

GABRIELA TREVISAN SANTOS

**DINÂMICA E COMPENSAÇÃO TAMANHO/DENSIDADE
POPULACIONAL DE PERFILHOS EM PASTOS DE CAPIM-
QUICUIO SOB LOTAÇÃO INTERMITENTE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutora em Produção Vegetal.

Orientador: André Fischer Sbrissia

**LAGES
2014**

S237d Santos, Gabriela Trevisan
Dinâmica e compensação tamanho/densidade
populacional de perfilhos em pastos de capim-
quicuiu sob lotação intermitente / Gabriela Trevisan
Santos. - Lages, 2014.
104 p. : il. ; 21 cm

Orientador: André Fischer Sbrissia
Inclui bibliografia.
Tese (doutorado) - Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveteinárias,
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal,
Lages, 2014.

1. *Pennisetum candestinum*. 2. Perfilhamento.
3. Pastejo. I. Santos, Gabriela Trevisan.
II. Sbrissia, André Fischer. III. Universidade do
Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação
em Produção Vegetal. IV. Título

CDD: 633.2 - 20.ed.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setorial do
CAV/UEDESC

GABRIELA TREVISAN SANTOS

**DINÂMICA E COMPENSAÇÃO TAMANHO/DENSIDADE
POPULACIONAL DE PERFILHOS EM PASTOS DE CAPIM-
QUICUIO SOB LOTAÇÃO INTERMITENTE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutora em Produção Vegetal.

Banca Examinadora

Orientador:

Prof. Dr. André Fischer Sbrissia
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membros:

Prof. Dr. Sila Carneiro Da Silva
Universidade de São Paulo

Dr. Rodrigo Amorim Barbosa
Embrapa Gado de Corte – Mato Grosso do Sul

Prof. Dr. André Thaler Neto
Universidade do Estado de Santa Catarina

Prof. Dr. Cristiano André Steffens
Universidade do Estado de Santa Catarina

Lages, 09 de junho de 2014

Aos meus pais Glaci
Inez Trevisan Santos
e César Augusto
Flores Santos (*in
memoriam*) os quais
me ensinaram a
importância do amor
perante a
adversidade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por não faltar em nenhum momento da minha vida.

Ao meu orientador neste trabalho, André Fischer Sbrissia, o qual foi um verdadeiro mestre com seus ensinamentos, meus sinceros agradecimentos.

À minha família por estar sempre ao meu lado durante a minha caminhada.

Ao meu namorado Anderson Antonio de Queiros pelo companheirismo, dedicação, amizade e amor nesta jornada.

À Universidade do Estado de Santa Catarina por conceder a oportunidade de realização do curso de doutorado.

Aos alunos dos cursos de Agronomia e Medicina Veterinária do Centro de Ciências Agro Veterinárias, voluntários ou bolsistas nestes dois anos de experimento, Guilherme Nunes Camargo “Sherek”, Raphael Pereira “Alegrete”, Gustavo Damaso, Elvys Steinheuser, Leonardo Ribas de Souza, Luana Campioni, Amanda Lima, Josiane Silva, Matheus Furtado Silva, Thais Michelin, Vitor Hugo Nunes Pereira sem os quais não seria possível a realização deste projeto tão grandioso.

Aos colegas, Deisy Andrade Padilha, Cintia Hoffer Rocha e Guilherme Doneda Zanini pela parceria e amizade durante a realização do experimento.

Aos demais colegas da pós-graduação pela colaboração sempre quando possível.

Aos membros da banca examinadora pela dedicação e tempo concedidos no exame.

Ao pessoal do Tambo e serviços gerais da UDESC que ajudaram na parte de implantação e prática do experimento.

À minha companheira de moradia Grazyelle Pereira pela amizade e companheirismo.

À CAPES pela concessão da bolsa durante o projeto.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para que este trabalho pudesse ser realizado.

“Que os homens considerem quais são os verdadeiros fins do conhecimento e que não o procurem nem pelo prazer da mente, nem pelo contentamento, nem pela conquista de superioridade em face de outros, nem por proveito, fama, poder ou qualquer outra dessas coisas inferiores, mas, para benefício e uso da vida. E que o aperfeiçoem e o dirijam com caridade.”

Francis Bacon

RESUMO

SANTOS, Gabriela Trevisan. **Dinâmica e compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim- quicuiu sob lotação intermitente**. 2014.104f. Tese (Doutorado em Agronomia – Área: Produção Vegetal). Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Agronomia, Lages, 2014.

Diversos trabalhos têm mostrado que sob desfolhação intermitente existe um altura ideal de pastejo acima da qual não há vantagens em permitir que o pasto cresça. No entanto, nesses estudos a frequência de pastejo (altura) sempre esteve associada a resíduos fixos (alturas fixas de saída), o que gera diferentes severidades de pastejo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica do perfilhamento e a compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em *Pennisetum clandestinum* (Capim-quicuiu) submetido a diferentes alturas de pastejo, porém com a mesma severidade de desfolhação. O experimento foi conduzido no setor de Bovinocultura Leiteira do CAV/UDESC nos verões de 2012 e 2013. O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados, com três repetições e quatro tratamentos. Estes corresponderam a 4 alturas em pré-pastejo (10, 15, 20 e 25 cm) sob pastejo intermitente utilizando como critério de saída uma severidade de 50% da altura de entrada. Como agentes desfolhadores foram utilizadas novilhas da raça Holandês. Foram monitorados altura do dossel, densidade populacional de perfilhos (DPP) e IAF em pré e pós pastejo. A dinâmica do perfilhamento foi monitorada por meio da contagem de perfilhos em anéis de PVC em intervalos de 21 dias. Os tratamentos de 15, 20 e 25 cm de altura de entrada apresentaram alta taxa de sobrevivência de perfilhos no verão e a redução dos índices de estabilidade no período de outono. Já o tratamento de 10 cm de altura de entrada se comportou de maneira inversa. As inclinações das retas relacionando DPP e

massa por perfilho (em escala logarítmica) foram de -2,33 e -2,89 para 2012 e 2013 respectivamente. O capim-quicuiu não deve ser manejado com 10 cm de altura de entrada e não perde estabilidade entre 15 e 25 cm de altura de entrada no verão. A compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos ocorre de forma semelhante ao observado em lotação contínua.

Palavras-chave: *Pennisetum candestinum*. Perfilhamento. Pastejo.

ABSTRACT

SANTOS, Gabriela Trevisan. **Tillering dynamics and tiller size/density compensation in kikuyugrass swards under intermitente stocking.** 2014. 104f. Tese (Doutorado em Agronomia – Área: Produção Vegetal). Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Agronomia, Lages, 2014.

Several papers in last years have shown that under intermittent defoliation there is a pre-grazing height limit above which there is no advantage in allowing the grass continue to grow. However, in these studies grazing frequency (sward height) was normally associated with pre-determined stubble heights, which generated different grazing intensities. Thus, the aim of this study was to evaluate tillering dynamics and tiller size/density compensation in kikuyugrass pastures subjected to different grazing heights, but with the same level of defoliation. The experiment was carried on in Lages, SC, in the summer of 2012 and 2013. Experimental design was a complete randomized block with three replications and four treatments, which corresponded to pre-grazing heights of 10, 15, 20 and 25 cm grazed down to same level of defoliation of 50 % of initial height. Canopy height, tillering and LAI in pre and post grazing were monitored. The tiller dynamics was monitored by counting the tillers in PVC rings every 21 days. Treatments of 15, 20 and 25 cm showed high survival rate of tillers in the summer and a reduced stability during autumn. Size/density compensation lines showed slopes of -2.33 and -2.89 in 2012 and 2013 respectively. Kikuyugrass should not be managed with a sward height of 10 cm and pastures is stable from 15 to 25 cm during summer. Tiller size/density compensation mechanisms occurs similarly to that observed in continuous stocking method.

Key-words: *Pennisetum candestinum*. tillering. grazing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Diagrama multifásico de compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos proposto por Matthew et al. (1995).....	31
Figura 2 - Temperatura média mensal (°C) durante o período experimental e nos últimos 13 anos.....	48
Figura 3 - Precipitação média mensal (mm) durante o período experimental e nos últimos 13 anos.	49
Figura 4 - Distribuição das unidades experimentais nos blocos.	52
Figura 5 - Detalhe da medida de altura com bastão graduado em cm (<i>sward stick</i>).....	53
Figura 6 - Detalhe da contagem de perfilhos nos anéis de PVC	54
Figura 7 - Detalhe da marcação da primeira geração de perfilhos	55
Figura 8 - Detalhe da marcação do perfilhos com anéis de plástico	56
Figura 9 - Demografia do perfilhamento em capim-quicuiu sob lotação intermitente com 10 cm de altura de entrada e 50 % da altura de desfolhação.	65
Figura 10 - Demografia do perfilhamento em capim-quicuiu sob lotação intermitente com 15 cm de altura de entrada e 50% de severidade de desfolha.	66
Figura 11 - Demografia do perfilhamento em capim-quicuiu sob lotação intermitente com 20 cm de altura de entrada e 50% de severidade de desfolha.	67

Figura 12 - Demografia do perfilhamento em capim-quicuiu sob lotação intermitente com 25 cm de altura de entrada e 50 % de severidade de desfolha.	68
Figura 13 - Diagrama sazonal de estabilidade em capim-quicuiu sob lotação intermitente e 50% da altura de desfolha no ano de 2012.	70
Figura 14 - Diagrama sazonal de estabilidade em capim-quicuiu sob lotação intermitente e 50% da altura de desfolha no ano de 2013.	71
Figura 15 - Temperatura média mensal (°C) durante o período experimental e nos últimos 13 anos.	80
Figura 16 - Precipitação média mensal (mm) durante o período experimental e nos últimos 13 anos.	81
Figura 17 - Distribuição das unidades experimentais nos blocos.	84
Figura 18 - Detalhe da medida de altura com bastão graduado em cm (sward stick).	85
Figura 19 - Detalhe da contagem de perfilhos nos anéis de PVC.	86
Figura 20 - Integrador de área foliar modelo LI- 3000.	88
Figura 21 - Detalhe da coleta de 100 perfilhos.	88
Figura 22 - Relação entre DPP (perfilhos. m-2) e Massa por perfilhos (mg) e altura do dossel (cm) nos anos de 2012 e 2013.	91
Figura 23 - Relação entre IAF em pré e pós pastejo e altura do dossel (cm) em 2012 e 2013.	92
Figura 24 - Relação funcional entre os valores de IAF pré e pós-pastejo em 2012 e 2013.	92
Figura 25 - Log da DPP média x Log da massa por perfilho em pré pastejo em capim-quicuiu sob lotação intermitente.	94

Figura 26 - Coordenadas x/y entre DPP (log) e massa por perfilho (log) comparados com a reta de inclinação $-3/2$ em capim-quicuiu sob lotação intermitente.....98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise de solo da área experimental antes do início do período experimental.	50
Tabela 2 - Alturas em pré e pós pastejo (cm), número de ciclos de pastejo, intervalos médio entre pastejo (dias) e densidade populacional de perfilhos (perfilhos.m-2) em capim-quicuiu submetido a alturas de pastejo e 50% de severidade de desfolhação.	58
Tabela 3 - Taxa de Aparecimento de perfilhos (%) em capim-quicuiu submetido a alturas de pastejo e proporção de rebaixamento de 50% da altura inicial, em dois anos experimentais.	59
Tabela 4 - Taxa de Sobrevivência de perfilhos (%) em capim-quicuiu submetido a alturas de pastejo e proporção de rebaixamento de 50% da altura inicial, em dois anos experimentais.	60
Tabela 5 - Taxa de Mortalidade de perfilhos (%) em capim-quicuiu submetido a alturas de pastejo e proporção de rebaixamento de 50% da altura inicial, em dois anos experimentais.	61
Tabela 6 - Análise de solo da área experimental antes do início do experimento.	82
Tabela 7 - Variáveis referentes área folia(cm ²) e área foliar específica (cm ² /g) por perfilho, DPP (perfilhos.m ²) e Fator R (AF/Volume) em capim quicuiu sob lotação intermitente	90

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
2 REVISÃO DE LITERATURA	24
2.1 A PLANTA	24
2.2 DINÂMICA POPULACIONAL DE PERFILHOS	25
2.3 COMPENSAÇÃO TAMANHO / DENSIDADE POPULACIONAL DE PERFILHOS.....	29
2.4 O MANEJO DO PASTEJO COM BASE NA ECOFISIOLOGIA DA PLANTA FORRAGEIRA	32
3 HIPÓTESES	36
3.1 OBJETIVOS.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
4 ARTIGO I.....	46
4.1 DINÂMICA E ESTABILIDADE POPULACIONAL DE PERFILHOS EM CAPIM-QUICUIU SOB LOTAÇÃO INTERMITENTE.....	46
4.2 INTRODUÇÃO	46
4.3 MATERIAL E MÉTODOS	47
4.4 RESULTADOS.....	54
4.4.1 Condições experimentais e Densidade populacional de perfilhos	57
4.4.2 Taxas de Aparecimento, mortalidade e sobrevivência de perfilhos	58
4.4 DISCUSSÃO.....	62
4.6 CONCLUSÕES.....	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

5 ARTIGO II	78
5.1 COMPENSAÇÃO TAMANHO / DENSIDADE POPULACIONAL DE PERFILHOS EM CAPIM-QUICUIU SOB LOTAÇÃO INTERMITENTE	78
5.2 INTRODUÇÃO	78
5.3 MATERIAL E MÉTODOS	80
5.4 RESULTADOS	89
5.5 DISCUSSÃO	93
5.6 CONCLUSÕES	99
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101

1 INTRODUÇÃO

As pastagens correspondem a um dos mais importantes ecossistemas do Brasil o qual é considerado um país cuja pecuária é baseada em pastejo. No entanto apesar de diversas pesquisas nesta área o mau uso das pastagens ainda leva este ecossistema a um cenário de degradação uma vez que o conhecimento necessário acerca da ecofisiologia da planta muitas vezes não é aplicado.

O objetivo do manejo do pastejo é a colheita da maior proporção de folhas em relação a colmo e material morto sem prejudicar o processo de rebrotação seguinte. Para isto é necessário compreender os processos de crescimento e desenvolvimento da forragem a ser consumida. Assim estudos embasados na relação entre sobrevivência e aparecimento de perfilhos bem como as relações de morte dependente de densidade populacional tornam-se de grande importância.

A longevidade da população de perfilhos em dosséis de gramíneas depende da reposição eficiente de perfilhos, a qual é afetada por padrões estacionais de aparecimento e morte de perfilhos, particularmente aqueles relacionados aos eventos de florescimento. O desbalanço entre a taxa de aparecimento e morte de perfilhos em dosséis mal manejados pode resultar no início de um processo de degradação do pasto (MARSHALL, 1987). Segundo Sbrissia et al. (2010), o processo de perfilhamento e as variações em densidade populacional de perfilhos não são bem conhecidos em plantas tropicais. Os mesmos autores destacaram que estudos sobre a variação estacional na densidade populacional baseados em mudanças no padrão de aparecimento e morte de perfilhos são importantes, pois contribuem para o entendimento de mecanismos que envolvem a estabilidade das plantas na pastagem. Bahmani et al. (2003), trabalhando a partir de uma lógica de álgebra de matrizes proposta por Leslie (1945), sugeriram a integração entre as taxas de aparecimento e

sobrevivência de perfilhos e definiu, pela primeira vez, o conceito de índice de estabilidade (IE), o que permitiu uma análise integrada nas mudanças nas populações ao longo das estações. Essa estratégia favorece a compreensão dos padrões de perfilhamento das plantas e pode permitir a identificação de práticas de manejo sem o comprometimento do equilíbrio da população de plantas, explorando o ciclo natural de reposição de perfilhos no pasto.

