacional de perfilhos (DPP, 8a, 8c e 8e) e área foliar média por perfilho (A_f , 8b, 8d e 8f) na construção do IAF de pastos de capim-quicuiu (a,b), azevém anual (c,d) e aveia preta (e,f) sobre diferentes intensidades de desfolhação.



Os números 1 – 20%, 2 – 40%, 3 – 50%, 4 – 60%, 5 – 70%, 6 – 80% representam a intensidade de desfolhação. Os finais das linhas correspondem às alturas de corte (e/ou desfolha) baseadas nas alturas de meta máxima para cada espécie: 25 cm para o capim-quicuiu, 20 cm para azevém anual e 25 cm para a aveia preta. Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2017.

DISCUSSÃO

De forma geral todas as variáveis (IAF, DPP, A_f e taxa de acúmulo de forragem) foram influenciadas pela severidade de pastejo. A ausência do efeito das doses de N do ensaio III provavelmente ocorreu devido a rápida mineralização do N das doses de ambos os tratamentos e ao alto teor de matéria orgânica presente no solo da área experimental. Dessa forma foram discutidos somente os efeitos das intensidades de desfolhação para todos os ensaios. Os resultados do presente trabalho mostram que o IAF médio esteve inversamente associado com a proporção de desfolhação dos pastos (Figura 6), o que está de acordo com Penning e Parsons (1991) que mostraram que IAFs mais altos em pastos de *Lolium perenne* sob pastejo foram observados nos pastos mantidos em maior altura e também estão de acordo com alguns trabalhos com plantas de clima tropical (ZANINI et al., 2012; PEDREIRA et al., 2017) os quais mostram que pastos manejados sob lotação intermitente, com combinações de critério de pré-pastejo baseado em IAF *crítico* (95% de interceptação luminosa) e severidades de desfolhação relativamente lenientes, também apresentam esse mesmo padrão de resposta.

A taxa de acúmulo de forragem foi menor à medida em que a severidade de desfolhação reduziu o IAF médio dos pastos, independente da espécie forrageira estudada (Figura 6). Esse declínio no acúmulo ocorreu provavelmente como consequência de uma incapacidade dos pastos em manter um IAF médio relativamente elevado, resultado direto de um menor IAF residual (Figura 8) em situações de desfolhações S (número 4) e SM (números 5 e 6). Portanto, os pastos que apresentaram maiores taxas de acúmulo de forragem foram aqueles submetidos a desfolhações L (número 1 na Figura 6) e M (números 2 e 3 na Figura 6). Ganche et al. (2014) avaliaram estratégias de desfolhação em pastos de azevém perene e concluíram que pastejos severos afetaram negativamente a produção anual de matéria seca. Essas respostas corroboram com resultados obtidos em pastos de azevém anual (SANTOS et al., 2016) e com forrageiras de clima tropical como capim-elefante cv. Napier (SOUZA et al., 2013; PEREIRA et al., 2014), capim-tanzânia (ZEFERINO, 2007), e braquiárias (SILVEIRA et al., 2013; ECHEVERRIA et al., 2016; PEDREIRA et al., 2017).

Muito embora pastejos L permitam ao pasto manter IAFs residuais mais altos, cabe ressaltar que a maior proporção das folhas residuais são velhas e, portanto, de baixo potencial fotossintético (PARSONS et al., 1983). De forma contrária, condições de perfilhos jovens com folhas apresentando altas taxas fotossintéticas provavelmente ocorreram no presente estudo apenas nos relvados com desfolhação S (número 4; Figura 8) e SM (números 5 e 6; Figura 8), no qual houve maior aparecimento de perfilhos (representando um relvado com tecidos novos) ao longo da rebrota. Por outro lado, a A_f residual do perfilho é especialmente importante, uma vez que garante um crescimento rápido ao interceptar luz imediatamente após o pastejo, permitindo uma reposição mais rápida das reservas de carboidratos nos componentes da planta como raízes e colmos (DONAUGHEY; FULKERSON, 1998). Em lotação continua pastos de capim marandu mantidos a 10 cm de altura, ou seja, uma desfolhação considerada como severa, uma grande quantidade de carboidratos de nitrogênio solúvel e carboidrato não estrutural foi medida na base do colmo, no entanto, ainda assim, a rebrota foi limitada devido a A_f reduzida (Da SILVA et al., 2015).

Os trabalhos de Brougham (1956, 1958) mostram bem o efeito da desfolhação sobre a restauração do IAF e a interceptação da radiação incidente. Nesses experimentos um pasto com uma altura média de 22 cm foi desfolhado a 12,5; 7,5 e 2,5 cm, correspondente a 44, 66 e 89% em proporção de desfolha. O autor mostrou que a intensidade da desfolhação determinou uma grande redução na área foliar remanescente e que um período maior foi necessário para o dossel forrageiro atingir um IAF capaz de interceptar a maior parte da radiação incidente, principalmente nas desfolhas mais severas (89%). O trabalho de Parsons et al. (1988) mostra de forma teórica esse mesmo padrão de recuperação do IAF e acrescenta inferências sobre as taxas de fotossíntese, taxa de senescência e taxas de acúmulo média ($(w-w_0)/t$) e instantânea (dw/dt) dos pastos. Nesse trabalho os pastos que foram submetidas a desfolhações severas apresentaram suas taxas fotossintéticas reduzidas o que levou a um atraso para que os pastos atingissem a taxa máxima fotossintética e no aparecimento da senescência e os pastos que sofreram desfolhas lenientes, a taxa fotossintética foi menos reduzida levando ao rápido restabelecimento da taxa fotossintética máxima e o mesmo ocorreu com a taxa de senescência. A taxa de acúmulo média e instantânea dos pastos também são afetadas de forma semelhante às taxas de fotossíntese e senescência para o tempo de atingirem seus pontos máximos de acordo com a severidade de desfolhação. No entanto, os autores relatam que a taxa média instantânea é sempre positiva, independente da severidade de desfolhação, pelo fato de que a taxa de senescência foliar é atrasada em relação à taxa de produção bruta de tecidos (PARSONS; PENNING, 1988), o que pode levar a concluir que o pasto possui, independente da

severidade de desfolhação um acúmulo líquido positivo de forragem (SBRISSIA et al., 2009). Parsons e Penning (1988) relatam que a taxa de acúmulo média máxima ocorre após a máxima taxa de crescimento instantâneo e antes da produção máxima dos pastos.

Os resultados dos três ensaios corroboram com descrito por Brougham (1956, 1958) para o prolongamento da rebrota (Figura 7) causada pela A_f residual baixa e alto aparecimento de perfis dos pastos severamente desfolhados (Figura 8) e está de acordo com a teoria de Parsons et al. (1988), onde em situações de desfolhação severa (número 4; Figura 7), foram observados durante a rebrota dos pastos atrasos para atingir as máximas taxas de acúmulo média e instantânea quando comparados a situações de desfolhações moderadas (número 2; Figura 7). Uma consequência direta disso é que a altura em que os pastos atingiram as taxas de acúmulo médio máxima foram afetadas (Tabela 5).

Para maximizar a produção de forragem deve-se considerar a maneira que o prolongamento do período afeta a taxa média de crescimento (MAEDA; YONETANI, 1978; WATANABE et al., 1984). Segundo Parsons e Penning (1988) o objetivo é colher o pasto quando a taxa de acúmulo média de crescimento for máxima. O presente trabalho revela a dificuldade em se obter o momento correto de colheita devido à falta de sincronia das alturas observadas entre taxa máxima de crescimento dos pastos e a altura estipulada com base nas alturas metas definidas para os pastos estudados, principalmente em situações onde os pastos são submetidos a desfolhações muito severas.

De maneira geral, nos pastos submetidos a desfolhações L as Tam máxima ficaram próximas das alturas metas de corte de 20 e 25 cm, para azevém e aveia, respectivamente. Por outro lado, para desfolhações S (nímeros 5 e 6; Tabela 5) as Tam máxima foram alcançadas em alturas posteriores as alturas onde os pastos deveriam interceptar aproximadamente 95%. Isso sugere que desfolhações SM modificam a estrutura do pasto de tal forma que o mesmo passaria a interceptar 95% de toda radiação incidente em alturas superiores a aquelas de IAF *crítico* definidas inicialmente. Isso pode ser observado na Tabela 5, uma vez que as taxas de acúmulo médias máximas ocorreram em 25, 32 e 35 cm de altura para o capim-quicuiu, azevém anual e aveia preta, respectivamente.

Uma implicação disso é que, em desfolhações S e SM, há o risco de colher forragem com estrutura deteriorada com altos percentuais de material senescente e colmo quando os pastos atingirem a taxa máxima de acúmulo ou colher forragem baseado em alturas superiores à recomendada antes de atingir a taxa máxima de crescimento.

Tabela 5 – Taxa de acúmulo máxima (Tam_{max} , $kg\ de\ MS.ha^{-1}.dia^{-1}$), taxa de acúmulo em altura meta de corte (Tam_{meta} , $kg\ de\ MS.ha^{-1}.dia^{-1}$), período para atingir a taxa de acúmulo máxima (*dias*), altura em taxa de acúmulo máxima ($Atam_{max}$, cm) e altura meta de corte (A_{meta} , cm) baseados meta máxima de manejo pastos de capim-quiuiu, azevém anual e aveia preta submetidos a diferentes proporções de desfolhação.

	capim-quiuiu			EPM	
Proporção de desfolhação (%)	40	50	60	70	
Número*	2	3	4	5	
A_{meta} †	25	25	25	25	
$Atam_{max}$	20	22	21	-	
IAF na A_{meta}	4,4A	4,0 A	2,6 B	3,8 A	0,47
IAF na Tam_{max}	3,8 A	4,1 A	2,7 B	3,8 A	0,34
Tam_{max}	165A	177A	140 B	97C	10,72
Tam_{meta}	149 A	147A	108B	97B	15,43
Período para atingir a Tam_{max}	9A	13A	19B	43C	2
azevém anual					
Proporção de desfolhação (%)	20	40	60	80	
Número*	1	2	4	6	
A_{meta} †	20	20	20	20	
$Atam_{max}$	24	20	24	32	
IAF na A_{meta}	4,0 A	3,6 A	2,7 B	2,6 B	0,42
IAF na Tam_{max}	4,1 B	3,6 B	3,5 B	5,2 A	0,62
Tam_{max}	158 A	100B	108 B	109 B	6,43
Tam_{meta}	126A	100B	68 C	50D	10,55
Período para atingir a Tam_{max}	3A	3A	8B	26C	2
aveia preta					
Proporção de desfolhação (%)	40	60	80		
Número*	2	4	6		
A_{meta} †	25	25	25		
$Atam_{max}$	25	30	35		
IAF na A_{meta}	3,4 B	4,0 B	4,5 A		0,32
IAF na Tam_{max}	3,4 B	4,7 A	4,3 A		0,47
Tam_{max}	149A	83B	80 B		8,15
Tam_{meta}	149A	57B	45C		9,78
Período para atingir a Tam_{max}	9A	21B	39C		3

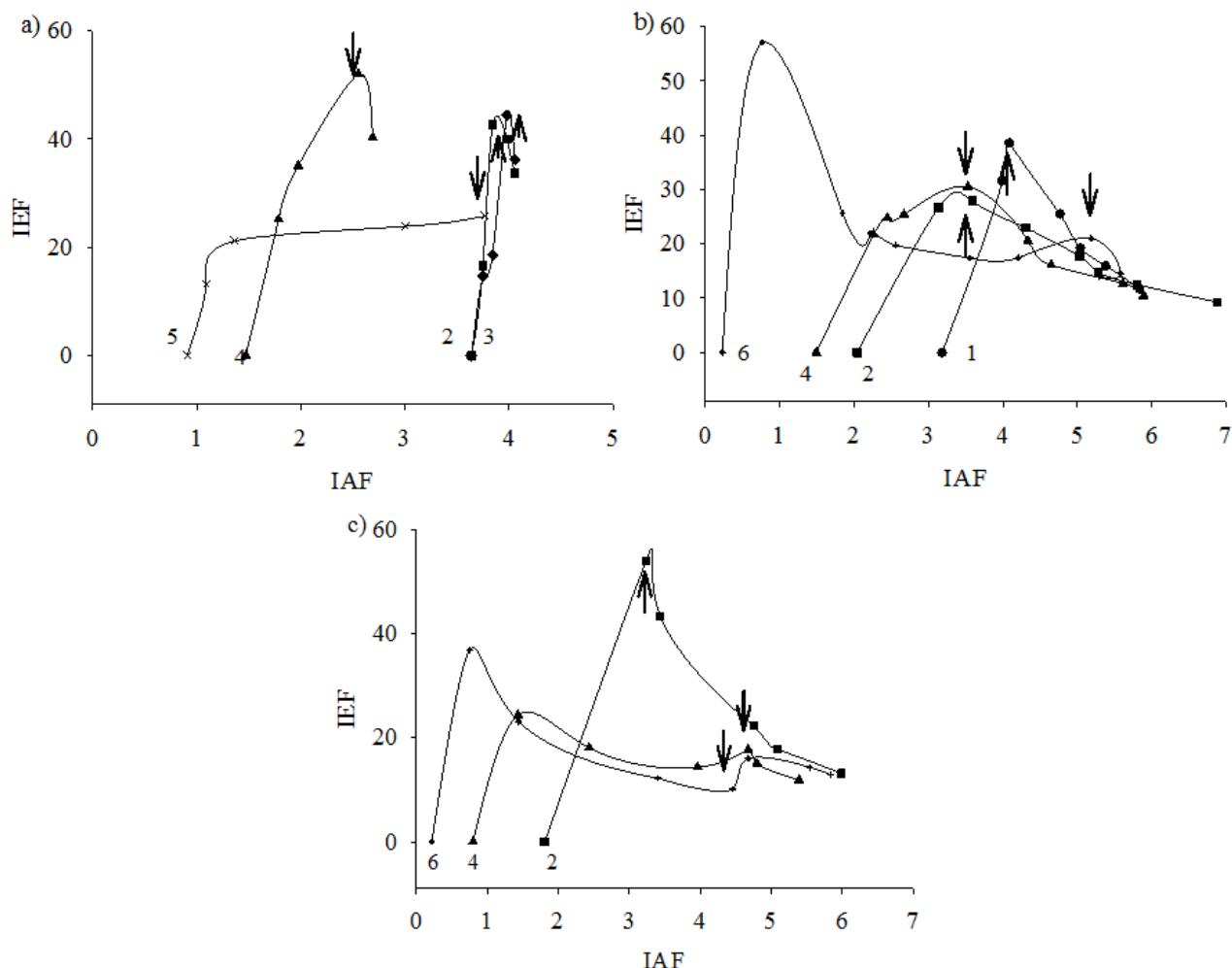
Letras maiúsculas diferenciam entre si nas linhas a $P<0,0001$. *Referente aos números das curvas da Figura 7. † Alturas de manejo baseadas metas máximas de manejo.

Outra implicação se baseia na teoria de Parsons et al. (1988), onde os autores apresentam pastos hipotéticos com uma mesma produção de forragem em uma amplitude de manejo, no qual os IAFs residuais dos pastos variavam de 0,5 a 6,8. O presente trabalho não corrobora com essa hipótese, uma vez que as maiores taxas de crescimento de forragem dos pastos (pastos mais produtivos) foram observadas somente quando desfolhações moderadas e lenientes foram utilizadas

(Figura 6) nos quais os IAFs residuais foram mais altos (Figura 8). Por outro lado, também é possível que em pastos submetidos a sucessivas desfolhações severas, as plantas adquiram mecanismos de resistência ao pastejo, como a evitância, onde o perfilho sofreria mudanças plásticas para evitar o pastejo (BRISKE, 1996). Porém nesses casos, as plantas investiriam mais em formação de colmo do que em área foliar (SBRISIA et al., 2001; SBRISIA et al., 2003), possivelmente dificultando sua capacidade competitiva em ambientes multiespecíficos (plantas invasoras ou mistura de plantas) e possivelmente também no acúmulo de forragem.

A forma com que as gramíneas acumulam massa de forragem líquida à medida que recompõem a estrutura aérea é representada variável índice de eficiência foliar (IEF), a qual relaciona o incremento diário de matéria seca e o IAF (Tam/IAF). O IEF mostra o quanto a planta é eficiente ao interceptar luz pelas folhas e aumentar em massa de forragem líquida ao longo da rebrota (BROUGHAM, 1956; MITCHELL, 1954). O IEF dos pastos estudados apresentaram aumentos com o incremento do IAF, atingiram um ponto máximo e reduziram a eficiência da folha a medida que o dossel se tornou mais velho (Figura 9). Os pastos desfolhados SM (todos os pastos) e S da aveia preta apresentaram os maiores IEFs no início da rebrota, com A_f residual baixa, esses resultados provavelmente podem estar relacionados a alta eficiência fotossintética de folhas jovens do dossel (PARSONS; PENNING, 1983) e o aumento em massa ter ocorrido principalmente pelo aparecimento de novos perfilhos (Figura 8). Os pastos desfolhados L e M (todos os pastos) e S do capim-quicuiu apresentaram os maiores IEFs também no início da rebrota, porém, estes resíduos apresentavam uma alta A_f cujos incrementos em massa foram principalmente por aumentos no tamanho do perfilho (Figura 8). Os máximos IEFs dos pastos L e M (todos os pastos) e S (capim-quicuiu e azevem anual) ocorreram concomitantemente com a Tam_{max} (\uparrow); por outro lado, as máximas IEFs dos pastos S (aveia preta) e SM ocorreram em momentos diferentes a Tam_{max} (\downarrow , Figura 9). Isso significa que há uma relação inversa entre o IEF e a Tam_{max} em altas intensidades de desfolha, o que dificulta o manejo de pastos baseado em metas máximas de altura.

Figura 9 - Relação entre o índice de eficiência da folha (IEF) e o IAF de pastos de capim-quicuiu (a), azevém (b) e aveia (c) submetidos a diferentes intensidades de desfolhação.



Os números 1 – 20%, 2 – 40%, 3 – 50%, 4 – 60%, 5 – 70%, 6 – 80% representam a intensidade de desfolhação. As setas para cima (↑) representam o momento da Tam_{max} para as intensidades de desfolha L e M e as setas para baixo (↓) representam o momento da Tam_{max} para as intensidades de desfolha S e SM. Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2017.

Outro ponto importante a ser evidenciado é que as espécies forrageiras apresentaram distintas estratégias para sustentar o IAF durante o crescimento (Figura 8). Nesse sentido, foi observado para o capim-quicuiu uma característica interessante, onde houve baixa variação no IAF durante a rebrota dos pastos submetidos a desfolhações moderadas preservando uma alta A_f e ajustes na população de perfilhos, apresentando uma alta capacidade em manter produção comparadas às outras espécies forrageiras estudadas quando submetidos a uma ampla faixa de regimes de desfolhas.

Além disso, os resultados mostraram, que nas desfolhações severas e muito severas os resíduos dos pastos de capim-quicuiu apresentaram maiores A_f que os pastos de azevém anual e aveia, os quais não apresentaram o mesmo padrão de sustentação do IAF nessas situações. Duchini et al. (2014) trabalharam como aveia preta e azevém anual manejados a uma mesma proporção de desfolhação sob lotação intermitente observaram que os pastos de aveia preta apresentaram um menor potencial de perfilhamento quando comparados com os monocultivo de azevém anual o que corrobora com os resultados do presente trabalho, onde os pastos de aveia, independente da severidade de desfolhação, houve regulação do IAF ao longo da rebrota principalmente por ajustes em A_f relativos ao incremento em DPP.

Uma implicação disso é que uma hipotética ordem de stress por espécie pode ser gerada com os resultados do presente trabalho, como em sucessivas desfolhações severas. Primeiramente, a aveia preta provavelmente pode ser mais suscetível a ter decréscimos produtivos maiores perante às outras espécies estudadas neste trabalho, uma vez que este pasto regula o IAF dependendo somente de incrementos em A_f , fato que possivelmente pode depreciar sua capacidade competitiva com outras espécies. Já o azevém anual, apesar de apresentar áreas foliares baixas como aveia preta em desfolhações severas, apresenta um potencial de perfilhamento maior em relação à aveia anual e o capim-quicuiu por apresentar maior área foliar residual que a aveia preta e azevém anual, pôde apresentar alto potencial de perfilhamento como o azevém anual quando manejado em desfolhações muito severas.

CONCLUSÕES

Pastos sob lotação intermitente são influenciados pelo IAF residual durante a rebrota, onde as maiores taxas de acúmulo são favorecidas em desfolhações lenientes e moderadas; As taxas máximas de crescimentos dos pastos submetidos a desfolhações muito severas são alcançadas em alturas posteriores à altura correspondente ao IAF crítico ou metas de manejo máximas.