Com base no exposto o objetivo deste trabalho foi estudar a dinâmica populacional e a relação tamanho/densidade populacional de perfilhos em capim-quicuiu submetido a alturas de entrada (pré-pastejo) e uma mesma proporção de desfolhação (50%).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A PLANTA

O capim-quicuiu (*Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex Chiov.) é uma gramínea perene estival de hábito de crescimento prostrado e com crescimento também na primavera e outono (MEARS, 1970). Ocorre naturalmente em regiões entre 1000 a 3000 metros de altitude no centro e no leste da África e em latitudes de 0 a 35°S, podendo, todavia, naturalizar-se em latitudes entre 25 a 30 °S e no nível do mar (FONTANELLI et al., 2009).

O capim-quicuiu começou a ser dispersado para vários países a partir de 1920, tornando-se naturalizado em muitas regiões do mundo. O alto teor de matéria seca, capacidade de resposta a fertilizantes, longo período de crescimento vegetativo e o alto grau de tolerância a geadas comparado a outras gramíneas tropicais e sub-tropicais são algumas características que fazem dessa planta uma gramínea desejável. Sua introdução no Brasil ocorreu em 1924 e rapidamente foi apontado como de ótima qualidade, porém a euforia da

descoberta deu lugar ao esquecimento, principalmente pelo pouco interesse dos órgãos de pesquisa do país em aprofundar estudos sobre a espécie que apresentava atributos tão promissores. Na Austrália o capim-quicuiu foi introduzido em 1919 e tem sido muito utilizado para produção de leite nos estados de Queensland e New South Wales (ASSEF, 2001).

A planta pode ser estabelecida de forma vegetativa por meio do plantio de mudas (usando, principalmente, os estolões) ou por sementes. O tempo normal para germinação é de 2 a 3 semanas. Entretanto o Brasil, até o momento, não possui produção comercial de sementes (FONTANELLI et al., 2009).

O capim-quicuiu pode crescer entre 5 e 25°C e é bem adaptado a áreas úmidas (FONTANELLI et al., 2009), mas a temperatura ótima para crescimento situa-se entre 16 e 21 °C (MEARS, 1970). Possui boa composição química se comparado a outras gramíneas tropicais e, de acordo com Semmelmann et al., (2008), os quais pesquisaram a composição bromatológica de capim-quicuiu pode apresentar em torno de 15,8% de proteína bruta.

2.2 DINÂMICA POPULACIONAL DE PERFILHOS

O perfilho é a unidade vegetativa básica das gramíneas (HODGSON, 1990), formado por uma sequência de fitômeros em diferentes estádios de desenvolvimento (VALENTINE & MATHEW, 1999). Estes são constituídos por nó, entrenó, bainha, lâmina foliar e gema axilar (MOORE & MOSER, 1995). Tal organização proporciona às gramíneas a manutenção de sua persistência ao longo do tempo e promove certa plasticidade que permite níveis variáveis de adaptação ao pastejo (MATHEW et al., 2000). A produção de folhas em um perfilho é um processo contínuo e particular, seguindo o qual cada folha tem um período de expansão, maturidade, senescência e morte caso não seja colhida (HODGSON, 1990).

Assim, o acúmulo de forragem em um ambiente pastoril não é resultado somente do crescimento vegetal, mas ocorre como consequência do balanço entre crescimento e morte de tecidos (HODGSON, 1990).

De acordo com Matthew et al. (2000), o número de folhas em um perfilho irá determinar a taxa de aparecimento de novos perfilhos, pois com a formação de uma nova folha ocorre a formação de uma nova gema axilar que pode dar origem a um novo perfilho. A razão entre taxa de aparecimento de folhas e a taxa de aparecimento de perfilhos corresponde ao “*site filling*” (DAVIES, 1974). Valores de “*site filling*” que se aproximam do máximo biológico (100%) foram encontrados por Bahmani, et al. (2000) em populações de *Lolium perene* L. em fase de estabelecimento ou em dosséis com altos níveis de nutrientes, por exemplo, em áreas de dejeção animal. No entanto, em pastos estabelecidos, é necessário que cada perfilho origine apenas 1 novo perfilho ao longo da sua vida para que a população se mantenha estável (PARSONS & CHAPMAN, 1999).

O equilíbrio entre aparecimento e morte de perfilhos é extremamente dependente do regime de desfolhação adotado que, por sua vez, determina a evolução do IAF (VALENTINE & MATTHEW, 1999). De acordo com Bullock (1996), o número de indivíduos em uma comunidade de plantas varia ao longo do tempo devido a mudanças no número de indivíduos surgidos e mortos e a taxa líquida de produção em determinada população varia de acordo com as gerações de perfilhos, sendo que fatores como temperatura média diária e os diferentes padrões de pastejo influenciam diretamente o processo.

O número de perfilhos também sofre alterações em função, por exemplo, da limitação de recursos causada pelos próprios perfilhos. Quando a densidade populacional de perfilhos (DPP) está muito baixa existe abundância de recursos para o crescimento e sobrevivência não restrito pela densidade. Com o aumento em número, começa uma

competição entre perfilhos pelos mesmos recursos, aumentando a taxa de mortalidade de perfilhos ou diminuindo a densidade de plantas (BULLOCK, 1996). Porém, a densidade populacional sozinha não é indicativo de produtividade do pasto, pois pode haver situações de alta DPP porém baixa taxa de sobrevivência de perfilhos, o que indica baixa estabilidade do pasto ou o inverso, ou seja, pastos com poucos perfilhos na área (SBRISSIA et. al., 2010). Dessa forma, a dinâmica populacional de perfilhos, ou seja, o balanço entre o aparecimento e a sobrevivência de perfilhos irá determinar o mecanismo de adaptação das plantas às condições de manejo impostas e, portanto, a persistência da pastagem.

Algumas metodologias têm sido descritas para monitorar a dinâmica da população de perfilhos em um dossel. Esse monitoramento pode ser feito por meio da contagem do número de perfilhos por planta em intervalos regulares, porém a maneira indicada como a de melhor nível de refinamento é o monitoramento da sobrevivência de perfilhos em diferentes tratamentos e dentro da mesma faixa etária (mesma geração) marcados em uma área conhecida por um determinado período. A caracterização da demografia do perfilhamento, além de monitorar a sobrevivência de perfilhos da mesma geração, também deve categorizar novas gerações de perfilhos de acordo com as taxas de aparecimento e morte da espécie sob pastejo (MATTHEW, 2000).

Sbrissia et al. (2010), trabalhando com *Brachiaria brizantha* sob lotação contínua com alturas variando de 10 a 40, cm constataram que a densidade populacional de perfilhos foi influenciada pela altura do dossel e pelas estações do ano. Os resultados obtidos pelos autores mostraram que a manutenção de pastagens de *Brachiaria brizantha* com 10 cm de altura durante o verão pode ser extremamente prejudicial para a persistência e produtividade do pasto, pois a reposição de perfilhos não é efetiva nessa época do ano e a sobrevivência dos mesmos é baixa. Além disso, esses dosséis podem ser

comprometidos pela invasão de plantas daninhas por terem sua habilidade competitiva diminuída.

Caminha et al. (2010) trabalharam com diferentes doses de nitrogênio em pastos de capim-marandu (*Brachiaria brizantha*) sob lotação contínua e taxa de lotação variável e observaram que a taxa de sobrevivência dos perfilhos foi influenciada pela dose de nitrogênio utilizada. Assim, pastos sem adubação nitrogenada apresentaram maiores valores de taxa de sobrevivência de perfilhos do que pastos com adubação de 450 kg de N/ha. Para o índice de estabilidade do pasto não houve diferença entre as doses de nitrogênio, apenas efeito de época do ano, sendo que a estabilidade diminuiu durante o outono/inverno e início da primavera, pois o aumento na sobrevivência não foi capaz de compensar as reduções no aparecimento de perfilhos. Nesse contexto, o nitrogênio atua como um importante fator para determinar a velocidade de recuperação de perfilhos, aumentando a renovação sem comprometer a estabilidade da população na área.

Uebele (2002) trabalhou com demografia do perfilhamento em pastos de capim-mombaça submetidos à lotação intermitente e ressaltou a importância da alta taxa de renovação de perfilhos na otimização da produção e utilização da forragem e sugeriu o tratamento de 95% de interceptação luminosa (aproximadamente 90 cm de altura) e 30 cm de altura de resíduo como sendo o mais promissor. Já para o capim-marandu, Giacomini et al. (2009) também observaram respostas semelhantes, sendo que o tratamento de 95% de IL (25 cm de altura) e 15 cm de severidade de desfolhação foi o mais efetivo em manter alta taxa de aparecimento de perfilhos em quase todas as épocas do ano e alta renovação de perfilhos, o que resultou em populações mais jovens de perfilhos.

2.3 COMPENSAÇÃO TAMANHO / DENSIDADE POPULACIONAL DE PERFILHOS

Bradshaw (1965) definiu plasticidade fenotípica como as mudanças na morfologia e arquitetura das plantas que são causadas por efeitos ambientais e pastejo, sendo que tal processo é fundamental na adaptação de plantas à presença dos animais e visa assegurar sua perenidade e eficiência fotossintética. A estrutura do pasto é definida como a distribuição e arranjo dos perfilhos que compõem uma comunidade vegetal. O conjunto de suas características estruturais (número de folhas vivas por perfilho, tamanho de folha e densidade populacional de perfilhos) define o índice de área foliar (IAF) em uma pastagem formada exclusivamente por gramíneas (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996), variável chave e central do processo adaptativo de plantas ao pastejo. O número de folhas vivas por perfilho é uma característica determinada geneticamente e por isso, é relativamente estável (DAVIES, 1977). A área foliar é determinada pelo comprimento das folhas, o qual é determinado pela severidade de desfolhação. Por isso, dentre as características estruturais (componentes do IAF) a que permite maior flexibilidade de ajuste a diferentes regimes de desfolhação é a densidade populacional de perfilhos (MATTHEW et al., 2000), razão pela qual pastos mantidos baixos possuem grande quantidade de perfilhos pequenos e pastos mantidos altos possuem pequena quantidade de perfilhos grandes como forma de otimizar seu IAF.

Em virtude de sua organização com base em fitômeros (como já mencionado), cada perfilho possui folhas em expansão, completamente expandidas e em senescência, o que caracteriza um nível de reposição dinâmico de folhas na comunidade de plantas (Hodgson, 1990). Esse padrão de reposição implica em constante renovação da área foliar e corresponde ao primeiro nível de complexidade no processo de

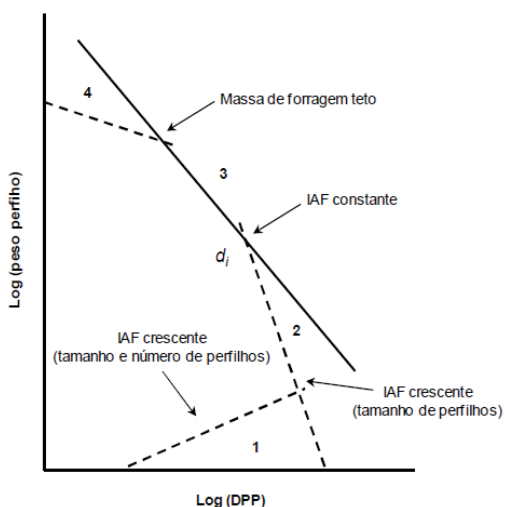
acúmulo de forragem, que acontece em nível de perfilho (DA SILVA, 2004). O segundo nível de complexidade no processo de acúmulo ocorre em nível de população de perfilhos (DA SILVA, 2004), uma vez que os perfilhos possuem um período de vida determinado que, quando encerrado, devem ser substituídos por outros para assegurar a persistência, longevidade e produtividade da pastagem (MATTHEW et al., 2000). O segundo nível está associado a processos de competição intraespecífica por luz que dá origem ao processo de morte dependente de densidade conhecido como compensação tamanho / densidade populacional de perfilhos, já estudado por vários autores (YODA et al., 1963; MATTHEW et al., 1995; SACKVILLE HAMILTON et al., 1995; MATTHEW et al., 1996; HERNANDEZ GARAY et al., 1999).

A relação inversa entre tamanho e densidade populacional de perfilhos tem sido amplamente reconhecida. Langer (1963) fez várias menções sobre o assunto, mas a relação foi formalizada por Yoda et al. (1963) que demonstraram que as curvas logarítmicas de compensação tamanho (massa)/densidade populacional de perfilhos seguiam a regra do auto-desbaste com inclinação de $-3/2$ para várias espécies de plantas. Em estudos mais contemporâneos, Sackville Hamilton et al. (1995) e Matthew et al. (1995) reexaminaram a teoria do auto-desbaste e propuseram que a linha $-3/2$ definiria um IAF limítrofe que pode ser alcançado em determinado ambiente. Nesse sentido, a inclinação da reta pode ser $-3/2$ ou diferente de $-3/2$ à medida que a área foliar ou a relação área foliar:volume do perfilho (R) muda simultaneamente com o ajuste entre massa/densidade populacional de perfilhos no dossel (em escala logarítmica). Sackville Hamilton et al. (1995) demonstraram que a curva de auto desbaste correspondem à expectativa teórica de um estado em que o IAF e a forma do perfilho (R) se mantêm constantes. De acordo com esses autores, se a biomassa aérea por unidade

de volume, R ou IAF se mantêm constantes, então a expectativa teórica seria uma reta de compensação entre massa por perfilho/ densidade populacional de perfilhos de inclinação $-3/2$. No entanto, se ocorrerem variações em alguns desses fatores a expectativa teórica de uma reta de compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos também deveria variar.

Matthew et al. (1995) propuseram um diagrama multifásico (Figura 1) relacionando tamanho e número de perfilhos. Nesse diagrama a transição entre as fases 2 e 3 é considerada o momento ideal para interrupção da rebrotação pois a partir desse ponto reduções subsequentes em número de perfilhos não seriam compensadas por aumentos proporcionais em massa por perfilho. Quando a área foliar do dossel muda durante a rebrotação ou em resposta a diferentes intensidades de desfolhação, a inclinação da reta também é diferente $-3/2$ (normalmente $-5/2$).

Figura 1 – Diagrama multifásico de compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos (Matthew et al. 1995).



Fonte: Adaptado de Matthew et al. 1995.

Matthew et al. (1995) argumentaram que a distância entre qualquer ponto e a linha de compensação $-3/2$ entre tamanho e densidade de perfilhos poderia ser usada como um índice de produtividade para dosséis sujeitos a diferentes regimes de manejo no mesmo ambiente. Essa distinção entre produtividade neutra a partir de área foliar constante (inclinação $-3/2$) e mudança em área foliar e produtividade (movimento das coordenadas do dossel entre tamanho e densidade perpendicular a linha $-3/2$) foi demonstrada por Hernandez Garay et al. (1999). Em dosséis desfolhados, aumentos na severidade de desfolhação diminuem o índice de área foliar que pode ser mantido. Devido a essa redução em área foliar do dossel sob baixas alturas de desfolhação a compensação tamanho densidade opera para maximizar a massa de folhas, seguindo uma reta mais negativa do que $-3/2$, próxima a $-5/2$ (HERNANDEZ GARAY et al., 1999).

Matthew et al. (1995) sugeriram, ainda, que os dados de compensação tamanho/densidade, para uma determinada condição limítrofe, poderiam ser comparados com a linha de compensação tamanho densidade esperada, representando o IAF potencial ambiental ou comparados com as coordenadas de outros dosséis. Essa possibilidade de comparação, já amplamente demonstrada em pastos sob lotação contínua, ainda carece de robustez e precisa ser melhor compreendida em pastos sob lotação intermitente.

2.4 O MANEJO DO PASTEJO COM BASE NA ECOFISIOLOGIA DA PLANTA FORRAGEIRA.

O conceito de índice de área foliar (IAF), proposto por Watson (1947), representou uma evolução importante para a pesquisa com plantas, uma vez que a partir de sua concepção como uma característica integradora da estrutura do dossel foi

possível uma melhor compreensão dos mecanismos responsáveis pela produtividade das culturas. Rapidamente o conceito ganhou força, e seu uso foi sendo incorporado paulatinamente às pesquisas a partir da década de 1950. Em trabalhos clássicos com plantas forrageiras Brougham (1955, 1956); Bircham & Hodgson (1983); Parsons et al. (1983a); Parsons et al. (1983b); Parsons et al. (1988) destacaram a importância do IAF como definidor da produtividade das culturas. Korte et al. (1982) utilizaram pela primeira vez o conceito de IAF crítico (momento em que o dossel intercepta 95% da luz incidente) como critério de manejo, e mostraram que a interrupção da rebrotação além desse ponto poderia resultar em redução do acúmulo de forragem e deterioração da estrutura do pasto pelo aumento na proporção de colmos na forragem acumulada e aumento nas taxas de senescência.

No trabalho realizado por Korte et al. (1982) com azevém perene, as severidades de desfolhação foram baseadas em IAFs residuais e a frequência de rebrotação corresponderam tempo necessário para que o pasto interceptasse 95% da luz incidente ou duas semanas após esse momento. Além das conclusões citadas acima, os autores completaram que a frequência de uso associada com intercepções de luz de 95% da radiação incidente resultou em maior proporção de folhas. Parsons & Penning (1988) encontraram resultado semelhante e também associaram o momento de 95% de IL com o ponto de IAF crítico da cultura o qual corresponderia à máxima taxa média de acúmulo de forragem, ou seja, condição em que o balanço entre os processos de crescimento e senescência seria máximo e o ponto em que a interrupção da rebrotação seria o ideal.

Todos esses trabalhos sempre foram muito respeitados dentro da comunidade científica internacional, porém havia dúvidas se plantas de clima tropical e sub-tropical seguiriam padrões de resposta similares àqueles observados com espécies cultivadas em países de clima temperado. Nesse sentido, com o

objetivo de testar a hipótese principal de que os padrões de respostas seriam semelhantes, trabalhos pioneiros com espécies de clima tropical foram desenvolvidos no Brasil, conduzidos na Universidade de São Paulo (USP/Esalq) com o capim-mombaça (*Panicum maximum*, Jacq.) a partir dos anos 2000. O primeiro trabalho publicado sobre o assunto com planta tropical foi em 2006 (CARNEVALLI et al., 2006). Antes disso, uma dissertação de Mestrado (Uebele (2002)) e diversas teses de Doutorado (Carnevali (2003); Bueno (2003); Barbosa (2004); Difante (2005)) foram realizadas e mostraram, sob diferentes perspectivas, desde dinâmica do perfilhamento, dinâmica da rebrotação e características estruturais e químicas do dossel forrageiro, um padrão de respostas similar àqueles verificados com plantas de clima temperado, segundo o qual pastos manejados com interrupção da rebrotação aos 95% de IL apresentavam maiores proporções de folhas e redução na produção de colmos e de material senescente relativamente àqueles manejados com máxima interceptação da luz incidente.

Após esse período, diversos trabalhos (Pedreira et al. (2007); Trindade et al. (2007); Pereira et al. (2011)) corroboraram as descobertas de Carnevali et al. (2006) para diversas plantas de clima tropical e confirmaram a existência de um limite para interrupção do processo de rebrotação dos pastos. Outro ponto importante e convergente entre todos esses trabalhos foi a alta correlação observada entre o momento em que o pastos interceptavam 95% de IL e a altura do dossel forrageiro. Isso gerou o conceito baseado em metas de manejo (DA SILVA (2004); DA SILVA & NASCIMENTO-JUNIOR (2007)) onde a altura do pasto passou a ser um guia objetivo e confiável de manejo e de fácil aplicação no campo.

Rodrigues e Rodrigues (1987) já haviam sugerido que a intensidade de desfolhação deveria assegurar a manutenção de área foliar suficiente para garantir rebrota rápida e intervalos menores de pastejo. Assim, o pasto seria colhido com melhor valor nutritivo. Nesse contexto, a interrupção do crescimento

poderia se dar em condições de taxa de acúmulo um pouco mais baixa do que o máximo valor possível. Uma aplicação direta desse conceito seria a possibilidade de se flexibilizar a altura de entrada dos animais em pastejo desde que não se reduzisse a capacidade produtiva e a persistência dos pastos, o que traria benefícios diretos ao setor produtivo. O primeiro trabalho com o objetivo de testar níveis de interceptação de luz inferiores a 95% como critério de entrada foi realizado por Barbosa et al. (2007). Os autores testaram a possibilidade de se interromper a rebrotação com IL de 90%. Nesse trabalho, os autores observaram semelhança na taxa de acúmulo de folhas entre o ponto de IAF crítico (95% de IL) e um pouco abaixo desse valor (90% de IL), indicando uma possível flexibilidade da altura de entrada em lotação intermitente. Mais recentemente, Zanine et al. (2011), trabalhando com capim-tanzânia, também propuseram flexibilidade na altura de entrada entre 90 e 95% de IL.

Apesar do uso da altura do dossel em pré-pastejo como critério de manejo já estar bem consolidado na literatura científica com plantas forrageiras de clima tropical, a altura de saída (severidade de pastejo) é algo mais recente. Isso porque praticamente todos os trabalhos que definiram luz como critério de entrada utilizaram valores fixos de altura residual, o que, mesmo que inadvertidamente, gerou severidades de desfolhação variáveis, não sendo possível, assim, definir uma meta única de manejo para as diferentes plantas forrageiras. Um avanço recente foi a adoção do critério de proporção de desfolhação. Fonseca et al. (2012) demonstraram que houve uma redução na velocidade instantânea de ingestão de forragem quando os animais rebaixaram um pasto de sorgo forrageiro a uma altura em torno de 40-50% da altura inicial, e sugeriram que esse poderia ser um limite de desfolhação quando o objetivo fosse maximizar o consumo no curto prazo. Além do trabalho de Fonseca et al. (2012), outros trabalhos já haviam sugerido um limite de rebaixamento que não prejudicasse o

consumo de forragem (DELAGARDE et al., 2001; RIBEIRO FILHO et al., 2007; TRINDADE et al., 2007).

Nesse sentido, parece claro que a combinação de metas de altura pré-pastejo, dentro do limite de uso para uma dada espécie, deve estar associada com severidades de pastejo de, no máximo, 50% da altura de entrada quando o objetivo for maximizar a ingestão de forragem. Apesar disso, ainda persistem dúvidas sobre o manejo de pastos quando são usadas metas de altura e proporções de desfolhação, sendo que algumas delas são particularmente relevantes, como por exemplo: 1) pastos manejados com desfolhações relativamente moderadas (até 50%) são capazes de se manter estáveis dentro de uma faixa relativamente ampla de manejo?; 2) se existe um limite para altura pré-pastejo, existiria um mecanismo compensatório entre tamanho e número de perfilhos que poderia manter os pastos produtivos em alturas inferiores à uma altura teto?

3 HIPÓTESES

- 1) Existe uma amplitude de altura de manejo em pré-pastejo em que pastos sob lotação intermitente se mantêm estáveis e persistentes quando associada com nível moderado de severidade de desfolhação (50% da altura de entrada).
- 2) O mecanismo de compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos sob lotação intermitente apresenta padrões de resposta semelhantes àqueles descritos para pastos sob lotação contínua desde que associados a nível moderado de desfolhação (50% da altura de entrada).

3.1 OBJETIVOS

Avaliar os padrões demográficos de perfilhamento e o mecanismo de compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de *Pennisetum clandestinum* submetidos a alturas de entrada com altura de saída correspondente a 50% da altura de entrada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APRÁEZ, G. J. E. et al. Determinación de los factores edafoclimáticos que influyen en la producción y calidad del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en condiciones de no intervención. **Livestock Research for Rural Development**. vol. 24, art. 42, 2012.

ASSEF, L.C. *Pennisetum clandestinum*, gramínea pouco estudada no brasil. **Boletim da Indústria animal**. Nova Odessa, v.58, n.2, p.215-229, 2001.

BAHMANI, I. et al. Tiller dynamics of perennial ryegrass cultivars derived from different New Zealand ecotypes: effects of cultivar, season, nitrogen fertiliser, and irrigation. **Australian Journal of Agricultural Research**. v. 54, n. 8, p. 803-817, 2003.

BAHMANI I, et al. Differences in tillering of long-and short-leaved perennial ryegrass genetic lines under full light and shade treatments. **Crop Science**. v.40, p.1095-1102, 2000.

BARBOSA, R.A. **Características morfofisiológicas e acúmulo de forragem em capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) submetido a frequências e intensidades de pastejo**. 122p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2004.

BARBOSA, R.A. et al. capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p. 329-340, 2007.

BIRCHAM, J.S.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed

swards under continuous stocking management. **Grass and Forage Science**, v.38, p.323-331, 1983.

BRADSHAW, A.D. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. **Advances in Genetics**, v. 13, p. 115-155, 1965.

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

BUENO, A. A. O. **Características estruturais do dossel forrageiro, valor nutritivo e produção de foragem em pastos de capim-mombaça submetidos a regimes de desfolhação intermitente**. Piracicaba, SP, 2003. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência animal e Pastagens) Universidade de São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

BULLOCK. J.M. Plant competition and population Dynamics. **CAB International**. p. 69-100, 1996.

CAMINHA, F.O. et al. Estabilidade da população de perfilhos de capim-marandu sob lotação contínua e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.2, p.213-220, 2010.

CARNEVALLI, R.A. **Dinâmica da rebrotação de pastos de capim- mombaça submetidos a regimes de desfolhação intermitente**. Piracicaba, SP, 2003. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência animal e Pastagens) Universidade de São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

CARNEVALLI, R.A. et al. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, v.40, p.165-176, 2006.

DA SILVA, S. C. Fundamentos para o manejo do pastejo de plantas forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*. In: II Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem, **Anais...** Viçosa: UFV, 2004, p. 347.

DA SILVA, S.C.; NASCIMENTO JR, D.; Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.121-138, 2007.

DAVIES, A. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. **Journal of Agricultural Science**, London, v.82, p.165-172, 1974.

DAVIES, A. Structure of the grass swards. In **Proceedings of an international meeting on animal production from temperate grassland**. Dublin. Proceedings, Dublin: An Foras Taluntais, p. 36-44, 1977.

DELAGARDE R, et al. Caractéristiques de la prairie avant et après un pâturage; quels indicateurs de l'ingestion chez la vache laitière? **Rencontres Recherches Ruminants**, v.8, p.209-212, 2001.

DIFANTE, G. S. **Desempenho de novilhos, comportamento ingestivo e consumo voluntário em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia**. 2005. 74p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa , Viçosa.

FONTANELLI, R. S. et al. Gramíneas perenes de verão In: **Forrageiras para integração lavoura-pecuária na região sul-brasileira**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, p.199 – 238, cap. 11, 2009.

GIACOMINI, A.A. et al. Growth of marandu palisadegrass subjected to strategies of intermittent stocking. **Scientia Agricola**, v.66, p.733-741, 2009.

HERNÁNDEZ-GARAY, A., C. MATTHEW, AND J. HODGSON. Tiller size/ density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. **Grass Forage Science**. v.54, p. 347-356, 1999.

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

KORTE, C.J.; WATKIN, B.R.; HARRIS, W. Use of residual leaf area index and light interception as criteria for spring grazing management of a ryegrass-dominant pasture. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.25, p. 309-319, 1982.

LANGER, R.H.M. Tillering in herbage grass. A review. **Herbage Abstracts**, v.33, p.141-148, 1963.

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

LESLIE, P.H. The use of matrices in certain population mathematics. **Biometrika**. v.33, p. 183-212. 1945.

MARSHALL, C. Physiological aspects of pasture growth. In: Snaydon RW (ed) **Managed Grasslands**. Elsevier, Amsterdam, 1987. p. 29–46.

MATTHEW, C. 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., A. HERNANDEZ GARAY, AND J. HODGSON. Making sense of the link between tiller density and pasture production. **Proceedings of the New Zealand Grassland Association**. v. 57, p. 83- 87. 1996.

MATTHEW, C. et al. Tiller dynamics of grazed swards. In: I Simpósio internacional grassland ecophysiology and grazing ecology. **Anais...** Curitiba:UFPR, p. 109-133, 1999.

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

MEARS, P. T. Kikuyu. (*Pennisetum clandestinum*) as a pasture grass. A review. **Tropical Grasslands**, Melbourne, v. 4, p. 139-152, 1970.

MOORE, K. J.; MOSER, L. E. Quantifying developmental morphology of perennial grasses. **Crop Science**. v. 35, p. 37-43, 1995.

PARSONS, A. J.; CHAPMAN. H. D. F. The principles of pasture growth and utilization. In: Hopkins A. (ed.) **Grass: Its**

Production and Utilization, 3° ed. Oxford: Blackwell Science for the British, **Grassland Society**, 1999 p. 31-89.

PARSONS, A.J.; JOHNSON, I.R.; WILLIAMS, J.H.H. Leaf age structure and canopy photosynthesis in rotationally and continuously grazed swards. **Grass and Forage Science**, v. 43, n. 1, p. 1-14, 1988.

PARSONS, A. J.; PENNING, P. D. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. **Grass and Forage Science**, v.43, n.1, p.15 27, 1988.

PARSONS, A.J. 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, 1983b.

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

PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S.; DA SILVA, S. C. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n. 2, p. 281-287, 2007.

PEREIRA, V. V. et al. Características morfogênicas e estruturais de capim-mombaça em três densidades de cultivo adubado com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, n. 12,p, 2681-2689, 2011.

RIBEIRO FILHO H. M. N. et al. Suplementação energética para vacas leiteiras pastejando azevém com alta oferta de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p. 2152-2158, 2007.