RELAÇÃO FUNCIONAL ENTRE TAMANHO/NÚMERO DE PERFILHOS EM PASTOS DE CAPIM-QUICUIU E AZEVÉM ANUAL EM DIFERENTES INTENSIDADES DE DESFOLHAÇÃO SOB LOTAÇÃO CONTINUA

INTRODUÇÃO

O mecanismo de compensação tamanho densidade populacional de perfilhos ['compensação tamanho/densidade' (CTD)] ou lei do auto-desbaste foi originalmente descrito para compreender mudanças ecológicas em comunidades de plantas intactas (plantas que não sofreram nenhum tipo de perturbação, como corte ou pastejo) (YODA et al., 1963). Mais recentemente, o conceito vem sendo utilizado como uma ferramenta auxiliar em estudos de comunidades de plantas forrageiras de clima temperado (MATTHEW et al., 1995; HERNÁNDEZ GARAY et al., 1999; MATTHEW et al. 2008) e de clima tropical (SBRISSIA et al., 2001, 2003; SBRISSIA& Da SILVA, 2008; CALSINA et al., 2012) submetidas a desfolhação.

A proposta de Yoda et al. (1963) descreve a lei do auto-desbaste (*self thinning rule*) em uma população de plantas em crescimento livre onde ocorrem aumentos na massa individual dos indivíduos e uma concomitante redução no número de indivíduos por unidade de área. Os mesmos autores verificaram que quando o logaritmo da massa média dos indivíduos era plotado no eixo das coordenadas e o logaritmo da densidade populacional no eixo das abscissas, os pontos formavam uma reta de inclinação -3/2. Em ambientes sob pastejo as mudanças compensatórias na densidade populacional de perfilhos (DPP) e peso dos perfilhos são mecanismos que fornecem às pastagens a capacidade de dirimir os impactos de diferentes tratamentos de desfolhação na produção de forragem (MATTHEW et al., 1995). O padrão de CTD em pastos desfolhados submetidos a diferentes intensidades de manejo segue uma reta linear negativa com uma inclinação maior (MATTHEW et al., 1995) que -3/2 (WHITE e HARPER, 1970; KAYS e HARPER, 1974) ou -4/3 (WEST et al., 1999) que é a inclinação proposta de auto-desbaste para relvados não desfolhados.

Sackville Hamilton et al. (1995) mostraram que uma reta de inclinação -3/2 seria uma perspectiva teórica quando o índice de área foliar (IAF) e a razão entre área foliar/volume da planta (R) permanecessem constantes. Considerando que a área foliar (A_f) varia durante a rebrota ou em resposta à intensidade de desfolha (BIRCHAM; HODGSON, 1983; MATTHEW et al., 1995), é natural que a compensação tamanho/densidade em relvados sob desfolha assuma inclinações diferentes de -3/2. Sbrissia et al. (2001, 2003), trabalharam com os capins-coastcross e tifton 85,

também verificaram inclinações maiores que $-3/2$ para pastos sobre desfolha. Situações semelhantes também foram observadas em pastos de capim-braquiária (SBRISSIA; DA SILVA, 2008).

A capacidade com que a planta se adequa aos diferentes regimes de desfolha com a CTD pode variar entre espécies forrageiras. Em espécies de clima temperado o *Lolium perenne L.* é comumente reconhecido por ter um alto grau de plasticidade mantendo sua produção em uma grande faixa de regimes de desfolhação (BIRCHAM; HODGSON, 1983). Já para espécies de clima tropical, um alto grau de plasticidade foi observado em bermudas *Cynodon dactylon* (SBRISSIA et al., 2001, 2003), porém essa plasticidade não foi a mesma para a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (SBRISSIA e DA SILVA, 2008) o que pode ser associado aos diferentes hábitos de crescimento dessas plantas (estolonífero e cespitoso, respectivamente).

Matthew et al., 1995 e Sbrissia e Da Silva et al. (2008) relatam que essa capacidade de determinadas plantas em manter aspectos produtivos pode ser explicada por variações no peso, número e forma dos perfis. Porém, esses autores também relatam a dificuldade dos pastos em manter produção por apresentarem IAFs decrescentes à medida que se aumenta a severidade de desfolhação. Uma vez que a inclinação da reta observada nesses trabalhos é maior que $-3/2$, a distância dos pontos plotados comparados a uma reta teórica $-3/2$ aumenta à medida que se eleva a severidade de desfolhação, o que reflete a menor capacidade dos pastos em manter produção em diferentes níveis de desfolhação (SACKVILLE-HAMILTON et al., 1995). Esse fato pode ser explicado pela dificuldade das plantas em adaptar sua estrutura e ajustes no IAF em diferentes níveis de desfolhação que é influenciada por suas variáveis dependentes A_f (tamanho do perfilho) e DPP. Entretanto em trabalho conduzido por Fialho (2015) com pastos de amendoim forrageiro submetidos a diferentes alturas de manejo a autora observou que essa planta é capaz de manter em uma faixa relativamente ampla de altura em um mesmo IAF, possibilitando flexibilidade no manejo dessa planta.

Assim, o presente trabalho tem por hipótese central de que espécies forrageiras submetidas a diferentes severidades de desfolhação apresentam mecanismos diferentes em regular o IAF e que existem variações interespecíficas nos processos de compensação tamanho/densidade populacional de perfis em pastos sob lotação contínua. Nesse sentido os objetivos do trabalho são: I: verificar possíveis diferenças entre espécies forrageiras na CTD em sustentar o IAF; II - Explicar através das variáveis do IAF (área foliar média por perfilho e densidade populacional de perfis) como esses processos adaptativos do IAF ocorrem.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização

O experimento foi conduzido nas coordenadas geográficas aproximadas do local do experimento são 27° 47' de latitude sul, 50° 18' de longitude oeste e altitude aproximada de 910 metros no período de 22 janeiro de 2014 a 5 de outubro de 2015 e foi composto por dois ensaios (I e II). O solo do local experimental dos ensaios foi classificado como Cambissolo húmico alumínico léptico (EMBRAPA, 2006), e as características médias químicas do solo antes do início dos ensaios analisadas em 8 de dezembro de 2013 na profundidade de 0-20 cm estão na Tabela 6. Baseados nesses valores, a correção e a fertilização para as gramíneas de clima quente e frio (plantas forrageiras) de acordo com a Tabela 7. De acordo com o sistema de classificação de köppen a região tem um clima do tipo Cfb (úmido subtropical) com invernos severos, verão ameno e chuvoso ao longo do ano (Tabela 8)

Tabela 6: Características químicas do solo do experimento

Ensaio	pH em H ₂ O	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V
		%	mg.dm ⁻²	mg.dm ⁻³			cmolc.dm ⁻³			%
I	6,1	8,8	48,4	197	9,41	3,75	1,10	0	14,75	78
II	5,3	4,5	2,7	136	7,54	2,08	6,20	0,93	11,46	72

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Tabela 7: Ensaio, datas de aplicação, tipo de fertilizante e quantidade de fósforo, potássio, cálcio e nitrogênio durante o período experimental.

Ensaio	Data de aplicação	Elemento	Tipo de fertilizante	Quantidade de fertilizante (kg.ha ⁻¹)	Quantidade do elemento (kg.ha ⁻¹)
I	16/12/2013	P	SFT	178	80 de P ₂ O ₅
I	16/12/2013	K	KCl	134	80 de K ₂ O
I	22/01/2014	N	Ureia	200	90 de N
I	18/03/2014	N	Ureia	200	90 de N
II*	17/04/2014	Ca	Cfc	2000	20 de CaO
II	25/05/2014	P ₂ O ₅	SFT	178	80 de P ₂ O ₅

II	25/05/2014	K ₂ O	KCl	133	80 de K ₂ O
II	10/06/2014	N	Ureia	445	200 de N
II	09/06/2014	N	Ureia	445	200 de N

*SFT, superfosfato triplo; KCl, Cloreto de potássio; Cfc, calcário “filler” calcítico. *solo do ensaio II foi o mais acidificados ($pH = 5,2$) necessitando de calagem (PRNT 98%).*

Tabela 8: Condições climáticas médias mensais durante o ano de experimental (2014).

Variáveis climáticas	Ensaio I: capim-quicuiu					
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho
<i>Insolação (h)</i>	216,8	218,4	163,7	125,5	131,5	85,7
<i>Precipitação (mm)</i>	183,0	210,7	121,3	94,2	235,3	397,8
<i>Temperatura máxima (C°)</i>	27,9	28,3	24,2	21,6	18,9	16,4
<i>Temperatura média (C°)</i>	21,5	21,0	18,4	16,3	13,2	12,0
<i>Temperatura mínima (C°)</i>	16,3	15,3	14,0	12,2	8,8	8,1

Variáveis climáticas	Ensaio II: azevém anual					
	Maio	Junho	julho	agosto	setembro	outubro
<i>Insolação (h)</i>	131,5	85,7	106,7	204,7	120,2	184,3
<i>Precipitação (mm)</i>	235,3	397,8	77,3	61,0	233,4	154,2
<i>Temperatura máxima (C°)</i>	18,9	16,4	16,6	20,6	20,6	24,0
<i>Temperatura média (C°)</i>	13,2	12,0	11,3	12,7	15,1	17,3
<i>Temperatura mínima (C°)</i>	8,8	8,1	6,6	6,3	10,4	12,1

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017).

Tratamentos, delineamento experimental e manejo das pastagens

Ensaio I - O ensaio foi conduzido no período de verão (início em 25 de janeiro) e outono (fim em 4 de Maio) de 2014. Para esse ensaio, o pasto foi composto por capim-quicuiu (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.) implantado na área experimental desde 1998. A área experimental apresentou 180 m², as unidades experimentais (parcelas) tinham 15 m² (3 m x 5 m) e com área útil de 11,25 m² (2,5 m x 4,5 m). Este ensaio não apresentou espaçamento entre parcelas, uma vez que o limite destas foi determinado por cercas eletrificadas. O ensaio foi sob corte (com alturas controladas por desfolha animal e por corte com motosegadeira) e teve quatro tratamentos que corresponderam à manutenção de quatro alturas (7,5; 15; 22,5 e 30 cm) mantidas constantes em um delineamento em inteiramente casualizado com três repetições. Toda a área experimental foi

rebaixada para a altura de 15 cm com o uso de animais em 22 de janeiro de 2014. Após o rebaixamento cada parcela foi mantida nas alturas correspondentes aos tratamentos impostos com o uso de motosegadeira costal pelo menos uma vez por semana. Para assegurar que houvesse tempo necessário para os pastos entrarem em condição de equilíbrio (*steady state*) o procedimento de roçada ocorreu por 105 dias antes do início das avaliações.

Ensaio II - O período experimental foi no inverno e primavera de 2014 (início em 24 de junho e fim em 05 de Outubro de 2014). A espécie forrageira utilizada foi o azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam. cv. BRS Ponteio), que foi semeado na área experimental no dia 24 de junho de 2014 com taxa de semeadura de 90 kg.ha⁻¹ (valor cultural de 65%) para assegurar um rápido e homogêneo estabelecimento dos pastos. A área experimental teve tamanho de 43,6 m², cada unidade experimental foi constituída por parcelas contendo área de 1m² (1 m x 1 m), área útil de 0,81 m² (0,9 m x 0,9 m) e espaçamento de 0,4 m entre parcelas. O ensaio foi realizado sob corte e os tratamentos corresponderam às alturas de 6, 12, 18, 24 e 30 cm em um delineamento inteiramente casualizado e 4 repetições. Os pastos foram mantidos nas alturas pretendidas com o uso de tesouras pelo menos duas vezes por semana. Para assegurar que houvesse tempo necessário para os pastos entrarem em condição de equilíbrio (*steady state*) o procedimento de corte ocorreu por 40 dias antes do início da primeira avaliação.

Avaliações no campo

Foram medidas 30 e 15 leituras das alturas dos pastos dos pastos dos ensaio I e II respectivamente, desde o início do período experimental, com intervalos de dois dias para controle do crescimento usando um bastão medidor (*sward stick*) (BARTHRAM, 1985) descontados as bordaduras. As amostragens foram realizadas da seguinte forma para cada ensaio:

Ensaio I: em 04 de maio de 2014 três amostras de cada parcela com cortes de toda forragem contida em armações metálicas de 0,05 m². As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificadas e levadas para laboratório para posterior processamento.

Ensaio II: foram realizados dois cortes em períodos diferentes, na qual três amostras na área útil de cada parcela com cortes de toda forragem contida em armações metálicas de 0,03 m², onde o primeiro corte foi realizado em 12 de agosto de 2014 (corte piloto) e o outro em 5 de outubro de 2014 (corte para análise). As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificadas e levadas para laboratório para posterior processamento.

Avaliações no laboratório

Para os dois ensaios o procedimento adotado em laboratório foi idêntico, a saber: todo material contido nos sacos plásticos foram pesados em balança digital (marca: URANO-INDUSTRIA DE BALANÇAS E EQUIPAMENTOS ELETRONICOS LTDA; modelo: UD1500/0.1LE). Posteriormente, todos os perfilhos provenientes das armações metálicas foram quantificados e separados do material morto e invasoras para a obtenção da densidade populacional de perfilhos (DPP, perfilhos.m²) da espécie trabalhada. Após a pesagem e quantificação, foram separados 50 perfilhos cujas lâminas verdes foram destacadas de cada perfilho. A área foliar das lâminas verdes foi medida em um aparelho integrador de área foliar (LI-3000C – Licor) e os resultados (em cm²) foi dividida por 50 para a obtenção da área foliar média por perfilho (A_f, cm² de folha.perfilho⁻¹). Posteriormente, os componentes da biomassa: perfilhos intactos da espécie estudada, espécies invasoras e morto; e os componentes morfológicos dos 50 perfilhos: folha e colmo foram acondicionados separadamente e identificados (perfilhos intactos, material morto, invasoras, folhas e colmo dos 50 perfilhos) em sacos de papel e levados para estufa de ventilação forçada a 65 °C por 48 horas. Após secagem, as amostras foram pesadas em balança digital. A massa de forragem será a somatória de todos os componentes secos (componentes da biomassa + componentes dos 50 perfilhos) em estufa e extrapolados para kg de MS.ha⁻¹.

O índice de área foliar (IAF) foi determinado de acordo com o seguinte cálculo:

$$IAF = DPP \times A_f$$

onde:

DPP = *densidade populacional de perfilhos* (perfilhos m⁻²) e A_f = *Área foliar média por perfilho* (m² perfilho⁻¹).

Análise estatística

As relações funcionais entre IAF e Massa média por perfilhos com a densidade populacional de perfilhos foi realizada utilizando-se o Log dos valores efetivamente observados e as regressões foram realizadas por meio do *software* estatístico Past, utilizando-se o método do eixo maior reduzido (RMA), uma vez que existe erro amostral nos dois eixos e este procedimento de regressão é, normalmente, preferível nestes casos (LaBARBERA, 1989). As distâncias entre os pontos plotados dos tratamentos por espécie forrageira a reta teórica de -3/2 foi calculado aplicando teorema pitagórico:

$$D = \frac{|ax_2 + by_2 + c|}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

onde:

D = menor distância entre um ponto n e a reta $-3/2$, a = coeficiente angular da reta teórica $-3/2$ (com valor $-1,5$), b = intercepto, c = coeficiente linear da reta teórica $-3/2$, x_2 = valor da coordenada x do ponto n e y_2 = valor da coordenada y do ponto n .

Os dados foram analisados através do procedimento Proc GLM do pacote estatístico SAS® (Statistical Analysis System), versão 8.2 para Windows®. Os efeitos de altura e suas interações foram considerados como fixos (LITTEL et al., 2000). As médias entre tratamentos foram comparadas utilizando-se o teste de *Tukey* e o nível de significância adotado para todo o experimento foi de 5%.

RESULTADOS

Efeitos da altura de desfolhação nas variáveis estruturais do pasto

Houve efeito dos tratamentos, independente da espécie forrageira estudada, para as seguintes variáveis: índice de área foliar médio (IAF médio; $P<0,0001$), densidade populacional de perfilhos (DPP; $P<0,0001$), área foliar média (A_f ; $P<0,0001$) e peso médio dos perfilhos (PMP; $P<0,0001$) (Tabela 9). Para a variável massa de forragem (MF) somente para os pastos de azevém anual ($P<0,0001$) houve efeito dos tratamentos e para os pastos de capim-quicuiu não houve efeito significativo para esta variável para os tratamentos impostos ($P=0,4628$).

Os pastos de capim-quicuiu apresentaram IAFs semelhantes em uma faixa relativamente ampla de altura (7,5; 15 e 22,5 cm) e foram 40% maiores quando comparadas ao tratamento de desfolhação mais leniente (30 cm). Já os pastos de azevém anual obtiveram incrementos no IAF à medida que se aumentou a altura dos pastos, estabilizando a partir de 24 cm. Para fins comparativos entre espécies, o capim-quicuiu nas alturas de 7,5; 15 e 22,5 cm apresentou IAFs em média 43% maiores do que os tratamentos de azevém anual nas alturas de 6, 12, 18 e 24 cm. Essa relação se tornou positiva para o azevém anual em desfolhas lenientes (24 e 30 cm), cujo IAFs foram 25% maiores comparados ao capim-quicuiu (30 cm).

A DPP reduziu à medida que se aumentou a altura dos pastos para ambas as espécies. Para os pastos de capim-quicuiu houve uma redução de 78% na DPP comparando a maior com a menor altura de desfolhação (30 x 7,5 cm) enquanto que para os pastos de azevém anual essa redução foi de

62% (30 x 6 cm), quando comparados em alturas de desfolhação similares. Porém, partindo de um raciocínio inverso, ou seja, de alturas maiores para menores, a situação se torna favorável aos pastos de capim-quicuiu. Os pastos de capim-quicuiu quando reduzem $\frac{1}{4}$ da altura (30 x 7,5 cm) aumentam em 4,6 vezes o número de perfilhos, já pastos de azevém anual quando reduzem em $\frac{1}{4}$ da altura (24 x 6 cm) aumentam em 1,7 vezes o número de perfilhos.

Conforme as alturas de desfolhação aumentaram houve um concomitante incremento nas A_f para ambas as espécies. As variações em A_f da menor para maior altura foram de 92% para o azevém anual (6 x 30 cm) e de 70% para o capim-quicuiu (7,5 x 30cm). Independente da severidade de desfolhação, os pastos de capim-quicuiu apresentaram A_f em média 60% (média da A_f do azevém anual em todos os tratamentos/média da A_f do capim-quicuiu em todos os tratamentos) maiores do que os pastos de azevém anual.

Os pastos, independente de espécie, apresentaram variações no tamanho dos perfilhos nos diferentes níveis de desfolhação. Embora os pastos de capim-quicuiu tenham sido em média 74% mais pesados que os perfilhos dos pastos de azevém anual, a relação proporcional de peso entre a maior e a menor severidade foram semelhantes entre as espécies com incrementos de 87% (6 x 30 cm) e 85% (7,5 x 30 cm) para o azevém anual e capim-quicuiu respectivamente.

As diferenças nos pesos médios dos perfilhos se refletiram na massa de forragem e os pastos de capim-quicuiu apresentaram 35% mais massa de forragem (média da MF do azevém anual em todos os tratamentos/média da MF do capim-quicuiu em todos os tratamentos) do que os pastos de azevém anual.

Tabela 9 – Índice de área foliar (IAF), densidade populacional de perfilhos (DPP; perfilhos.m⁻²), área foliar média (Af; cm⁻² de folha), peso médio por perfilho (PMP; mg) e massa de forragem (MF; kg.ha⁻¹) em pastos de capim-quicuiu e azevém anual em diferentes alturas de corte.

capim-quicuiu						
Variáveis	Tratamentos (cm)					EPM*
	7,5	15	22,5	30	-	
IAF	6,9 A	6,7 A	5,6 A	3,8 B	-	0,49
DPP	8699 A	6565 B	3650 C	1894 D	-	603
Af	7,71 B	11,37 AB	16,88 AB	25,54 A	-	5,0938
PMP	6,56 C	12,98 BC	25,11 B	43,99 A	-	5,4806
MF	5766 A	6876 A	7129 A	8305 A	-	1855,3110
azevém anual						
Variáveis	Tratamentos (cm)					EPM
	6	12	18	24	30	
IAF	1,17 D	2,97 C	4,24 B	5,05 A	5,23 A	0,3388
DPP	11950 A	8675 B	7258 C	6941 C	4550 D	595
Af	0,99 D	3,43 C	5,87 B	7,26 B	11,83 A	1,4116
PMP	1,73 C	3,09 BC	5,06 B	5,31 B	13,38 A	1,0642
MF	2380 C	3142 C	4817 B	5042 B	7203 A	340,7341

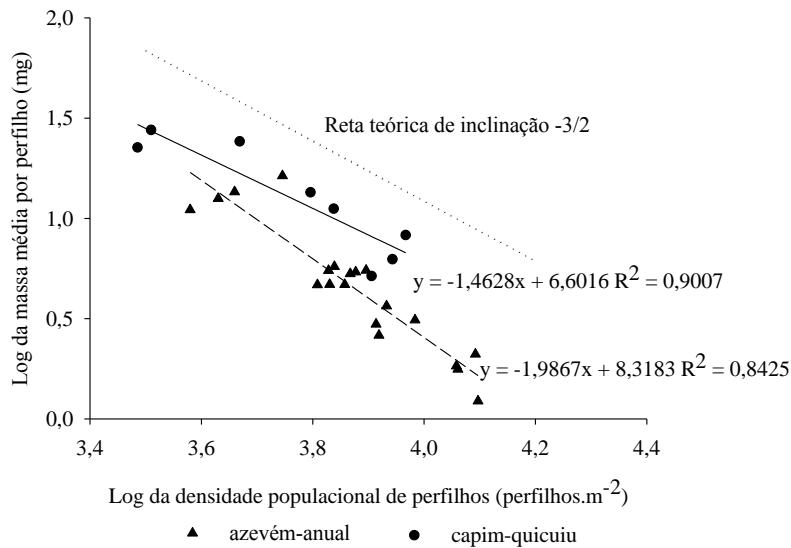
As medias diferenciam entre si com letras maiúscula para linhas de acordo com Tukey a P<0,01.