RODRIGUES, L. R. A.; RODRIGUES, J. D. Ecofisiologia de plantas forrageiras. In: CASTRO, P. R. C. et al. (Eds.) **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Assoc. Bras. Pesq. Da Potassa e do Fosfato, p. 203-225, 1987.

SACKVILLE-HAMILTON, N. R.; MATTHEW, C.; LEMAIRE, G. In defence of the $-3/2$ boundary rule: a re-evaluation of self-thinning concepts and status. **Annals of Botany**, v.76, p. 569-577, 1995.

SBRISSIA, A. F. et al. Tillering dynamics in palisadegrass swards continuously stocked by cattle. **Plant Ecology**, v. 206, n. 2, p. 349-359, 2010.

SEMMELMANN C.E.N. et al. Suplementação energética ou energético-protéica para vacas leiteiras em pastagem de quicuío. **Acta Scientiae Veterinariae**. v. 36, n.2, p. 127-131, 2008.

TRINDADE, J. K. et al. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p. 883-890, 2007.

UEBELE, M. C. **Padrões demográficos de perfilhamento e produção de forragem em pastos de capim-mombaça submetidos a regime de lotação intermitente**. Piracicaba, SP, 2002. 79p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência

animal e Pastagens) Universidade de São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

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

WATSON, D. J. Comparative physiological studies on the growth of field crops. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, London (N.S.) v.11, p. 41-76, 1947.

YODA, K.; 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.

ZANINE, A. M. et. al., Características estruturais e acúmulo de forragem em capim-tânzania sob pastejo rotativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 11. p. 2364- 2373, 2011.

4 ARTIGO I

4.1 DINÂMICA E ESTABILIDADE POPULACIONAL DE PERFILHOS EM PASTOS DE CAPIM-QUICUIU SOB LOTAÇÃO INTERMITENTE

4.2 INTRODUÇÃO

Um dos principais objetivos do manejo de pastagens é assegurar que os pastos se mantenham estáveis e produtivos, reduzindo assim sua probabilidade de degradação. Em pastos formados exclusivamente por gramíneas, a estabilidade populacional é resultado direto do balanço entre as taxas de aparecimento e mortalidade de perfilhos, que, por sua vez, definem as variações estacionais em densidade populacional de perfilhos (LEMAIRE & CHAPMAN, 1996; MATTHEW et al., 2000).

Com o objetivo de permitir uma análise integrada das taxas de aparecimento e sobrevivência de perfilhos, Bahmani et al. (2003), usaram, pela primeira vez (utilizando álgebra de matrizes proposta por Leslie (1945) para estudar demografia de populações), o conceito de índice de estabilidade, permitindo uma análise conjunta nas mudanças na população de perfilhos em pastagens. Basicamente, se o índice é maior que 1 significa que a taxa de aparecimento, relativamente à taxa de sobrevivência, é suficiente para manter a população em equilíbrio. Caso o índice fique abaixo de 1, isso poderia significar uma instabilidade transitória ou permanente na população de plantas que demandaria intervenções no manejo para restaurar sua capacidade produtiva. Desde então, alguns trabalhos já mostraram a eficiência no uso do conceito (CAMINHA et al., 2010; DIFANTE et al., 2008; SBRISSIA et al., 2010) com diferentes espécies de plantas de clima tropical.

Desde o trabalho de Korte et al. (1982) com azevém perene, até alguns mais recentes com plantas forrageiras de

clima tropical (CARNEVALLI, et al., 2006; BARBOSA, et al. 2007; TRINDADE, et al. 2007), tem sido mostrado que a produção de folhas em pastagens sob lotação intermitente é maximizada quando a rebrotação é interrompida no momento em que quando os pastos interceptam aproximadamente 95% da radiação incidente (IAF crítico) e que existe uma forte correlação entre essa condição e a altura do dossel. Com relação ao momento de retirada dos animais, Delagarde et al. (2001); Ribeiro Filho et al. (2007); Trindade et al. (2007); Fonseca et al. (2012) mostraram que a velocidade instantânea de ingestão de forragem (em kg de MS.kg PV⁻¹) é maximizada quando os pastos são desfolhados em alturas não inferiores à 50% de sua altura de entrada, indicando que a proporção de altura de saída também poderia ser um guia prático de manejo de campo.

Apesar disso, não há evidências na literatura se pastos manejados abaixo de um limite de altura definido pela meta de IL e associados com rebaixamento de 50% da altura de entrada poderiam ter sua perenidade e estabilidade comprometida. Tal informação permitiria inferir sobre os limites plásticos de plantas ao pastejo e ampliaria as opções de uso sem prejudicar sua persistência e capacidade produtiva. Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi testar a hipótese de que existe uma amplitude de altura em pastos sob lotação intermitente (desde que associadas com níveis moderados de desfolhação) em que os mesmos se mantêm estáveis sem comprometer sua perenidade ou capacidade produtiva.

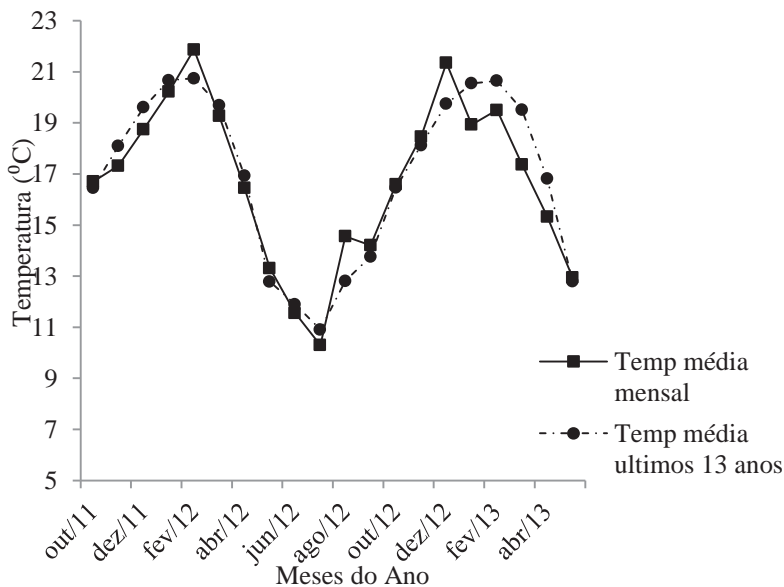
4.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Bovinocultura Leiteira do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, em Lages, em duas

estações de crescimento do pasto correspondentes aos períodos de verão/outono de 2011/2012 e 2012/2013. No primeiro ano, o experimento foi iniciado em 05/12/11 e encerrado em 14/06/12 e no segundo iniciado em 17/12/12 e encerrado em 28/05/13. As coordenadas geográficas aproximadas do local do experimento são 27°47' de latitude sul, 50°18' de longitude oeste e altitude aproximada de 910 metros.

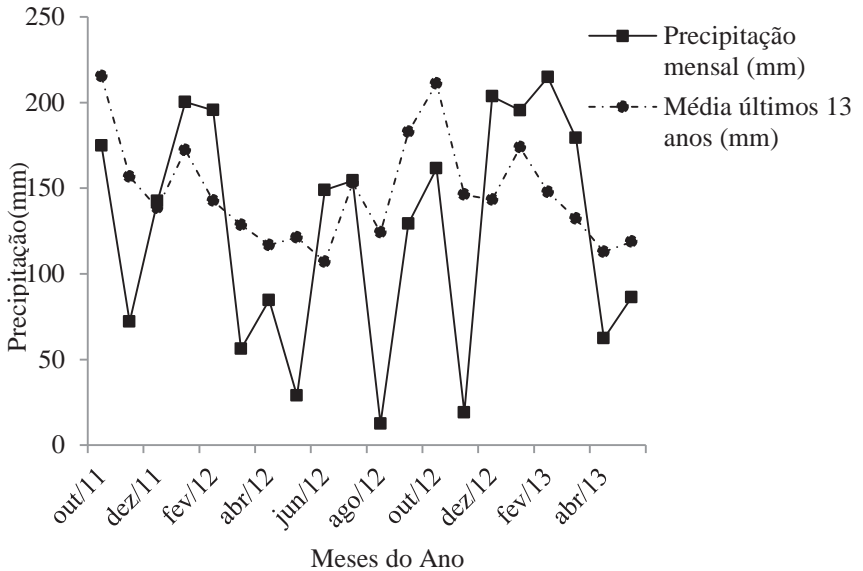
De acordo com a classificação de Koppen, o clima da região é do tipo Cfb – subtropical mesotérmico úmido com verões brandos, ocorrência de geadas frequentes e temperatura média anual entre 17 e 18 °C (DALL'AGNOL et al., 2004). As Figuras 2 e 3 mostram a temperatura média mensal e a precipitação média mensal durante o período experimental, respectivamente. Os dados para a composição dos gráficos foram fornecidos pela Epagri/SC.

Figura 2 - Temperatura média mensal (°C) durante o período experimental e nos últimos 13 anos.



Fonte: O próprio autor.

Figura 3– Precipitação média mensal (mm) durante o período experimental e nos últimos 13 anos.



Fonte o próprio autor.

A espécie utilizada para as avaliações foi o capim-quicuiu (*Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex Chiov.). O pasto foi estabelecido na área há cerca de 10 anos e, desde então, vinha sendo utilizado sob pastejo pelo rebanho leiteiro do Setor. O relevo da área é considerado suave a moderadamente ondulado e o solo classificado como Cambissolo húmico alumínico léptico (EMBRAPA, 2006). As características químicas do solo antes do início do experimento estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1- Análise de solo da área experimental antes do início do período experimental.

	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	CTC	H+Al	V
	H ₂ O	%	mg/dm ³				cmolc/dm ³			%
B I	6,0	3,6	36,0	330	8,21	1,66	0	10,71	2,20	82,99
B II	5,7	3,5	30,0	148	7,09	3,24	0	10,71	4,40	70,87
B III	5,9	4,3	43,6	121	7,26	3,66	0	11,23	3,50	76,24

*Análise fornecida pelo Laboratório de Análise de Solos (LAS) – UDESC/CAV, Lages, Santa Catarina.

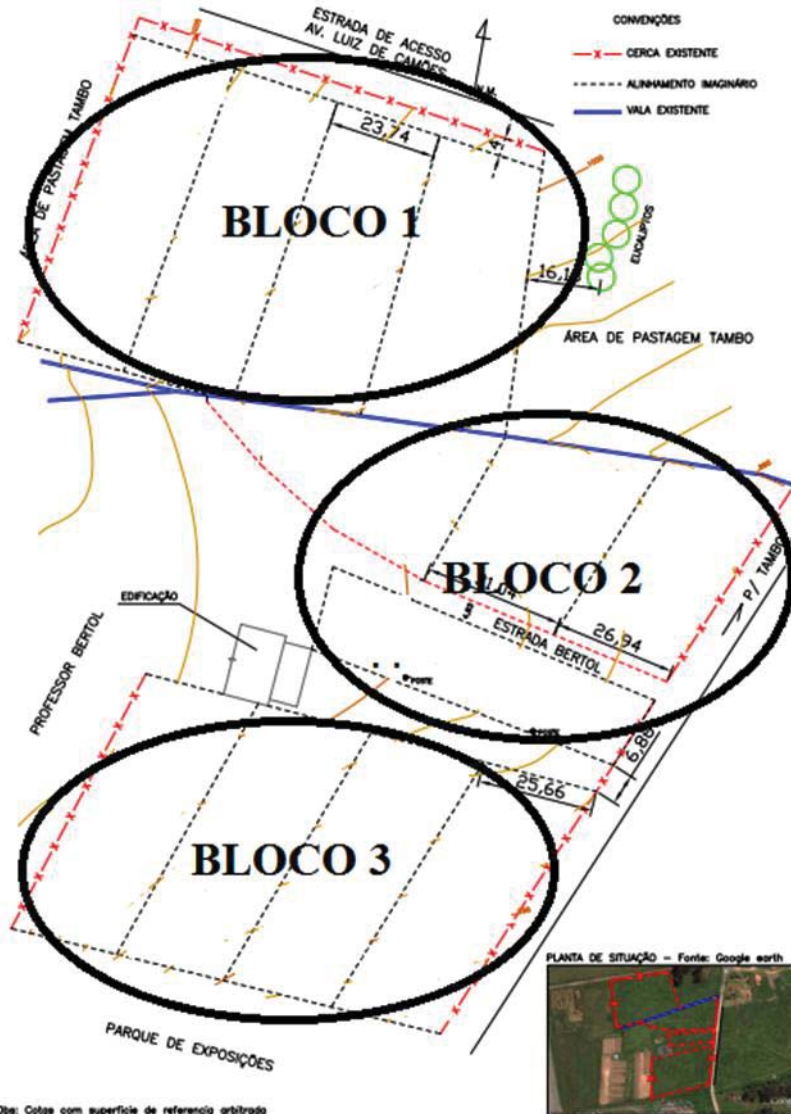
Fonte o próprio autor.

De acordo como os dados recebidos do laboratório de análise de solo na camada de 0 – 20 cm não foi realizado nenhum tipo de correção química. As adubações nitrogenadas seguiram o Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do sul e Santa Catarina sendo realizadas 3 aplicações totalizando 140 kg/ha.ano de N. A primeira aplicação foi realizada no dia 09/11/2011 na forma de uréia (40 kg/ha.ano de N). A segunda e a terceira realizadas nos dia 06/01/2012 e 09/02/12, respectivamente, na forma de nitrato de amônio (50 kg/ha.ano de N). No segundo ano de experimento a primeira adubação foi realizada no dia 12/12/2012 na forma de uréia (40 kg/ha.ano de N). A segunda e a terceira nos dias 13/02/2013 e 08/03/2013, respectivamente, na forma de nitrato de amônio (50 kg/ha.ano de N).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados com 3 repetições e 4 tratamentos. A razão para o bloqueamento foi a topografia do terreno (Figura 4). Os tratamentos foram definidos por metas de alturas em pré-pastejo (momento antes da entrada dos animais) de 10, 15, 20 e 25 cm. Antes do início do experimento foram realizadas medidas de interceptação luminosa utilizando-se um ceptometro ACCUPAR modelo LP 80 (Decagon Devices). Como o objetivo do trabalho foi testar possível flexibilidade de

manejo, a altura máxima escolhida (25 cm) foi aquela em que os pastos interceptavam aproximadamente 95% da radiação incidente, evitando, assim, acúmulo exagerado de colmos e de material morto (Carnevalli et al., 2006, Barbosa et al., 2007). A severidade de pastejo foi definida pela desfolhação em 50% da altura de entrada, ou seja, 5, 7,5, 10 e 12,5 cm, respectivamente. A opção por este nível de severidade foi em função de trabalhos recentes mostrarem que a partir da remoção de 50% da altura de entrada ocorre uma redução na velocidade instantânea de ingestão de forragem pelos animais (RIBEIRO FILHO et al., 2007; TRINDADE et al., 2007; FONSECA et al., 2012), além de permitir área foliar residual em quantidade e qualidade para a rebrotação.

Figura 4– Distribuição das unidades experimentais nos blocos.



Obs: Cotas com superfície de referência arbitrada

Fonte o próprio autor.