*Erro padrão da média. Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2017.

Efeitos da altura de desfolhação nos processos de auto-desbaste entre as espécies forrageiras.

Em ambos os pastos houve correlações negativas entre o peso e a densidade populacional de perfilhos (Figura 10). Porém, os efeitos das intensidades de desfolhação se refletiram em maiores inclinações de retas para os pastos de azevém anual comparados aos pastos de capim-quicuiu, no qual seus valores respectivos foram -1,98 e -1,36.

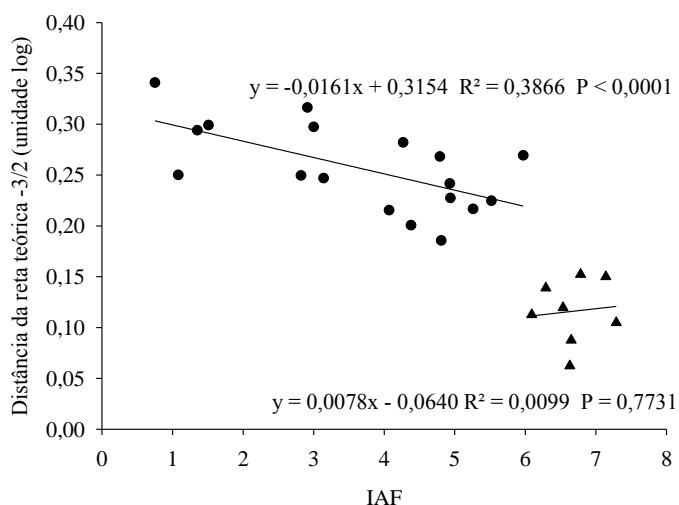
Figura 10 – Coordenadas x/y do log da densidade populacional e do log da massa média por perfilho em pastos de capim-quicuiu (—) e azevém anual (----) em diferentes alturas de corte. A linha pontilhada (....) representa a reta teórica de inclinação -1,5 que indica IAF constante.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2017.

A Figura 11 apresenta as distâncias dos pontos plotados na Figura 2 a reta teórica -1,5. Os pastos de capim-quicuiu apresentaram pontos mais próximos à reta teórica -3/2 comparados aos pastos de azevém anual.

Figura 11 – Distâncias entre pontos à reta teórica -3/2 e índice de área foliar (IAF) de pastos de capim-quicuiu (▲) e azevém anual (●) em diferentes alturas de corte. As distâncias são referentes aos pontos e a reta plotados na Figura 10.

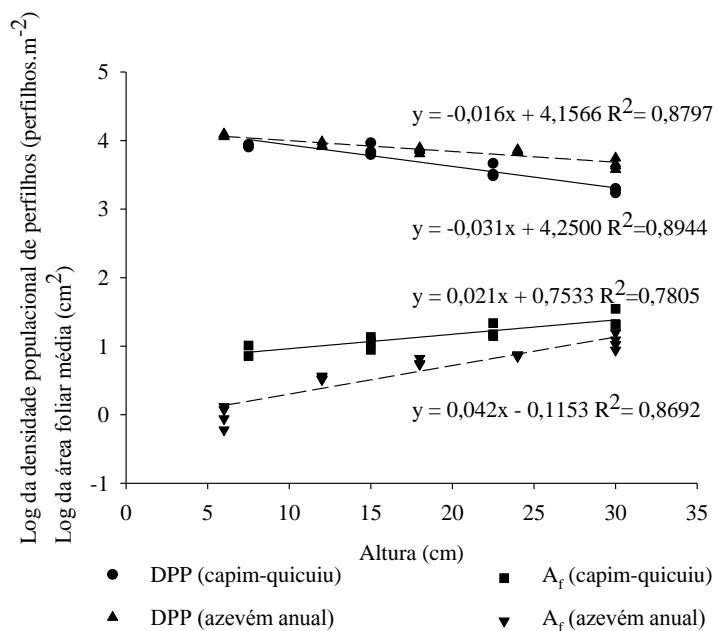


Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2017.

Efeitos da altura de desfolhação nas variáveis reguladoras do IAF

Independente da espécie (capim-quicuiu e azevém anual) houve uma relação com inclinação de reta positiva entre incrementos em altura com A_f (Figura 12). De forma contrária, a relação entre as alturas de desfolhação com a DPP apresentaram inclinações de reta negativas. As maiores reduções em DPP foram observadas para o capim-quicuiu, cujas inclinações de reta foram mais negativas (-0,031) quando comparadas aos pastos de azevém anual (-0,016). Já para a variável A_f , os pastos de capim-quicuo (0,021) foram mais estáveis, pois as inclinações foram 50% maiores para os pastos de azevém anual (0,042). Uma vez que os pastos de azevém anual partiram nas maiores severidades com log da A_f mais próximos de zero.

Figura 12 – Contribuição da densidade populacional de perfilhos (DPP) e da área foliar média (A_f) em diferentes alturas de corte de pastos de capim-quicuiu (—) e azevém anual (----).



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2017.

DISCUSSÃO

De forma geral todas as variáveis (IAF, DPP, A_f , PMP e MF) foram influenciadas pela causa de variação estudada (severidade de pastejo). A expressão fenotípica das repostas morfológicas da planta se dá principalmente por meio de ajustes em DPP e A_f que regulam o IAF dos pastos (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Dessa forma, o mecanismo compensatório entre massa e

densidade populacional de perfilhos foi observado no presente trabalho nos ensaios com capim-quicuiu e azevém anual, com maiores DPP registrados nos pastos manejados mais baixos e menores DPP nos pastos manejados mais altos (Tabela 9).

Embora essas respostas são representativas de apenas um corte dos pastos em “*steady state*”, esse padrão de resposta tem sido amplamente descrito na literatura para pastos de clima temperado e tropical submetidos a simulações de lotação continua, com gramíneas forrageiras como *Lolium perene* em microrelvado (HERNANDEZ GARAY et al., 1999) e condições de campo (BIRCHAN; HODGSON, 1983; BAHAMANI et al., 1997; HERNANDEZ GARAY et al., 1997); em plantas do gênero *Cynodon* sp. (SBRRISSIA et al., 2001, 2003), *Brachiaria* sp (SBRRISSIA; Da SILVA, 2008; SANTOS et al., 2011) e com pastos submetidos a lotação intermitente, como *Chloris gayana* (simulação de lotação intermitente; CALSINA et al., 2012), *Pennisetum clandestinum* Hochst. & Chiov. (SANTOS, 2014), misturas de gramíneas (azevém x aveia, DUCHINI et al., 2014) e leguminosas como *Arachis pintoi* Krapovickas & Gregory (Fialho, 2015).

Segundo Garcez et al. (2002), o aparecimento de novos perfilhos é um processo contínuo, que pode ser acelerado pela desfolhação da planta e consequente pela melhoria do ambiente luminoso na base do dossel. De forma inversa, a medida que aumenta a altura de desfolhação dos pastos a redução de perfilhos ocorre por meio de competição por luz (LONSDALE e WATKINSON, 1982; SACKVILLE-HAMILTON et al., 1995), onde a baixa intensidade de luz na base do relvado é um dos principais fatores que interferem na capacidade de perfilhamento de pastos mantidos mais altos.

O presente trabalho mostra que os pastos de capim-quicuiu conseguem compensar a redução da altura com maior aumento de DPP comparados aos pastos de azevém anual (Tabela 9). Os coeficientes angulares da inclinação das retas relacionadas ao Log da DPP com o Log da massa média por perfilho foram -1,46 e -1,98 para o capim-quicuiu (ensaio I) e o azevém anual (ensaio II), respectivamente (Figura 10).

As inclinações de reta para o azevém anual são semelhantes àquela apresentada no estudo pioneiro de Hernández Garay et al. (1999) que também trabalharam com relações ecológicas de compensação tamanho/densidade de perfilhos com pastos de azevém perene em diferentes alturas de corte simulando lotação continua (-5/2) e está de acordo com as previsões teóricas de Matthew et al. (1995) e corroboram com os trabalhos de muitos autores que estudaram o assunto com pastos sob lotação continua (SBRRISSIA et al., 2001, 2003; SBRRISSIA; Da SILVA, 2008; SANTOS et al., 2011). Retas com inclinação diferentes de -3/2 são explicadas, normalmente, por aumentos em área

foliar a partir de aumentos nas alturas de desfolhação ou por variações na forma do perfilho, como a razão área foliar/volume por perfilho (R), não avaliado neste estudo. De fato, para o azevém anual no ensaio I houve aumentos em IAF conforme aumentou a alturas dos pastos, gerados provavelmente por aumentos em A_f (Tabela 9; Log da A_f Figura 12). De forma antagônica, trabalhos precursores de auto-desbaste (CTD) como o de Yoda et al. (1963) e Westoby (1984), os autores relataram que plantas sobre crescimento livre também seguem uma relação inversa entre Log da DPP e Log da massa média por perfilho com inclinação de $-1,5$. Esta relação sugere que uma comunidade de plantas mantém o seu IAF para assegurar a capacidade produtiva sobre diferentes períodos (estações) do ano pelo ajuste na densidade populacional.