O método de pastejo utilizado foi o de lotação intermitente, com taxa de lotação variável. As avaliações de

altura do dossel forrageiro foram realizadas duas vezes por semana com o auxílio de bastão graduado em cm (“sward stick”) (BARTHAM, 1985). Foram tomadas 60 leituras por unidade experimental ao longo de uma trajetória em ziguezague (detalhe Figura 5). À medida que as alturas propostas eram alcançadas, os animais eram alocados às unidades experimentais e os ciclos de pastejo realizados.

Figura 5 – Detalhe da medida de altura com bastão graduado em cm (*sward stick*).



Fonte o próprio autor.

Para determinação da densidade populacional de perfilhos (DPP) foram contabilizados todos os perfilhos contidos em um anel de PVC de 15 cm de diâmetro (detalhe Figura 6). Foram realizadas 3 amostragens em locais

correspondentes às metas de altura em cada unidade experimental antes da entrada dos animais nos piquetes.

Figura 6 – Detalhe da contagem de perfilhos nos anéis de PVC.



Fonte o próprio autor.

Para determinação da dinâmica populacional de perfilhos e índice de estabilidade dos pastos foram alocadas 3 argolas de PVC por unidade experimental e a cada 21 dias todos os perfilhos novos eram contabilizados e marcados com tubos plásticos de cores diferentes, cada cor representando uma nova geração. Na primeira marcação todos os perfilhos dentro de cada argola foram marcados, e após 21 dias os perfilhos mortos eram contabilizados e retirados das argolas e os novos também contabilizados e marcados com cores diferentes tanto no primeiro quanto no segundo ano de experimento (Figuras 7 e 8). Dessa forma foi possível calcular a taxa de sobrevivência (TSP), taxa de aparecimento (TAP) e mortalidade de perfilhos

(TMP). O índice de estabilidade foi calculado a partir da seguinte equação (BAHMANI et al., 2003):

$$Pf/P0 = TSP(1+TAP)$$

Onde Pf/P0 simbolizam a relação entre a população de perfilhos no final (Pf) e no início (P0) de um período de avaliação. Os dados do índice de estabilidade foram agrupados por épocas do ano (verão e outono). Vale ressaltar que durante o inverno ocorrem geadas frequentes na região, razão pela qual o experimento foi interrompido em maio de 2012 e reiniciado apenas em dezembro do mesmo ano.

Figura 7 - Detalhe da marcação da primeira geração de perfilhos.



Fonte o próprio autor.

Figura 8 – Detalhe da marcação dos perfilhos com anéis de plástico durante o experimento.



Fonte o próprio autor.

A análise estatística foi realizada utilizando-se o procedimento MIXED do pacote estatístico SAS (SAS, Versão 9.2). Como o número de ciclos de pastejo foi variável em função do tratamento, este entrou no modelo como medida repetida no tempo. A escolha da matriz de covariância foi realizada por meio do Critério de Informação de Akaike (AIC).

As médias foram comparadas por meio do Teste de *Student* e probabilidade de 5%.

4.4 RESULTADOS

4.4.1 Condições experimentais e densidade populacional de perfilhos

Tanto no primeiro quanto no segundo ano do experimento um maior número de ciclos de pastejo foi observado nos pastos manejados mais baixos e, de forma contrária, maiores intervalos entre pastejos foram observados nos pastos manejados mais altos (Tabela 2; $P < 0,05$). Como o número de ciclos foi variável e o período experimental em cada

Os maiores valores para a DPP (média de todo o período) foram observados nos pastos manejados com 10 cm de altura, com queda a partir da altura de 15 cm e uma tendência de estabilização a partir da altura de 20 cm (Tabela 2).

Tabela 2– Alturas em pré e pós-pastejo (cm), número de ciclos de pastejo, intervalo médio entre pastejo (dias) e densidade populacional de perfilhos (DPP perfilhos.m⁻²) em capim-quicuiu submetido a alturas de pastejo e 50% de severidade de desfolhação.

2012					
Variáveis	10	15	20	25	EPM
Altura Pré (cm)	10,2	15,4	20,4	25,3	-
Altura Pós (cm)	5,2	7,5	10,1	12,7	-
Número de ciclos	5,7 ^A	4,3 ^B	3,0 ^C	3,0 ^C	0,19
Intervalo médio entre ciclos de pastejo (dias)	33,5 ^D	41,6 ^C	53,5 ^B	62,0 ^A	2,08
DPP	7883 ^A	6273 ^B	5810 ^B	5705 ^B	492
2013					
Variáveis	10	15	20	25	EPM
Altura Pré (cm)	10,2	15,3	20,0	25,0	-
Altura Pós (cm)	5,1	7,5	10,1	12,4	-
Número de ciclos	4,0 ^A	3,7 ^A	3,0 ^B	3,0 ^B	0,14
Intervalo médio entre ciclos de pastejo (dias)	30,6 ^C	33,2 ^C	39,9 ^B	44,0 ^A	1,09
DPP	5526 ^A	4739 ^B	4503 ^B	4129 ^B	278

Fonte o próprio autor.

4.4.2 Taxas de aparecimento, mortalidade e sobrevivência de perfilhos

Para as taxas de aparecimento, mortalidade e sobrevivência de perfilhos houve efeito de altura, geração de perfilhos e interação altura x geração de perfilhos ($P < 0,001$), tanto no primeiro quanto no segundo ano experimental. As maiores TAP foram observadas nos períodos mais quentes do ano, com exceção da geração surgida no início de fevereiro, em 09/02/2012 e 14/02/2013 no primeiro e no segundo ano,

respectivamente, que apresentaram valores relativamente baixos para o período (Tabela 3). Com exceção de dois valores (0,40 e 0,47) (Tabela 4) apresentados no tratamento de 10 cm, a TSP foi sempre superior a 50%. Comportamento inverso foi observado para a taxa de mortalidade de perfilhos. Os valores de TMP foram elevados no último ciclo tanto no primeiro quanto no segundo ano experimental (Tabela 5), coincidindo com o início de queda em temperatura (Figura 2) e fotoperíodo.

Tabela 3 – Taxa de aparecimento de perfilhos (%) em capim-quicuiú submetido a alturas de pastejo e proporção de rebaixamento de 50% da altura inicial nas estações de crescimento 2001/2012 e 2012/2013.

Datas	Alturas de manejo (cm)			
	10	15	20	25
	2011/2012			
02/01/2012	0,69 ^{aA}	0,47 ^{aBC}	0,39 ^{aC}	0,61 ^{aAB}
24/01/2012	0,57 ^{abA}	0,41 ^{abB}	0,39 ^{abB}	0,40 ^{bB}
09/02/2012	0,21 ^{dA}	0,28 ^{bcA}	0,26 ^{abA}	0,13 ^{cA}
29/02/2012	0,41 ^{bcAB}	0,31 ^{bcBC}	0,17 ^{bC}	0,50 ^{abA}
21/03/2012	0,21 ^{dAB}	0,30 ^{bcA}	0,27 ^{abA}	0,10 ^{cB}
10/04/2012	0,51 ^{bcA}	0,27 ^{bcB}	0,29 ^{abB}	0,22 ^{cB}
02/05/2012	0,40 ^{cA}	0,24 ^{cdB}	0,13 ^{bB}	0,21 ^{cB}
24/05/2012	0,17 ^{dA}	0,22 ^{cdA}	0,13 ^{bA}	0,19 ^{cA}
14/06/2012	0,16 ^{dA}	0,11 ^{dA}	0,14 ^{bA}	0,08 ^{cA}
	2012/2013			
08/01/2013	0,37 ^{bcA}	0,36 ^{aAB}	0,21 ^{bB}	0,28 ^{bA}
28/01/2013	0,53 ^{abA}	0,31 ^{aA}	0,53 ^{aA}	0,27 ^{bA}
14/02/2013	0,27 ^{cB}	0,24 ^{aB}	0,29 ^{bA}	0,58 ^{aA}
06/03/2013	0,32 ^{cA}	0,22 ^{aAB}	0,25 ^{bAB}	0,25 ^{bB}
25/03/2013	0,29 ^{cB}	0,31 ^{aA}	0,54 ^{aB}	0,24 ^{bB}
16/04/2013	0,57 ^{aA}	0,24 ^{aB}	0,17 ^{bAB}	0,20 ^{bB}

06/05/2013	0,27 ^{cA}	0,24 ^{aA}	0,14 ^{bA}	0,26 ^{bA}
28/05/2013	0,24 ^{cB}	0,38 ^{aAB}	0,17 ^{bB}	0,24 ^{bA}

Letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si ($P>0,05$). Erro Padrão da Média da Interação: 2012=0,05564; 2013=0,0631.

Fonte o próprio autor.

Tabela 4 – Taxa de sobrevivência de perfilhos (%) em capim-quicuiu submetido a alturas de pastejo e proporção de rebaixamento de 50% da altura inicial nas estações de crescimento 2001/2012 e 2012/2013.

Datas	Alturas de manejo (cm)			
	10	15	20	25
2011/2012				
02/01/2012	0,92 ^{aA}	0,93 ^{aA}	0,90 ^{aA}	0,94 ^{aA}
24/01/2012	0,64 ^{bcB}	0,65 ^{cdB}	0,89 ^{aA}	0,92 ^{aA}
09/02/2012	0,68 ^{bAB}	0,79 ^{bA}	0,63 ^{cB}	0,65 ^{cdB}
29/02/2012	0,55 ^{cB}	0,56 ^{deB}	0,71 ^{bcA}	0,71 ^{bcA}
21/03/2012	0,40 ^{dC}	0,75 ^{bcA}	0,76 ^{bA}	0,55 ^{deB}
10/04/2012	0,72 ^{bB}	0,72 ^{bcB}	0,90 ^{aA}	0,83 ^{abAB}
02/05/2012	0,74 ^{bA}	0,82 ^{abA}	0,73 ^{bA}	0,79 ^{bA}
24/05/2012	0,74 ^{bA}	0,52 ^{eB}	0,43 ^{dB}	0,43 ^{eB}
14/06/2012	0,21 ^{eA}	0,07 ^{fB}	0,04 ^{eB}	0,09 ^{fAB}
2012/2013				
08/01/2013	0,79 ^{aA}	0,76 ^{abcA}	0,86 ^{aA}	0,83 ^{aA}
28/01/2013	0,47 ^{cdB}	0,66 ^{bcdA}	0,56 ^{cAB}	0,61 ^{bAB}
14/02/2013	0,70 ^{abA}	0,84 ^{aA}	0,74 ^{abA}	0,72 ^{abA}
06/03/2013	0,60 ^{bcA}	0,60 ^{dA}	0,64 ^{bcA}	0,74 ^{abA}
25/03/2013	0,57 ^{bcC}	0,78 ^{abAB}	0,84 ^{aA}	0,67 ^{abBC}
16/04/2013	0,72 ^{abA}	0,61 ^{cdA}	0,71 ^{abcA}	0,65 ^{bA}
06/05/2013	0,68 ^{abAB}	0,57 ^{dB}	0,64 ^{bcAB}	0,75 ^{abA}
28/05/2013	0,35 ^{dA}	0,17 ^{eB}	0,08 ^{dB}	0,06 ^{cB}

Letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si ($P>0,05$). Erro Padrão da Média da Interação: 2012=0,0452; 2013=0,05757.

Fonte o próprio autor.

Tabela 5- Taxa de mortalidade de perfilhos (%) em capim-quicuiu submetido a alturas de pastejo e proporção de rebaixamento de 50% da altura inicial nas estações de crescimento 2011/2012 e 2012/2013.

Datas	Alturas de manejo (cm)			
	10	15	20	25
	2011/2012			
02/01/2012	0,08 ^{eA}	0,07 ^{eA}	0,10 ^{dA}	0,07 ^{dA}
24/01/2012	0,36 ^{cdA}	0,35 ^{bcdA}	0,11 ^{dB}	0,08 ^{dB}
09/02/2012	0,32 ^{cdB}	0,21 ^{deB}	0,37 ^{cB}	0,55 ^{b0,45}
29/02/2012	0,45 ^{bcAB}	0,44 ^{bcAB}	0,29 ^{cB}	0,55 ^{bA}
21/03/2012	0,60 ^{bA}	0,25 ^{dB}	0,24 ^{cdB}	0,54 ^{bA}
10/04/2012	0,28 ^{dAB}	0,28 ^{cdAB}	0,10 ^{dB}	0,34 ^{cA}
02/05/2012	0,26 ^{dA}	0,18 ^{deA}	0,27 ^{cdA}	0,31 ^{cA}
24/05/2012	0,26 ^{dB}	0,48 ^{bA}	0,57 ^{bA}	0,65 ^{bA}
14/06/2012	0,79 ^{aA}	0,93 ^{aA}	0,96 ^{aA}	0,84 ^{aA}
	2012/2013			
08/01/2013	0,21 ^{dA}	0,24 ^{cdeA}	0,14 ^{dA}	0,17 ^{cA}
28/01/2013	0,53 ^{abA}	0,34 ^{bcdB}	0,44 ^{bAB}	0,39 ^{bAB}
14/02/2013	0,30 ^{cdA}	0,16 ^{eA}	0,26 ^{cdA}	0,28 ^{bcA}
06/03/2013	0,40 ^{bcA}	0,41 ^{bA}	0,36 ^{bcA}	0,26 ^{bcA}
25/03/2013	0,43 ^{bcA}	0,22 ^{deBC}	0,16 ^{dC}	0,33 ^{bcAB}
16/04/2013	0,27 ^{cdA}	0,39 ^{bcA}	0,29 ^{bcdA}	0,35 ^{bA}
06/05/2013	0,32 ^{cdAB}	0,43 ^{bA}	0,36 ^{bcAB}	0,25 ^{bcB}
28/05/2013	0,65 ^{abB}	0,83 ^{aA}	0,92 ^{aA}	0,94 ^{aA}

Letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si ($P>0,05$). Erro Padrão da Média da Interação: 2012=0,0629; 2013=0,05757.

Fonte o próprio autor.

4.5 DISCUSSÃO

As alturas propostas no protocolo experimental foram alcançadas tanto em pré quanto em pós pastejo nos dois anos do experimento (Tabela 2).

Os maiores valores de DPP nos pastos mantidos mais baixos, tanto no primeiro quanto no segundo ano do experimento, refletem um efeito amplamente discutido e mostrado em pastos mantidos sob lotação contínua (MATTHEW et al., 1995; HERNANDEZ-GARAY et al., 1999; SBRISSIA et al., 2010), segundo o qual a maior penetração de luz na base dos dosséis manejados mais baixos tende a estimular o perfilhamento. O efeito inverso é observado a partir do momento que começa a existir competição por luz, resultado direto da menor frequência de pastejo nos tratamentos com maior altura de entrada, quando, então, inicia-se um processo de auto desbaste e a quantidade de perfilhos na área é reduzida (YODA et al., 1963). Essas reduções em DPP, relacionadas ao aumento em altura de entrada, foram encontradas tanto no primeiro quanto no segundo ano do experimento, e correspondem a um padrão de resposta relativamente comum na literatura (MATTHEW et al., 1999; BAHMANI et al., 2003; GIACOMINI et al., 2009).

A redução em 2° C na temperatura média durante os meses de janeiro, fevereiro e março (ou seja, durante todo o período de verão) a menor precipitação no período que antecedeu o experimento para o ano de 2013 pode ter contribuído para o atraso no desenvolvimento da planta (Figuras 2 e 3) e ocasionado redução em DPP. O estresse hídrico é um determinante importante do crescimento em capim-quicuiu e até mesmo a alta demanda evaporativa pode reduzir bastante a sua taxa de crescimento (MARAIS, 2001). Alterações nas condições climáticas que ocorrem de um ano

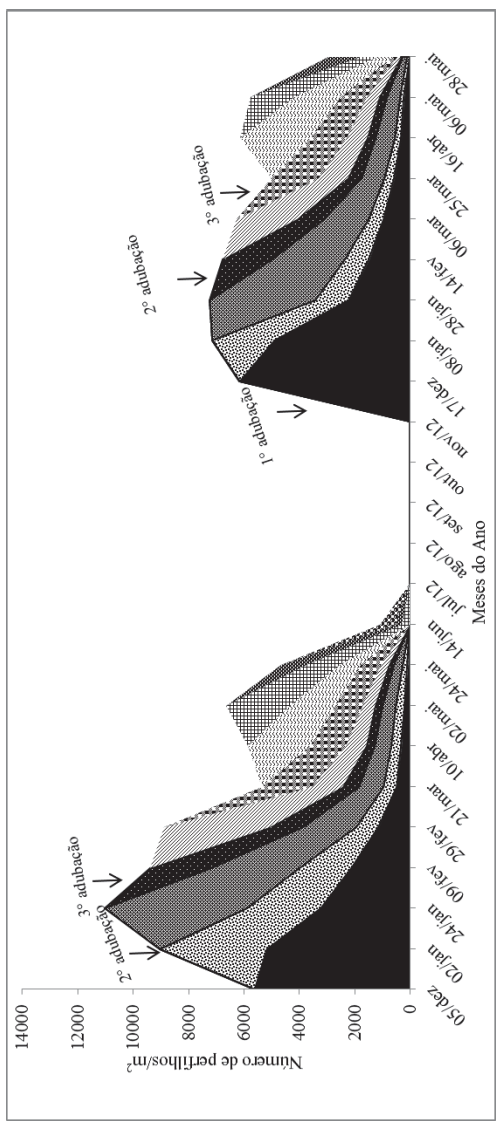
para outro provocam modificações morfológicas e na taxa de crescimento das plantas, o que pode resultar em atraso na recuperação do pasto após desfolhação (BUXTON & FALES, 1994). Outro reflexo direto da redução na temperatura e precipitação no início do segundo ano experimental (novembro de 2012) foi a redução do período experimental no segundo ano. Isto contribuiu para um intervalo entre pastejo menor nos primeiros ciclos de pastejo (janeiro, fevereiro e março), quando houve a retomada do período de chuvas o que diminuiu a média do intervalo entre ciclos para o segundo ano. No primeiro ano como o período experimental foi maior os últimos ciclos de pastejo tiveram intervalos maiores (condições ambientais desfavoráveis para o desenvolvimento dos perfilhos), aumentando a média entre ciclos.

A contagem de perfilhos a cada 21 dias permitiu gerar curvas de demografia do perfilhamento, mostrando as variações populacionais nas gerações de perfilhos ao longo do período experimental (Figuras 9, 10, 11 e 12). A contagem inicial mostra que todos os tratamentos apresentavam entre 5000 e 7000 perfilhos m^{-2} tanto no primeiro quanto no segundo ano do experimento. Como característica comum a todos os tratamentos, no primeiro ano experimental houve uma redução no número de perfilhos no início de fevereiro, porém, na geração seguinte, ocorrida no final de fevereiro e início de março os pastos voltaram a se recuperar, aumentando o número de perfilhos na área. Entretanto, o tratamento de 10 cm de altura de entrada, que também sofreu redução no número de perfilhos em fevereiro, não conseguiu aumentar o número de perfilhos na geração seguinte, somente em abril (início de outono). A partir de maio todos os tratamentos apresentaram uma grande redução no número de perfilhos, resultado direto, como comentado, da brusca redução em temperatura.

A redução em TAPs (Tabela 3) no início de fevereiro durante as duas estações de crescimento pode ter sido consequência da redução da ação do N aplicado, uma vez que a

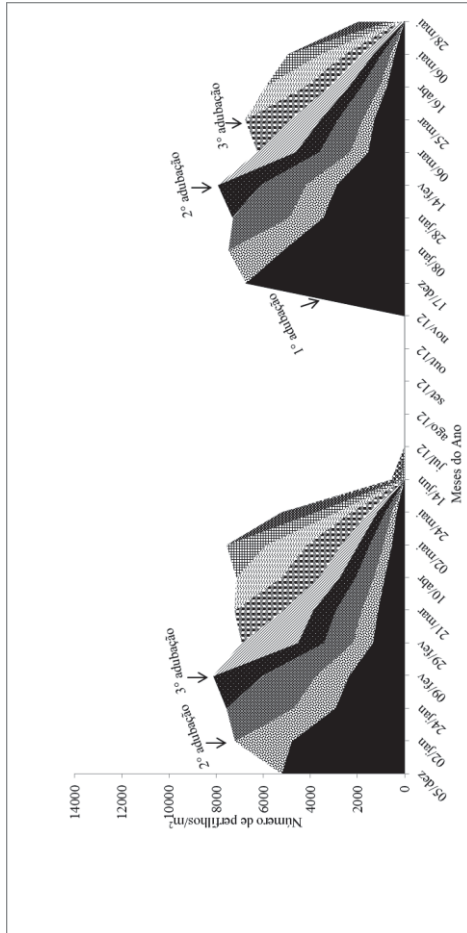
adubação nitrogenada anterior havia sido realizada em 06/01/2012 e 12/12/2012 para o primeiro e segundo após do período experimental, respectivamente.

Figura 9 – Demografia do perfilamento em capim-quicuiu sob lotação intermitente com 10 cm de altura de entrada e 50 % da altura de desfolhação



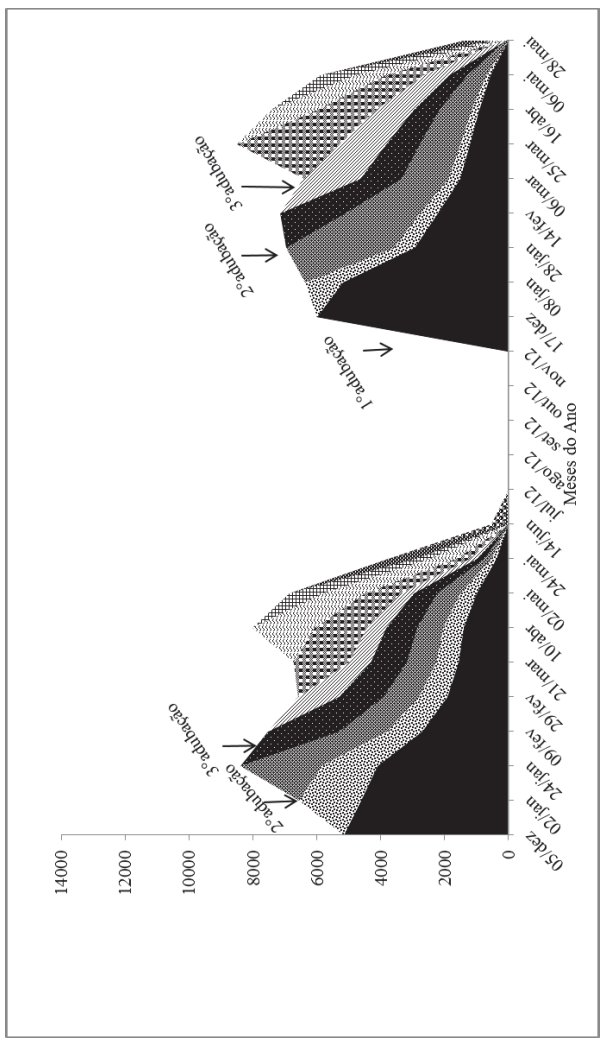
Fonte: O próprio autor

Figura 10 – Demografia do perfilhamento em capim-quecuiú sob lotação intermitente com 15 cm de altura de entrada e 50% de severidade de desfolha.



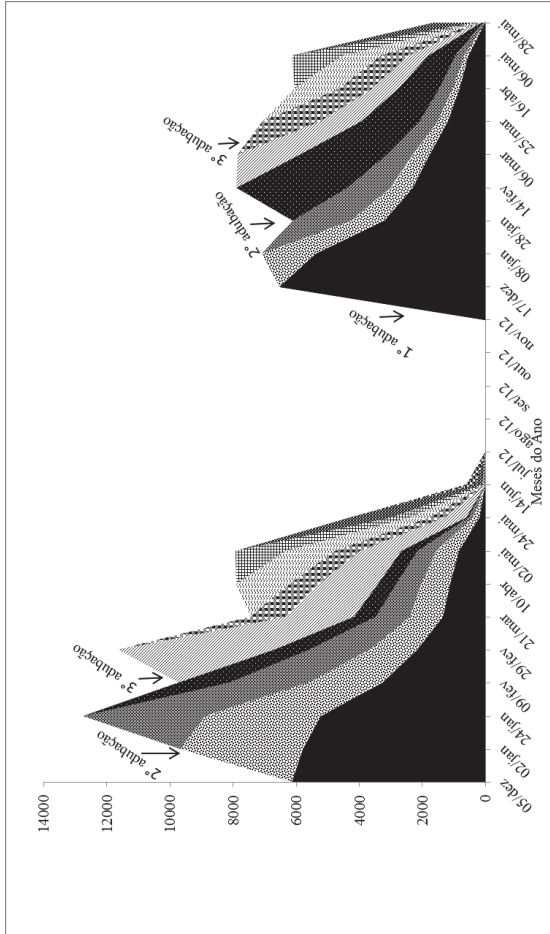
Fonte: O próprio autor.

Figura 11 – Demografia do perfilamento em capim-quecuiú sob lotação intermitente com 20 cm de altura de entrada e 50% de severidade de desfolha.



Fonte: o próprio autor.

Figura 12 – Demografia do perfilamento em capim-quecuiú sob lotação intermitente com 25 cm de altura de entrada e 50 % de severidade de desfolha.



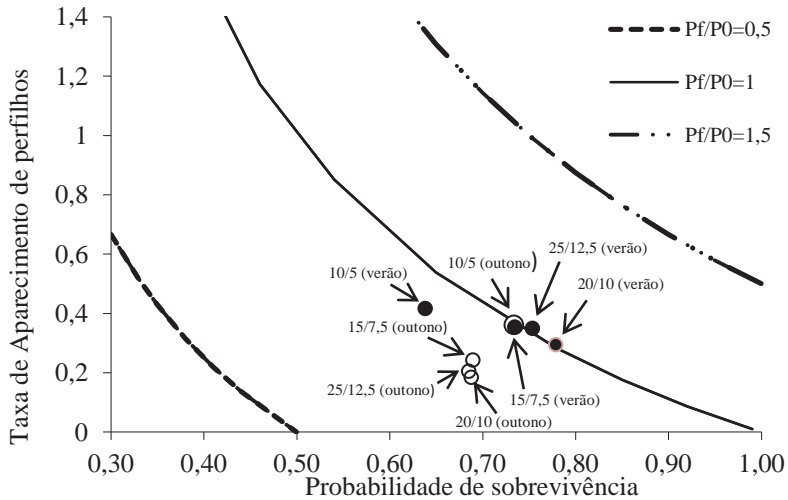
Fonte: O próprio autor.

Períodos de 21 dias de intervalo entre a contagem de perfilhos podem ser relativamente curtos para fazer inferências qualitativas sobre a taxa de sobrevivência de perfilhos, porém os dados de dinâmica do perfilhamento (Figuras 9 a 12) e de taxa de mortalidade de perfilhos (Tabela 5) indicam que os perfilhos dos pastos manejados com 10 cm de altura foram ligeiramente menos longevos nos meses de janeiro e março quando comparados aos outros tratamentos. Matthew et al. (1999) descreveram diferentes estratégias de sobrevivência de plantas em pastagens aonde, por exemplo, para *Phleum pratense*, ocorre um processo de perenização via reprodutiva onde os novos perfilhos surgem principalmente a partir da base de perfilhos florescidos. Já no caso de *Festuca pratensis* Huds. os perfilhos surgem na primavera, antes do florescimento dos perfilhos mais velhos, e tendem a se manter na pastagem até o próximo ano, e, por sua vez, *Paspalum notatum* apresenta aparecimento de novos perfilhos de forma regular ao longo de todo o ano, a maioria formados a partir de perfilhos não florescidos. No caso do capim-quicuiu não há evidências de estratégias de perenização baseada em florescimento. No entanto, fica claro que os pastos são capazes de manter a reposição contínua de perfilhos ao longo da estação de crescimento.

O conceito de índice de estabilidade foi utilizado pela primeira vez por Bahmani et al. (2003) em azevém perene a partir de trabalhos desenvolvidos por Leslie (1945) com álgebra matricial para estudar dinâmica de populações. Fundamentalmente, se o índice de estabilidade da população for menor do que 1 então a taxa de aparecimento de perfilhos é menor do que a taxa de sobrevivência para dado período de tempo, indicando instabilidade da população de perfilhos. Langer (1963) destacou que o perfilhamento é influenciado por aspectos como genética, água, luz, temperatura, nutrição mineral (principalmente o nitrogênio) e regimes de desfolhação ou corte. Relacionando o último item observado por Langer

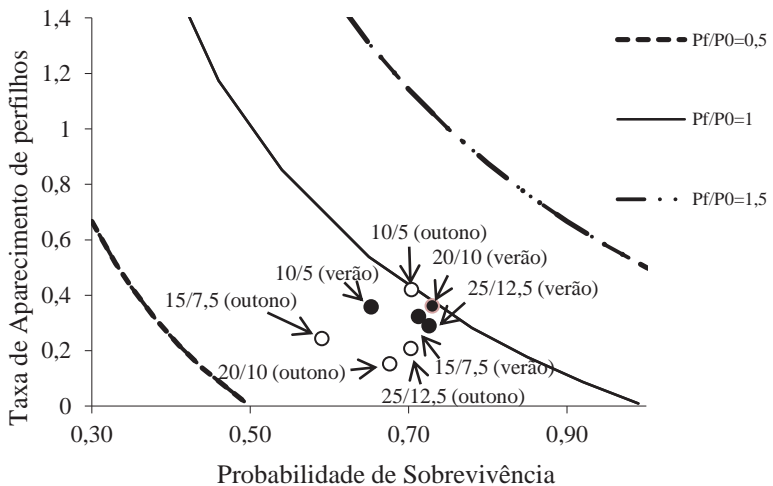
(1963) com os gráficos de índice de estabilidade (Figuras 13 e 14), observa-se que nos pastos com 10 cm de altura de entrada, onde foi imposto um regime de desfolhação mais intenso (mesmo que a proporção de rebaixamento tenha sido a mesma) do que nos outros tratamentos, os pastos apresentaram os menores índices de estabilidade na época que deveria ser de maior produção da planta, pois o regime de desfolhação imposto não permitiu a recuperação da planta a cada intervalo de rebrotaço.