No presente estudo, no ensaio I, as inclinações de reta entre Log da DPP e Log da massa média por perfilho para o capim-quicuiu foram mais próximas de $-1,5$ (Figura 10), isso significa que os pastos de capim-quicuiu podem ter a possibilidade de manter IAFs semelhantes nesses diferentes regimes de desfolhação. Os IAFs observados ao longo do ensaio foram estáveis em uma faixa de manejo para o capim-quicuiu (7,5 cm; 15 cm e 22,5 cm) e aumentaram para o azevém anual até atingirem desfolhações relativamente lenientes (24 cm e 30 cm) (Tabela 9).

Os resultados indicam que o capim-quicuiu parece apresentar respostas de adaptação morfológica antagônicas ao azevém anual e das gramíneas forrageiras citadas anteriormente. Como forma de manter o IAF, os pastos de capim-quicuiu (7,5 cm), quando submetidos a severidades de desfolhação intensa, priorizaram o potencial de peso individual por perfilho (Figura 10), por meio da manutenção de uma alta área foliar mesmo em situações de menor população de perfilhos comparado ao azevém anual (6 cm) (Figura 12). Essa superioridade proporcional do IAF do capim-quicuiu perante o azevém anual permaneceu em uma ampla faixa de manejo (7,5; 15 e 22,5 cm). Tal capacidade de sustentar o IAF em uma amplitude de manejo de altura não foi observada em outras espécies de gramíneas, como azevém perene (HERNANDEZ GARAY et al., 1997; HERNANDEZ GARAY et al., 1999); *Cynodon* sp. (SBRISSIA et al., 2001; 2003) e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (SBRISSIA; Da SILVA, 2008). Isso significa que pastos de capim-quicuiu provavelmente mantenham sua capacidade produtiva em diferentes regimes de desfolhação quando submetidos à lotação continua.

Sbrissia et al. (2013) em estudo com a mesma espécie forrageira sob lotação intermitente, demonstraram ser possível a obtenção de um mesmo nível de produção de forragem com diferentes alturas de entrada (15, 20 e 25 cm, esse último representando a condição de 95% de IL) desde que rebaixados em não mais que 50% de suas respectivas alturas totais. Embora estes resultados sejam

sob lotação intermitente, neste mesmo experimento, porém com outros objetivos, Santos (2014) atribuiu que os mesmos mecanismos de compensação tamanho/densidade de perfilhos que ocorrem em pastos submetidos à lotação continua, já citados no presente trabalho, também operam para os pastos de capim-quicuius submetidos à lotação intermitente. Porém, a autora relata que os IAFs médios ((IAF_{pre-pastejo} + IAF_{pós-pastejo})/2) variaram nos tratamentos. Essa amplitude de manejo já vem sendo relatada em trabalhos antecessores com pastos sob lotação continua. Nesse sentido, Bircham e Hodgson (1983), trabalharam com uma mistura de plantas de clima temperado, mostraram que a produção líquida de forragem (crescimento menos senescência) se mantém relativamente constante dentro de uma faixa de metas de manejo, com alturas variando de 3 a 8 cm de altura (correspondente aos IAFs de 2,5 a 4,5), atribuindo tal resposta a mecanismos "*homeostáticos*" baseados em alterações na DPP e no fluxo de tecidos em perfilhos individuais frente ao manejo empregado.

Os trabalhos de Bircham e Hodgson (1983) e Sbrissia e Da Silva (2008) sugerem uma similaridade em relação ao manejo para plantas de climas temperado e tropical, e indicam que, independente do tipo ou porte da planta, existe um intervalo ótimo de alturas de manejo onde cada planta pode ser manejada em lotação contínua sem que haja comprometimento da produção de forragem. Entretanto, no presente trabalho, apesar dos resultados mostrarem que os IAFs dos pastos de capim-quicuiu foram constantes em uma amplitude de manejo em altura, não é sugestivo inferir que esta espécie nessas condições de manejo são mais produtivas do que os pastos de azevém anual.

Diante disso, Matthew et al. (1995) sugerem que a distância entre qualquer ponto definido pelas coordenadas Log do peso médio dos perfilhos e Log da DPP e uma reta teórica -3/2 posicionada arbitrariamente poderiam indicar um valor de índice de produção potencial do relvado. Como demonstrado por Sackville-Hamilton et al. (1995), a linha -3/2 define a situação onde o IAF é constante. Dessa forma, os mesmos autores relatam que a distância entre os pontos observados em qualquer tempo e a linha -3/2 alocada acima desses pontos poderia ser um indicativo da capacidade produtiva dos pastos em acumular matéria seca. Essa hipótese foi confirmada por forrageiras de clima temperado por meio de forrageiras em micro-relvado (HERNANDEZ GARAY et al., 1999), em condições de campo com perenes de inverno (HERNANDEZ GARAY et al., 1997; BAHAMANI et al., 1998) e perenes de verão (SBRISSIA et al., 2001, 2003; SBRISSIA; Da SILVA, 2008; SANTOS, 2014).

No presente trabalho, os pontos plotados dos tratamentos de desfolha de capim-quicuiu se encontram mais próximos à reta teórica -3/2 comparados os pastos de azevém anual (Figura 11).

Esse resultado sugere maior potencial produtivo dos pastos de capim-quicuiu comparado aos pastos de azevém anual em desfolhas mais severas uma vez que estes pastos apresentaram IAFs maiores em relação aos pastos de azevém anual nas menores alturas (tratamento 7,5 cm do capim-quicuiu x tratamento 6 cm do azevém anual; Tabela 9). Entretanto, em trabalho conduzido por Fialho (2015) com *Arachis pintoi* submetidos à lotação contínua em diferentes alturas de desfolhação, a autora também reportou resultados IAFs relativamente constantes. A autora atribui essa capacidade plástica da planta via aumento da área foliar e redução da população de plantas.

Atributos semelhantes podem auxiliar nas explanações dos resultados do presente trabalho perante as espécies de gramíneas estudadas. À medida em que se diminui as alturas de desfolha, o aumento em DPP nos pastos de azevém anual não foram suficientes em compensar as reduções na área foliar média por perfilho (a diferença entre as inclinações das retas das variações em DPP e A_f (valores em logaritmo) foram de 0,026).

Por outro lado, a redução em altura nos pastos de capim-quicuiu, embora apresentem maiores reduções em DPP comparados aos pastos de azevém anual, são compensadas com menor redução de A_f (diferenças entre as inclinações das retas das variações em DPP e A_f foram 0,01). Sendo assim, devido as menores variações em A_f os pastos de capim-quicuiu mantém IAFs semelhantes em uma faixa relativamente ampla de alturas de desfolhação por meio de adaptações estruturais da planta.

O capim-quicuiu apresentou adaptações morfológicas que mantêm o IAF alto em alturas baixas, devido a sua capacidade em manter área foliar média relativamente alta nessas situações, uma implicação disso, é que esta forrageira possui a possibilidade de ser manejada em desfolhações severas quando submetidas a lotação continua. Por outro lado, o azevém anual não apresenta estratégias para ajustar altos IAFs nessas situações, impossibilitando a planta de ser manejada em cenários de desfolhações muito severas.

CONCLUSÕES

Existem variações interespecíficas nos processos de compensação tamanho/densidade populacional de perfis entre pastos de capim-quicuiu e azevém anual submetidos a cortes simulando lotação contínua.

Os pastos de capim-quicuiu conseguem sustentar IAFs constantes em diferentes severidades através de ajustes na DPP e manutenção de alta área foliar média.

Em cenários de desfolhações severas o capim-quicuiu possui vantagens estratégicas em sustentar IAFs altos e possivelmente maior capacidade produtiva quando comparados as pastos de azevém anual.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

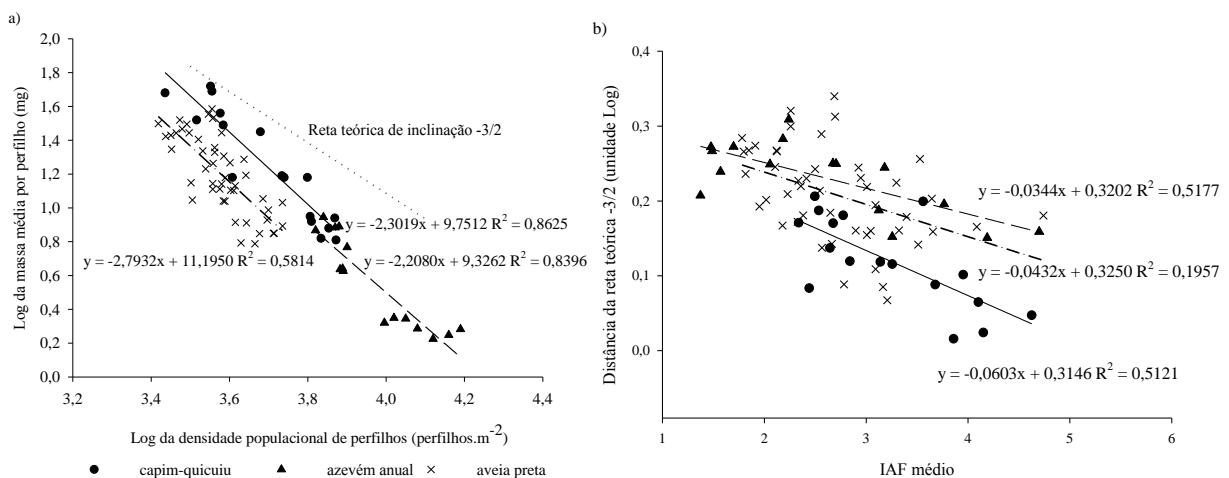
Ambas as hipóteses propostas para o presente trabalho foram aceitas e mostram que para o primeiro ensaio há uma relação importante entre o IAF médio e taxa de acúmulo de forragem possibilitando a maior produção de forragem quando os pastos são submetidos a desfolhações mais moderadas. Os ensaios de ambos os experimentos mostraram que há diferenças entre espécies forrageiras em regular o IAF em diferentes regimes de desfolhação constatando que essas adaptações morfológicas e estruturais das plantas (área foliar e densidade populacional de perfilhos) ocorrem de forma semelhante entre os métodos de lotação continua (segundo experimento) e intermitente (primeiro experimento).

Muito embora neste estudo foram comparadas espécies de gramíneas forrageiras anuais de inverno (azevém anual e aveia preta) e perene de verão (capim-quicuiu) a natureza das respostas das plantas foram similares entre as espécies para os tratamentos de proporções de desfolha do primeiro experimento de lotação intermitente. Já no caso de lotação contínua os resultados sugerem que para o azevém anual (ensaio II; Figuras 10 e 11) desfolhas mais severas indicam menor potencial produtivo dos pastos. Além disso, os experimentos apresentam propostas diferentes para relacionar a intensidade de desfolha e o potencial produtivo dos pastos para os métodos de lotação continua e intermitente, baseados principalmente nos trabalhos teóricos de autores como Matthew et al. (1995) e Parsons et al. (1988). No entanto, as respostas de ambos os experimentos unificam e validam os dois teoremas e também mostram semelhanças entre os métodos de lotação apontados por estes autores.

De maneira geral os pastos das espécies estudadas apresentaram inclinações maiores que - 3/2 (Figura 13a), o que significa que estes pastos são incapazes de sustentar IAFs relativamente altos à medida que aumenta a severidade de desfolhação, fato também mostrado, para todas as espécies, no primeiro experimento na Figura 6 e no segundo experimento na Figura 10, para os pastos de azevém anual (ensaio II). Da mesma forma, as distâncias entre os pontos plotados na Figura 13a para os pastos submetidos a desfolhações severas e muito severas foram maiores do que os pastos submetidos a desfolhas lenientes e moderadas (Figura 13b). Isso significa que o potencial

produtivo dos pastos severamente desfolhados são menores do que os pastos submetidos a desfolhas mais moderadas, resultado semelhante ao apresentado no segundo experimento para o azevém anual (Ensaio II, Figura 10) e também corrobora com o resultados de acúmulo mostrados no primeiro experimento (Figura 6).

Figura 13 - Coordenadas x/y do log da densidade populacional e do log da massa média por perfilho (a) e coordenadas x/y das distâncias entre pontos à reta teórica $-3/2$ e IAF médio (b) em pastos de capim-quicuiu (—) e azevém anual (----) e aveia preta (— . —) em diferentes severidades de desfolhação. A linha pontilhada (....) representa a reta teórica de inclinação $-1,5$ que indica IAF constante.



A intensificação do sistema produtivo a pasto é baseado em eficiência de colheita ou utilização da forragem, fato que diversos autores relatam que pode ser obtido por desfolhas severas (HOLMES et al., 1992; KENNEDY et al., 2006; MCEVOY et al., 2009; GANCHE et al., 2015), uma vez que esses autores atribuem o uso de desfolhas lenientes por perdas de forragem no campo e maior presença de material senescente na composição do resíduo (CARTON et al., 1989; HOLMES, et al., 1992). Por outro lado, a presença deste componente, material morto, é mais eficiente que a excreção animal, por promover uma melhor distribuição dos nutrientes no solo, principalmente carbono e nitrogênio (DIAS-FILHO, 2007), a liteira formada por este material acarreta na conservação de água no solo e influencia positivamente a rebrota após a desfolha durante o período vegetativo de crescimento das plantas forrageiras (DEUTSH et al., 2010).

Diante do exposto, todos os fatores mencionados no presente trabalho, também reforçados pelos autores anteriormente citados, mostram forte relação inversa entre a intensidade de desfolha e o potencial produtivo dos pastos. Como implicação geral, o presente trabalho sugere uma mudança no paradigma de intensificação no manejo de plantas forrageiras durante o período vegetativo dos pastos. Uma vez que a subsequente adoção de desfolhações severas leva a redução pontual do acúmulo de forragem e possivelmente, em longo prazo, no declínio da produção de forragem e degradação das pastagens.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, V. G.; BATELLO, C.; BERRETTA, E. J.; HODGSON, J.; KOTHMANN, M.; LI, X.; MCIVOR, J.; MILNE, J.; MORRIS, C.; PEETERS, a.; SANDERSON, M. An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, v. 66, n. 1, p. 2–28, 2011.
- BAHMANI, I.; THOM, E.R.; MATTHEW, C.; HOOPER, R.J.; LEMAIRE, G. Tiller dynamics of perennial ryegrass cultivars derived from different New Zealand ecotypes: effects of cultivar, season, nitrogen fertilizer, and irrigation. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.54, p.803-817, 2003.
- BARBOSA, R.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V.P.B. Da SILVA, S.C., ZIMMER, A.H., TORRES JUNIOR, R.A.A. Capim-Tanzânia submetido a combinações entre intensidade e freqüência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.329-340, 2007.
- BARTHRAM, G.T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: ALCOCK, M.M. (Ed.) **Biennial Report of the Hill Farming Research Organization**. Midlothian: Hill Farming Research Organization, 1985. p.29-30.
- BIRCHAM, J.S.; HODGSON, J. The influence of sward conditions on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous grazing management. **Grass and Forage Science**, v.38, p.323-331, 1983.
- BRISKE, D. D. Strategies of plant survival in grazed systems a funtional interpretation. In: **The ecology and management of grazed systems**. HODGSON, J.; ILLIUS, W. (Eds). Wallingford: CAB, 1996. p. 37-67.
- BROUGHAM, R. W. A study in the rate of pasture growth. **Australian journal of agricultural research** v. 6 p., 804-812, 1955.
- BROUGHAM, R.W. Effects of intensity of defoliation on regrowth of pasture. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.7, p.377-387, 1956.
- BROUGHAM, R. W. Pasture growth rate studies inrelation to grazing management. **Proceedings ofthe New Zealand Society of Animal Production**. v.17 p. 46-55, 1957.
- BROUGHAM, R.W. Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.9, p.39-52, 1958.
- CALSINA, L.M; AGNUSDEI, M. G; ASSUERO, S.G.; PÉREZ, H. Size/density compensation in *Chloris gayana* Kunth cv. Fine Cut subjected to different defoliation regimes. **Grass and Forage Science**, v. 67, p. 255-262, 2012.

CAMINHA, F.O.; Da SILVA, S. C.; PAIVA, A.J.; PEREIRA, L. E. T.; MESQUITA, P.; GUARDA, V. D. Estabilidade da população de perfilhos de capim-marandu sob lotação contínua e adubação nitrogenada. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 45, n. 2, p.213-220, 2010.

CARNEVALLI, R.A.; Da SILVA, S.C. Avaliação de algumas características agronômicas e ecológicas de plantas da espécie *Cynodon dactylon* cv. Coastcross para fins de validação de técnicas para ensaios de pastejo com plantas forrageiras. **Scientia Agrícola**, v.56, p.489-499, 1999.

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

CARTON, O.T., BRERETON, A.J., O' KEEFE W.F., KEANE, G.P. Effect of turnout date and grazing severity in a rotationally grazed reproductive sward. 2.Tissue turnover. **Irish Journal of Agricultural Research**, v. 28, p. 165–175, 1989.

CARVALHO, P.C.F, ROCHA, L. M., BAGGIO, C., MACARI, S., KUNRATH, T.R., MORAES, A. Característica produtiva e estrutural de pastos mistos de aveia e azevém manejados em quatro alturas sob lotação continua. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 9, p. 1857-1865, 2010.

DAVIES, A. Structure of the grass swards. INTERNATIONAL MEETING ON ANIMAL PRODUCTION FROM TEMPERATE GRASSLAND. Dublin, 1977. **Proceedings**, 1977. p.36-44.

DA SILVA, S.C.; BUENO, A.A.O.; CARNEVALLI, R.A. et al. Sward structural characteristics and herbage accumulation of *Panicum maximum* cv. Mombaça subjected to rotational stoking managements. **Scientia Agricola**, v.66, n.1, p.8-19, 2009.

DA SILVA S.C., PEREIRA L.E.T., SBRRISSIA A.F., HERNANDEZ-GARAY, A. Carbon and nitrogen reserves in marandu palisade grass subjected to intensities of continuous stocking management. **Journal of Agricultural Science** v. 153, p. 1449–1463, 2015.

DEUTSCH, E.S., BORK, E.W., WILLMS, W.D. Soil moisture and plant growth responses to litter and defoliation impacts in Parkland grasslands. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 135, p. 1-9, 2010.

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

DRECCER, M.F.; CHAPMAN, S.C.; RATTEY, A.R.; NEAL, J.; SONG, Y.; CHRISTOPHER, J.T.; REYNOLDS, M. Developmental and growth controls of tillering and water-soluble carbohydrate accumulation in contrasting wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes: can we dissect them? **Journal of Experiential Botany**, v.64(1); p.143-160, 2012.

DUCHINI, P.G.; GUZATTI, G.C.; RIBEIRO-FILHO, H.M.N.; SBRRISSIA, A.F. Tiller size/density compensation in temperate climate grasses grown in monoculture or in intercropping systems under intermittent grazing. **Grass and Forage Science**, v.69, p.655-665, 2014.

ECHEVERRIA, J.R., EUCLIDES, V.P.B., SBRISSIA, A.F., MONTAGNER, D.B., BARBOSA, R.A., NANTES, N.N. Acúmulo de forragem e valor nutritivo do híbrido de *Urochloa* 'BRS RB331 Ipyporã' sob pastejo intermitente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 51, n. 7, p. 880-889, 2016.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: **Embrapa Produção de Informação**, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006, 306p.

FIALHO, C. A. Características morfogênicas e estruturais de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* krapovickas & Gregory cv. Belmonte) submetido a intensidades de pastejo sob lotação continua. **Tese**. Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2016. 121 p.

GANCHE, E., O'DONOVAN, M., DELABY, L., BOLAND, T.M., KENNEDY, E. Does post-grazing sward height influence sward characteristics, seasonal herbage dry-matter production and herbage quality? **Grass and Forage Science**, v. 70, p. 130-143, 2014.

GARCEZ NETO, A.F.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; REGAZZI, O., FONSECA, D.M. da; MOSQUIM, P.R.; GOBBI, K.F. Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1890-1900, 2002.

HERNÁNDEZ GARAY, A.; MATTHEW, C.; HODGSON, J. Effect of spring management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures – 2: tiller growing points densities and population dynamics. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 40, p. 35-40, 1997.

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. **Grazing management**: science into practice. New York: John Wiley and Sons, 1990. 203p.

HOLMES, C.W., HOOGENDOORN, C.J., RYAN, M.P., CHU, A.C.P. Some effects of herbage composition, as influenced by previous grazing management, on milk production by cows grazing on ryegrass/white clover pastures. 1. Milk production in early spring: effects of different regrowth intervals during the preceding winter period. **Grass and Forage Science**, v. 47, p. 309–315, 1992.

HUNT, L. A. Some implications of death and decay in pasture production. **Journal of the British Grassland Society**, v.20, p.27-31, 1965.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normais Climatológicas. INMET. Brasília, 2017.

KAYS, S.; HARPER, J.L. The regulation of plant and tiller density in a grass sward. **Journal of Ecology**, v.62, p.97-105, 1974.