Figura 13 – Diagrama sazonal de estabilidade em capim-quecua sob lotação intermitente e 50% da altura de desfolhação no ano de 2012.



Fonte: O próprio autor.

Figura 14 - Diagrama sazonal de estabilidade em capim-quicuiu sob lotação intermitente e 50% da altura de desfolhação no ano de 2013.



Fonte: O próprio autor.

Os tratamentos de 10 cm de altura de entrada apresentaram baixo índice de estabilidade durante o período de verão tanto no primeiro quanto no segundo ano de experimento (Figuras 13 e 14), recuperando-se durante o período de outono. Interessante observar que para os outros três tratamentos o comportamento foi exatamente inverso, ou seja, os pastos permaneceram estáveis durante o período de verão e perderam estabilidade durante o período de outono. Uma explicação para isso pode estar associada com o efeito combinado nas TSP e TAP entre os diferentes tratamentos (Tabelas 3 e 4). Pastos mantidos mais baixos (10 cm) apresentaram menores taxas de sobrevivência no verão e maiores taxas de aparecimento de perfilhos durante o outono. Esse fato pode ter ocorrido, muito provavelmente, pela maior incidência de luz na base desses pastos, o que, combinado com o aumento no intervalo entre pastejos (resultado da redução na taxa de crescimento), permitiu uma recuperação da estabilidade populacional dos

pastos de 10 cm durante a entrada do período de inverno. No entanto, cabe ressaltar que houve um aumento do primeiro para o segundo ano no percentual de plantas invasoras (6,5% para 9%, respectivamente) na massa de forragem em pré-pastejo no tratamento de 10 cm (PADILHA, 2013), sugerindo a diminuição da capacidade competitiva da planta nessas condições de um ano para outro.

Já para os tratamentos de 15, 20 e 25 cm de altura de entrada ocorreu o inverso. Ou seja, durante o período de maior produção (verão) (PADILHA, 2013), os pastos se mantiveram estáveis ocorrendo o contrário no período de outono. Uma das possíveis explicações pode estar associada às altas taxas de sobrevivência observadas nesses pastos durante o período de verão, o que aumentou a proporção de perfilhos velhos no outono. Como no outono a TAP foi baixa em virtude das condições ambientais, os pastos podem ter perdido estabilidade. Sbrissia et al. (2010) verificaram o mesmo padrão de resposta em pastos de *Brachiaria brizantha* submetidos a intensidades de pastejo em lotação contínua. Visto de maneira isolado o I.E no período de outono/inverno pode causar dúvida quanto a sua real importância, uma vez que este não é o período de produção efetiva da planta e utilização pelos animais. Porém, quando os dados são analisados no contexto geral da estação de crescimento observa-se a importância deles para outras implicações, como por exemplo, que o rebaixamento da altura além de 50% no período transição verão/outono pode aumentar a taxa de aparecimento e perfilhos e antecipar a utilização destes pastos na primavera seguinte.

Ainda que sob a severidade de pastejo, representada pela mesma proporção de desfolhação relativamente moderada, é necessário encontrar as alturas ideais de desfolhação para que a proporção de rebaixamento não atinja níveis críticos para a planta, ou seja, níveis nos quais a planta terá taxas de sobrevivência muito baixas e não conseguirá repor perfilhos para manter a persistência da espécie. Os resultados do

presente trabalho sugerem que a TSP de perfilhos durante o período de maior crescimento do pasto tem uma importância central na estabilidade populacional durante o período de outono/inverno, ou seja, quanto maior a TSP em períodos de maior crescimento, parece inevitável uma redução na estabilidade populacional no período outonal, uma vez que uma alta sobrevivência de perfilhos normalmente é assegurada em casos de pastejos mais lenientes.

4.6 CONCLUSÕES

Não há perda de estabilidade populacional para essa espécie no período de maior utilização do pasto entre alturas em pré-pastejo de 15 a 25 cm. Pastos de capim-quicuiu não devem ser manejados com 10 cm de altura de entrada, mesmo com níveis moderados de desfolhação.

Deve-se testar a hipótese se um rebaixamento na altura dos pastos no período de transição verão / outono aumentaria a estabilidade populacional durante o período outono/hibernal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAHMANI, I. et al. Tiller dynamics of perennial ryegrass cultivars derived from different New Zealand ecotypes: effects of cultivar, season, nitrogen fertiliser, and irrigation. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 54, n. 8, p. 803-817, 2003.

BARBOSA, R.A. et al. capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p. 329-340, 2007.

BARTHAM, G. T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: BIENNIAL REPORT, Penicuik. **Anais**. Penicuik: Hill Farming Research Organization HFRO, p. 29-30. 1985.

BUXTON, D.R.; FALES, S.L. Plant environment and quality. In: FAHEY JUNIOR, G.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Lincoln: University of Nebraska, 1994, p.155-199.

CAMINHA, F.O. et al. Estabilidade da população de perfilhos de capim-marandu sob lotação contínua e adubação nitrogenada **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.2, p.213-220, 2010.

CARNEVALLI, R. A. et al. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, v.40, p.165-176, 2006.

DALL'AGNOL, et al. Produção de forragem de capim-elefante sob clima frio. Curva de crescimento e valor nutritivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1110-1117, 2004.

DELAGARDE R, et al. Caractéristiques de la prairie avant et après un pâturage; quels indicateurs de l'ingestion- chez la vache laitière? **Rencontres Recherches Ruminants**, v.8, p.209-212, 2001.

DIFANTE, G.S. Dinamica do perfilhamento do capim-marandu cultivado em duas alturas e três intervalos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, n.2, p. 189-196, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro. Embrapa Solos, 2006, 312 p.

FONSECA, L. et al. Management targets for maximising the short-term herbage intake rate of cattle grazing in Sorghum bicolor. **Livestock Science**., v. 145, p. 205–211, 2012.

GIACOMINI, A.A. et al. Growth of marandu palisadegrass subjected to strategies of intermittent stocking. **Scientia Agricola**, v.66, p. 733-741, 2009.

HERNÁNDEZ-GARAY, A. ; MATTHEW, C. ; HODGSON J. Tiller size/ density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. **Grass Forage Science**. v.54, p. 347-356, 1999.

KORTE, C. J. ; WATKIN, B. R. ; HARRIS, W. Use of residual leaf area index and light interception as criteria for springgrazing management of a ryegrass-dominant pasture. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.25, p. 309-319, 1982.

LANGER, R. H. M. Tillering in herbage grass. A review. **Herbage Abstracts**, v.33, p.141-148, 1963.

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

LESLIE, P. H. The use of matrices in certain population mathematics. **Biometrika** v. 33, p. 183-212. 1945.

MARAIS, J.P. Factors affecting the nutritive value of kikuyu grass. **Tropical Grasslands**. v. 35, p. 68-84, 2001.

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

MATTHEW, C. et al. Tiller dynamics of grazed swards. In: I Simpósio internacional grassland ecophysiology and grazing ecology, Curitiba, 1999. **Anais...** Curitiba:UFPR, p.109-133, 1999.

PADILHA, D. A. **Acúmulo de forragem e composição química em pastos de capim-quicuiu submetidos a estratégias de lotação intermitente**. Lages, 2013, 62p. (Mestrado em Veterinária- Ciencia Animal e Pastagens) Universidade do Estado de Santa Catarina.

RIBEIRO FILHO H. M. N. et al. Suplementação energética para vacas leiteiras pastejando azevém com alta oferta de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p. 2152-2158, 2007.

SBRISSIA, A. F. et al. Tillering dynamics in palisadegrass swards continuously stocked by cattle. **Plant Ecology**, v. 206, n. 2, p. 349-359, 2010.

TRINDADE, J. K. et al. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p. 883-890, 2007.

YODA, K.; 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.

5 ARTIGO II

5.1 COMPENSAÇÃO TAMANHO / DENSIDADE POPULACIONAL DE PERFILHOS EM PASTOS DE CAPIM- QUICUIU SOB LOTAÇÃO INTERMITENTE

5.2 INTRODUÇÃO

A relação inversa entre densidade populacional e tamanho individual de perfilhos em comunidades de plantas forrageiras tem sido descrita para muitas pastagens de gramíneas (GRANT et al., 1983; LAMBERT et al., 1986; DAVIES, 1988). Langer (1963) fez várias menções sobre o assunto, mas foi Yoda et al. (1963) que mostraram que a relação entre tamanho e número de plantas (em escala logarítmica) segue um auto-desbaste com reta de inclinação de $-3/2$ para várias espécies de plantas. Em estudos mais contemporâneos, Sackville Hamilton et al. (1995) e Matthew et al. (1995) reexaminaram a teoria e propuseram que a linha $-3/2$ define um potencial ambiental de produtividade representando a área foliar que pode ser alcançada em cada ambiente (IAF teto). Nesse sentido, a reta pode ter inclinação de $-3/2$ ou diferente de $-3/2$ a medida que a área foliar ou a relação área foliar:volume do perfilho (R) muda simultaneamente com o ajuste de tamanho/densidade populacional do dossel. Sackville Hamilton et al. (1995) mostraram que a reta $-3/2$ de auto-desbaste é uma expectativa teórica aonde o IAF e a forma do perfilho (R) se mantêm constantes. Porém se esses componentes variarem com as condições do dossel (massa, altura etc.) então a inclinação da curva de compensação/tamanho densidade seguiria inclinações diferentes de $-3/2$ (normalmente próxima a $-5/2$).

Matthew et al. (1995) também afirmaram que a teoria poderia ser aplicada para relacionar qualquer coordenada (em

escala logarítmica) entre DPP e massa por perfilho e a distância de uma reta de inclinação $-3/2$ e propuseram a elaboração de um índice de produtividade do pasto. Assim, os dados de compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em um dado momento poderiam ser comparados com uma linha de compensação de inclinação $-3/2$ (representando o IAF potencial ambiental) ou comparada com as coordenadas de outras culturas.

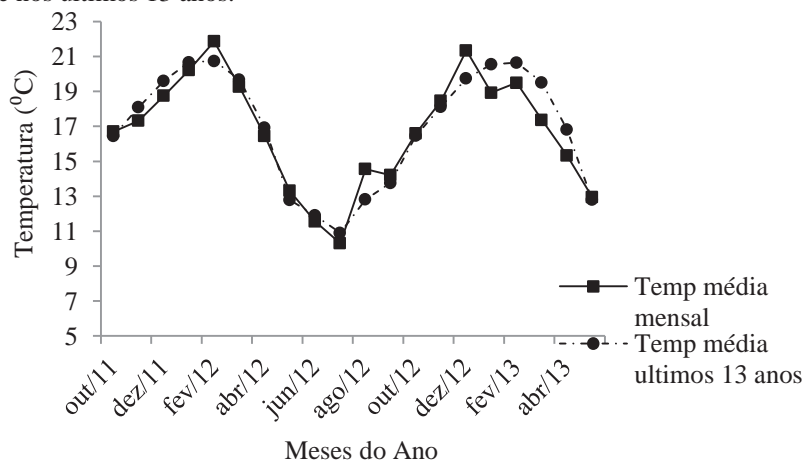
No caso específico de pastagens a teoria é bem aceita e normalmente relações bem estabelecidas são encontradas para pastos sob lotação contínua (HERNANDEZ-GARAY et al., 1999; SBRISSIA et al., 2001; SBRISSIA et al., 2003; SBRISSIA & DA SILVA, 2008). No caso de lotação intermitente tem-se assumido que a relação entre tamanho e número de perfilhos segue um diagrama multifásico (para mais detalhes ver MATTHEW et al., 1995), com padrões de respostas diferentes ao longo do processo de rebrotação. No entanto, parece razoável hipotetizar que em casos de lotação intermitente o padrão de resposta poderia ser o mesmo daquele observado em lotação contínua desde que a relação fosse estabelecida a partir de alturas em pré-pastejo (IAFs diferentes) porém, com níveis moderados de severidade de desfolhação. Uma vez que se metas de altura de entrada estiverem associadas com níveis altos de severidade de desfolhação pode ser não exista tempo para que ocorra morte dependente de densidade. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar o mecanismo de compensação tamanho/densidade de perfilhos em pastos de capim-quicuiu sob lotação intermitente (com diferentes alturas de entrada e mesma proporção de desfolhação) e tentar identificar se o padrão de resposta funcional poderia ser o mesmo já observado para pastos sob lotação contínua.

5.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Bovinocultura Leiteira do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, em Lages, em duas estações de crescimento do pasto, correspondentes aos períodos de verão/outono 2011/2012 e 2012/2013. No primeiro ano, o experimento foi iniciado em 05/12/11 e terminou em 14/06/12 e no segundo ano iniciou em 17/12/12 e encerrado em 28/05/13. As coordenadas geográficas aproximadas do local do experimento são 27°47' de latitude sul, 50°18' de longitude oeste e altitude de aproximada 910 metros.

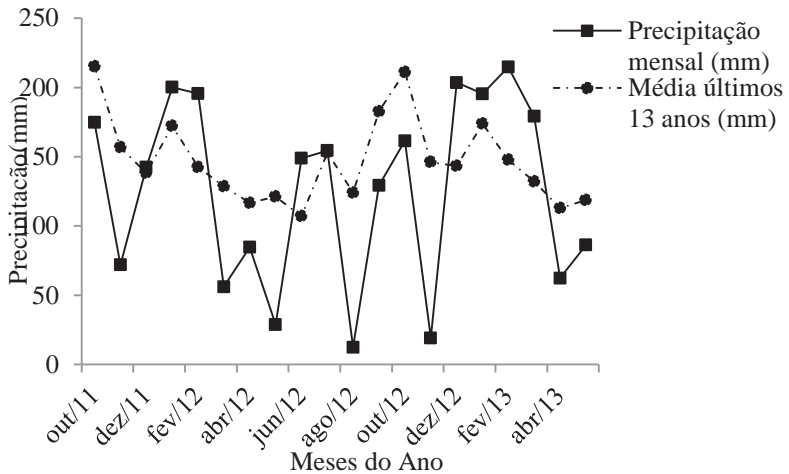
De acordo com a classificação de Koppen, o clima da região é do tipo Cfb – subtropical mesotérmico úmido com verões amenos, ocorrência de geadas frequentes e temperatura média anual entre 17 e 18 °C (DALL'AGNOL et al., 2004). As Figuras 15 e 16 mostram a temperatura média mensal e a precipitação média mensal durante o período experimental, respectivamente.

Figura 15 - Temperatura média mensal (°C) durante o período experimental e nos últimos 13 anos.



Fonte: O próprio autor.

Figura 16 – Precipitação média mensal (mm) durante o período experimental e nos últimos 13 anos.



Fonte: O próprio autor.

A pastagem utilizada para as avaliações foi o capim-quicuiu (*Penisetum clandestinum* Hochst.). O pasto foi estabelecido na área com o plantio de mudas há cerca de 10 anos e, desde então, vinha sendo utilizado para alimentação do rebanho leiteiro do Setor. O relevo da área é considerado suave a moderadamente ondulado e o solo classificado como Cambissolo húmico alumínico léptico (EMBRAPA, 2006). As características químicas do solo na camada de 0 a 20 cm antes do início do experimento estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6- Análise de solo da área experimental antes do início do experimento (camada de 0 a 20 cm).