KENNEDY, E., O' DONOVAN, M., MURPHY, J.P., O' MARA, F.P., DELABY, L. The effect of initial spring grazing date and subsequent stocking rate on the grazing management, grass dry matter intake and milk production of dairy cows in summer. **Grass and Forage Science**, v. 61, p. 375–384, 2006.

KING, J.; SIM, E.; GRANT, S.A. Photosynthetic rate and carbon balance of grazed ryegrass pastures. **Grass and Forage Science**, v.39, p.81-92, 1984.

KORTE, C.J.; WATKIN, B.R.; HARRIS, W. Effects of the timing and intensity of spring grazings on reproductive development, tillering, and herbage production of perennial ryegrass dominant pasture. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.27, p.135-149, 1984.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN. D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.) **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 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.

MAEDA, S.; YONETANI, T. Optimum cutting stage of forage plants. II. Seasonal changes in CGR and average productivity in Italian ryegrass population. **Journal of Japanese Society of Grassland Science**, v.24, p.10-16, 1978.

MATTHEW, C.; LEMAIRE, G.; HAMILTON, N.R.S. et al. 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. Tiller dynamics of grazed swards. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY, Curitiba, 1999. **Anais**. Curitiba: UFPR/UFRGS, 1999. p.109-133.

MATTHEW, C. et al. Tiller dynamics of grazed swards. In: LEMAIRE, G. et al. (Ed.) **Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology**. Wallingford: CABI Publishing, 2000. p.127-150.

MEZZALIRA, J.C., Fonseca, L., BREMM, C., CANGIANO, C., GONDA, H.L., CARVALHO, P.C.F., LACA, E.A. Behavioral mechanisms of intake rate by heifers grazing swards of contrasting structures. **Applied Animal Behaviour Science**, v.153, p. 1–9, 2014.

MCEVOY, M., O' DONOVAN, M., KENNEDY, E., MURPHY, J.P., DELABY, L., BOLAND, T.M. Effect of pre-grazing herbage mass and pasture allowance on the lactation performance of Holstein-Friesian dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 92, p. 414–422, 2009.

MITCHELL, K.J. Influence of light and temperature on growth of ryegrass (*Lolium* spp.). III, Pattern and rate of tissue formation. **Physiology plant**, v7 p. 54-65, 1954.

MORLEY, F.H.W. Pasture growth curves and grazing management. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v. 30, p. 40-45, 1968.

MOTT, G.O. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 8., Reading, 1960. **Proceedings...** Bristish Grassland Association, 1960. p.606-611.

NELSON, C.J. ZARROUGH, K.M. Tiller densit, and tiller weight as yield determinantes of vegetative swards. In: WRIGHT, C.E. **Plant Physiology and herbage production.** Hurley: Britsh Grassland Society, 1981. P. 25-29.

PADILHA, D. A. Acúmulo de forragem e composição química em pastos de capim-quicuiu submetidos a estratégias de lotação intermitente. **Tese.** Universidade do Estado de Santa Catarina – Centro de ciências agroveterinárias. Lages, 2013. 62 p.

PARSONS, A.J.; LEAFE, E.F.; COLLET, B. et al. The physiology of grass production under grazing: 2- Photosynthesis, crop growth and animal intake of continuously grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, v.20, n.1, p.127-139, 1983.

PARSONS, A.J.; JOHNSON, I.R.; HARVEY, A. Use of a model to optimize the interaction between frequency and severity of intermittent defoliation and to provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. **Grass and Forage Science**, v.43, n.1, p.49-59, 1988a.

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, C.G.S., BRAGA, G.J., PORTELA, J.N. Herbage accumulation, plant-part composition and nutritive value on grazed signal grass (*Brachiaria decumbens*) pastures in response to stubble height and rest period based on canopy light interception. **Crop & Pasture Science**. V. 68, p. 62-73, 2017

PEREIRA, L. E. T., PAIVA, A. J., GEREMIA, E. V., Da SILVA, S. C. Components of herbage accumulation in elephant grass cv. Napier subjected to strategies of intermittent stocking management. **The Journal of Agricultural Science**, v. 152(6), 954-966, 2014.

PINTO, L.F.M.; SILVA, S.C. da; SBRISSIA, A.F.; CARVALHO, C.A.B. de; CARNEVALLI, R.A.; FAGUNDES, J.L.; PEDREIRA, C.G.S. Dinâmica do acúmulo de matéria seca em pastagens de Tifton 85 sob pastejo. **Scientia Agricola**, v.58, p.439-447, 2001.

PREMAZI, L. M.; MONTEIRO, F. A.; CORRENTE, J. E. Tillering of tifton 85 bermuda grass in reponse to nitrogen rates and time of application after cutting. **Scientia Agricola**, v.60, n.3, p.565-571, 2003.

ROMA, C. F. C.; CECATO, U.; SOARES FILHO, C. V.; SANTOS, G. T.; RIBEIRO, O. L.; IWAMOTO, B. S. Morphogenetic and tillering dynamics in Tanzania grass fertilized and non-fertilized with nitrogen according to season. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n. 3, p. 565-573, 2012.

SACKVILLE-HAMILTON, N.R.; MATTHEW, C.; LEMAIRE, G. In defense 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-quicuiu sob lotação intermitente. **Tese**. Universidade do Estado de Santa Catarina – Centro de ciências agroveterinárias. Lages, 2014. 104 p.

SANTOS, G.T., ZANINI, G.D., PADILHA, D.A., SBRISIA, A.F. A grazing height target to minimize tiller stem elongation rate in annual ryegrass swards. **Ciência Rural**, v. 46, n. 1, p. 169-175, 2016.

SBRISIA, 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 grazed Coastcross bermudagrass swards. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n.4, p. 655-665, 2001.

SBRISIA, A. F.; Da SILVA, S. C.; MATTHEW, C.; CARVALHO, C. A. B.; CARNEVALLI, R. A.; PINTO, L. F. M.; FAGUNDES, J. L.; PEDREIRA, C. G. S. Tiller size/density compensation in grazed Tifton 85 bermudagrass swards. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n.12, p. 1459-1468, 2003.

SBRISIA, A. F; Da SILVA, S. C. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia / Brazilian Journal of Animal Science**, v. 37, p. 35-47, 2008.

SBRISIA, A. F.; DA SILVA, S. C.; SARMENTO, D. O. L.; MOLAN, L. K.; ANDRADE, F. M. E.; GONÇALVES, A. C.; LUPINACCI, A. V. Tillering dynamics in palisadegrass swards continuously stocked by cattle. **Plant Ecology**, v. 206, n. 2, p. 349–359, 2009a.

SBRISIA, A.F.; DA SILVA, S.V.; NASCIMENTO JÚNIOR, D., PEREIRA, L.E.T. Crescimento da planta forrageira: aspectos relativos ao consumo e valor nutritivo da forragem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 25., 2009, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2009b. p.37-59b.

SBRISIA, A.F.; EUCLIDES, V.P.B; BARBOSA, R.A.; MONTAGNER, D.B.; PADILHA, D.A.; SANTOS, G.T.; ZANINI, G.D.; DUCHINI, P.G.; DA SILVA, S.C. Grazing management flexibility in pastures subjected to rotational stocking management: herbage production and chemical composition of Kikuyu-grass sward. **Proceedings...** International Grassland Congress, 22. The Ecology of Grassland and Forage Ecosystems.2013 p. 1038-1040.

SILVEIRA, M.C.T., Da SILVA, S.C., SOUZA JUNIOR, S.J., BARBERO, L.M., RODRIGUES, C.S, LIMAO, V.A., PENA, K.S., NASCIMENTO JUNIOR, D. Herbage accumulation and grazing losses on Mulato grass subjected to strategies of rotational stocking management. **Scientia Agricola**, v. 70, n. 4 p. 242-249, 2013.

SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v.35, n.1, p.4-10, 1995.

SOUZA, B. M. L., NASCIMENTO JÚNIOR, D., MONTEIRO, H.C.F., Da SILVA, S.C., VILELA, H.H., SILVEIRA, M.C.T., RODRIGUES, C.S., SBRISSIA, A.F. Dynamics of forage accumulation in Elephant grass subjected to rotational grazing intensities. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 9, p. 629-638, 2013.

TAINTON, N.M. Effects of different grazing rotations on pasture production. **Journal of the British Grassland Society**, v.29, p.191-202, 1974.

WATANABE, K.; SATO, Y.; SAKURAI, T.; KOYAMA, Y. Effects of fertilization level on the regrowth of perennial. 1. Changes of growth and nitrogen content with time and suitable cutting stages. **Journal of Japanese Society of Grassland Science**, v.29, p.290-297, 1984.

WEST, G.B.; BROWN, J.H.; ENQUIST, B.J. A general model for the structure and allometry of plant vascular systems. **Nature**, v. 400, p. 664–667. 1999.

WHITE, J.; HARPER, J.L. Correlated changes in plant size and number in plant populations. **Journal of Ecology**, v.58, p.467-485, 1970.

WILMAN, D.; MARES MARTINS, V.M. Senescence and death of herbage during periods of regrowth in ryegrass and red and white clover, and the effect of applied nitrogen. **Journal of Applied Ecology**, v.14, p.615-620, 1977.

YANG, J.Z.; MATTHEW, C.; ROWLAND, R.E. Tiller axis observations for perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and tall fescue (*Festuca arundinaceae* Schreb.): number of active phytomers probability of tiller appearance and number of roots per phytomer for three cutting heights. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.41, p.11-19, 1998.

YODA, K.; KIRA, T.; OGAWA, H. et al. Intraspecific competition among higher plants. XI Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivate and natural conditions. **Journal of Institute of Polytechnics**, v.14, p.107-129, 1963.

YU, Y.W., NAN, Z.B., MATTHEW C. Population relationships of perennial ryegrass and white clover mixtures under differing grazing intensities. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, V. 124, P. 40–50, 2008.

ZANINI, G.D.; SANTOS, G.T.; SBRISSIA, A.F. Frequencies and intensities of defoliation in Aruana Guineagrass swards: accumulation and morphological composition of forage. **Revista Brasileira de Zootecnia**. V. 41 p. 905-913, 2012.

ZANINI, G.D. Flexibilidade do manejo de altura do capim-quicuiu submetido a mesma proporção de desfolha. **Tese**. Universidade do Estado de Santa Catarina – Centro de ciências agroveterinárias. Lages, 2014. 94 p.

ZEFERINO, C.V. Morfogênese e dinâmica do acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu [*Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex A. Rich) cv. Marandu] submetidos a regimes de lotação intermitente por bovinos de corte. **Tese**. Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2006. 193 p.