	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	CTC	H+Al	V
	H ₂ O	%	mg/dm ³				cmolc/dm ³			%
B I	6,0	3,6	36,0	330	8,21	1,66	0	10,71	2,20	32,99
B II	5,7	3,5	30,0	148	7,09	3,24	0	10,71	4,40	10,87
B III	5,9	4,3	43,6	121	7,26	3,66	0	11,23	3,50	16,24

*Análise fornecida pelo Laboratório de Análise de Solos (LAS) – UDESC/CAV, Lages, Santa Catarina.

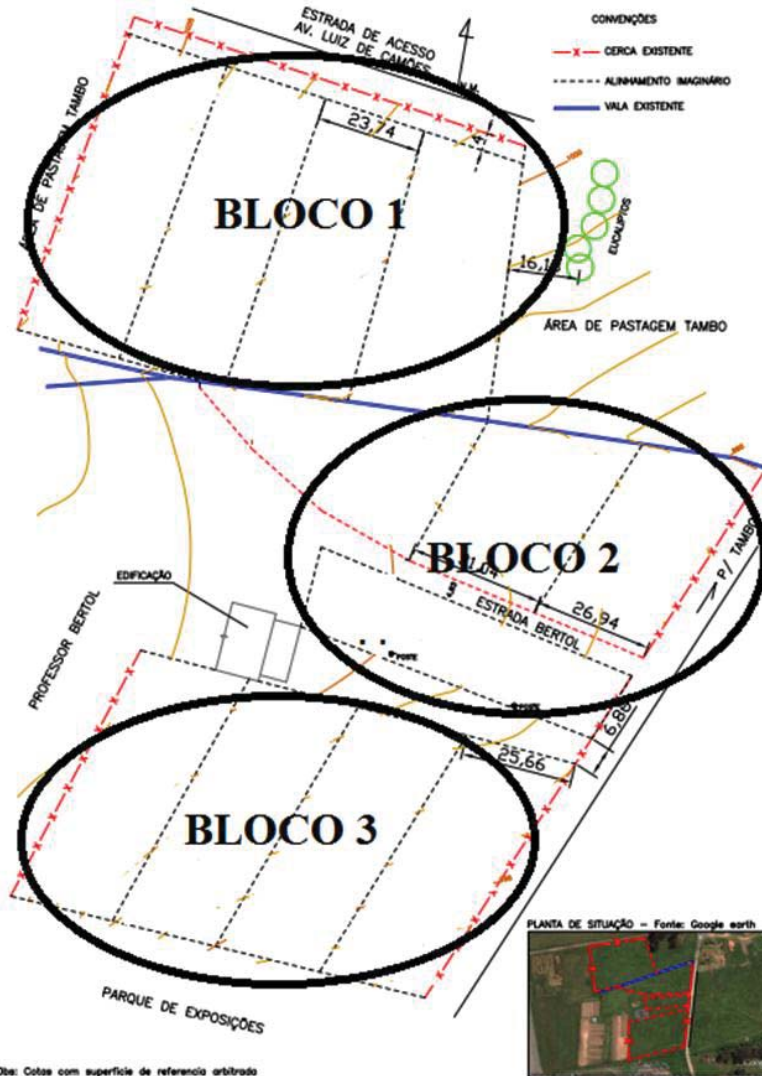
Fonte: O próprio autor.

De acordo com os dados recebidos do laboratório de análise de solo não foi realizado nenhum tipo de correção química. As adubações nitrogenadas seguiram o Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina sendo que foram realizadas 3 aplicações totalizando 140kg/ha⁻¹ de N. A primeira aplicação foi realizada no dia 09/11/2011 na forma de uréia (40 kg/ha⁻¹ de N). A segunda e a terceira realizadas nos dias 06/01/2012 e 09/02/12 respectivamente na forma de nitrato de amônio (50 kg/ha⁻¹ de N). No segundo ano de experimento a primeira adubação foi realizada no dia 12/12/2012 na forma de uréia (40 kg/ha⁻¹ de N). A segunda e a terceira nos dias 13/02/2013 e 08/03/2013 respectivamente na forma de nitrato de amônio (50 kg/ha⁻¹ de N).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados com 3 repetições e 4 tratamentos. A razão para o bloqueamento foi a topografia do terreno (Figura 17). Os tratamentos foram definidos por metas de alturas em pré-pastejo (momento antes da entrada dos animais) de 10, 15, 20 e 25 cm. Antes do início do experimento foram realizadas medidas de interceptação luminosa utilizando-se um ceptometro ACCUPAR modelo LP 80 (Decagon Devices). Como o objetivo do trabalho foi testar possível flexibilidade de manejo, a altura máxima escolhida (25 cm) foi aquela em que

os pastos interceptavam aproximadamente 95% da radiação incidente, evitando, assim, acúmulo exagerado de colmos e de material morto (CARNEVALLI et al., 2006, BARBOSA et al., 2007). A severidade de pastejo foi definida pela desfolhação em 50% da altura de entrada, ou seja, 5, 7,5, 10 e 12,5 cm, respectivamente. A opção por este nível de severidade foi em função de trabalhos recentes mostrarem que a partir da remoção de 50% da altura de entrada ocorre redução na velocidade instantânea de ingestão de forragem pelos animais (RIBEIRO FILHO et al., 2007; TRINDADE et al., 2007; FONSECA et al., 2012) além de permitir área foliar residual em quantidade e qualidade para a rebrotação.

Figura 17 – Distribuição das unidades experimentais nos blocos.



Dbs: Cotas com superfície de referência arbitrado

Fonte: O próprio autor.

O método de pastejo utilizado foi o de lotação intermitente, com taxa de lotação variável. As avaliações de altura do dossel forrageiro foram realizadas duas vezes por

semana com o auxílio de bastão graduado em cm (“sward stick”) (BARTHAM, 1985). Foram tomadas 60 leituras por unidade experimental ao longo de uma trajetória em zigue-zague (detalhe Figura 18). À medida que as alturas propostas eram alcançadas, os animais eram alocados às unidades experimentais e os ciclos de pastejo realizados.

Figura 18 – Detalhe da medida de altura com bastão graduado em cm (*sward stick*).



Fonte: O próprio autor.

Durante o primeiro ciclo de pastejo do segundo ano (dezembro de 2012) experimental houve um rápido e inesperado crescimento dos pastos devido às condições edafoclimáticas favoráveis (Figura 15 – temperatura em

dezembro em torno de 2 °C acima da média histórica) e adubação. Em virtude da limitada quantidade de animais disponíveis para a execução do experimento, quando as alturas de resíduo se aproximaram das metas, os animais eram realocados em outras unidades experimentais e as áreas foram rebaixadas com roçadeira costal até a altura de resíduo de cada tratamento.

Para determinação da densidade populacional de perfilhos (DPP) foram contabilizados todos os perfilhos contidos em um anel de PVC de 15 cm de diâmetro (detalhe Figura 19). Foram realizadas 3 amostragens em locais correspondentes às metas de alturas em cada unidade experimental antes da entrada e após a saída dos animais dos piquetes. A DPP foi estimada em perfilhos/m², a partir da média dos perfilhos contabilizados em cada anel e dividindo o valor pela área do anel (0,01767 m²).

Figura 19 – Detalhe da contagem de perfilhos nos anéis de PVC.



Fonte: O próprio autor.

Para avaliações relativas aos perfilhos individuais foram coletados 100 perfilhos por unidade experimental em pré e em pós pastejo. A partir dessa coleta os perfilhos foram separados em folha (lâmina foliar), colmo (bainha + colmo verdadeiro) e material morto. O colmo e material morto foram secos em estufa de circulação forçada de ar a 65⁰C por 48 horas ou até atingir peso constante. As folhas tiveram suas áreas foliares medidas em aparelho integrador de área foliar modelo LI – 3000A, marca LICOR, para obtenção da área foliar de 100 perfilhos (detalhe Figura 20). Esse valor foi dividido por 100 para obtenção da área foliar média por perfilho (AF). Em seguida, as folhas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65⁰C e pesadas. O peso seco de folha, colmo e material morto foi somado e dividido por 100 para obtenção da massa média por perfilho. O índice de área foliar foi obtido a partir da fórmula :

$$IAF = DPP \times (AF) / 10000, \text{ onde:}$$

IAF = índice de área foliar

DPP = densidade populacional de perfilhos/m²

AF= área foliar por perfilho em cm²

Figura 20- Integrador de área foliar modelo LI- 3000.



Fonte: O próprio autor.

Figura 21- Detalhe da coleta de 100 perfilhos.



Fonte: O próprio autor.

A área foliar específica foi obtida por meio da razão entre área foliar (cm^2) e massa de folhas (g) tanto em pré quanto em pós-pastejo. A razão área foliar:volume (R) foi calculada assumindo densidade aparente constante de $160 \text{ kg MS. m}^{-3}$ para estimativa do volume médio por perfilho:

$$R = AF^{(3/2)} / V$$

A análise estatística foi realizada com o procedimento MIXED do pacote estatístico SAS (SAS, Versão 9.2). Como o número de ciclos foi variável, em função do tratamento, este entrou no modelo como medidas repetidas no tempo. A escolha da matriz de covariância foi realizada por meio do Critério de Informação de Akaike (AIC). As médias foram comparadas por meio do Teste de *Student*, e probabilidade de 5%.

No caso das regressões lineares simples utilizadas nos gráficos da compensação tamanho/densidade de perfilhos (Figura 24), utilizou-se o programa PAST[®] que calcula os coeficientes angulares das regressões pelo método do “eixo maior reduzido” (do inglês Reduced Major Axis, ou RMA) que é particularmente preferido quando existe a possibilidade de erro amostral nos dois eixos (SACKVILLE-HAMILTON et al., 1995).

5.4 RESULTADOS

Houve efeito de tratamento para área foliar por perfilho (AF) tanto em pré quanto em pós-pastejo ($P < 0,05$). No primeiro ano os tratamentos com maior altura de entrada (20 e 25 cm) apresentaram os maiores valores de AF em pré pastejo e não diferiram entre si. Em relação ao segundo ano, o tratamento de 25 cm de altura de entrada também apresentou a maior AF em relação aos demais tratamentos. Para a AF em pós-pastejo, tanto o tratamento de 25 como o de 20 cm de

altura de entrada apresentaram os maiores valores e não diferiram entre si (Tabela 07).

No primeiro ano, a razão área foliar/ volume por perfilho (R) foi semelhante entre as alturas de 20 e 25 cm de altura ($P < 0,05$). Em pós-pastejo os tratamentos de 15, 20 e 25 cm de altura de entrada apresentaram os maiores valores de R, sendo que os tratamentos 20 e 25 cm de altura de entrada também não diferiram do tratamento com 10 cm. No segundo ano os maiores valores de R em pré e pós-pastejo foram observados nos tratamentos de 20 e 25 cm de altura de entrada (Tabela 07).

Tabela 7 Área foliar (cm^2) por perfilho e relação área foliar/volume por perfilho (R) em pastos de capim-quicuiu sob lotação intermitente.

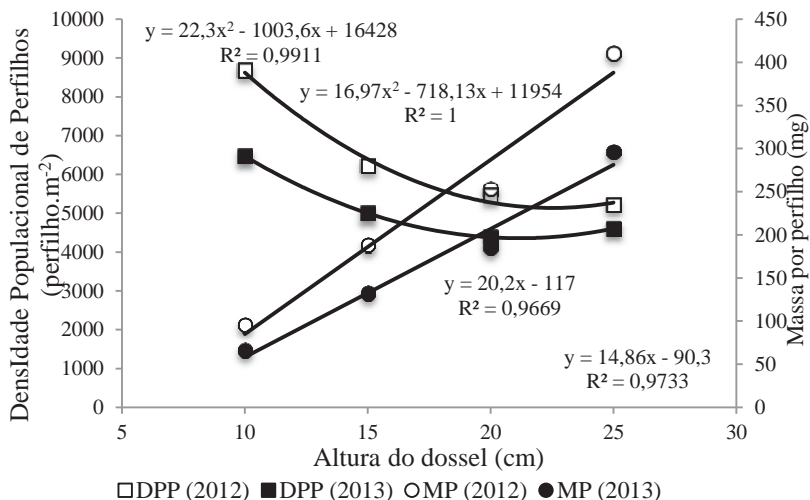
2012					
Variáveis	10	15	20	25	EPM
AF. pré (cm^2)	10,2 ^C	17,7 ^B	25,4 ^A	30,3 ^A	2,1
AF pós (cm^2)	3,7 ^C	6,3 ^B	6,6 ^B	10,2 ^A	0,7
R (pré)	56 ^B	64 ^B	81 ^A	64 ^{AB}	6,7
R (pós)	18 ^B	25 ^A	18 ^{AB}	20 ^{AB}	2,8
2013					
Variáveis	10	15	20	25	EPM
AF. pré (cm^2)	8,8 ^D	16,8 ^C	24,3 ^B	36,8 ^A	1,4
AF pós (cm^2)	1,8 ^C	3,4 ^B	6,2 ^A	7,4 ^A	0,4
R (pré)	62 ^C	83 ^B	105 ^A	123 ^A	6,1
R (pós)	11 ^C	16 ^{BC}	21 ^{AB}	22 ^A	1,8

Fonte: O próprio autor.

O mecanismo compensatório entre massa e densidade populacional de perfilhos foi observado tanto no primeiro quanto no segundo ano experimental. Os maiores valores de DPP estiveram associados com pastos manejados mais baixos e vice-versa (Figura 22). Tanto as DPP's quanto as massas

médias por perfilho foram maiores no primeiro ano, relativamente ao segundo ano experimental.

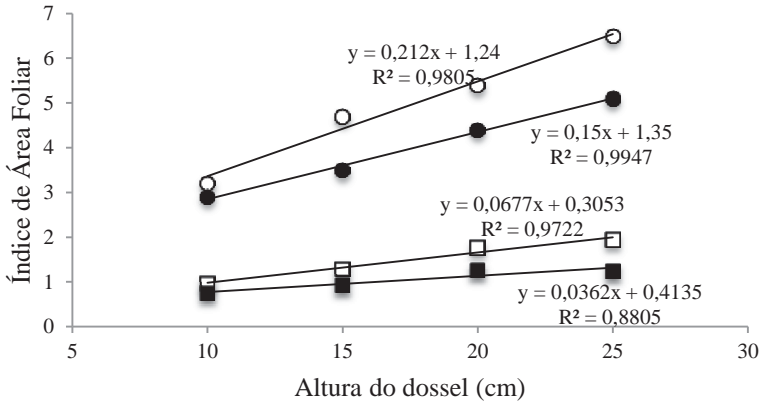
Figura 22 – Relação entre densidade populacional por perfilhos (perfilhos m^{-2}) e massa por perfilho (mg) e altura do dossel (cm) nos anos de 2012 e 2013.



Fonte: O próprio autor.

Os valores para o IAF, tanto em pré quanto em pós-pastejo foram maiores nos pastos manejados mais altos e, da mesma forma como ocorreu para os valores de DPP e massa média por perfilho (Figura 22), os maiores valores para IAF foram observados em 2012, relativamente a 2013 (Figura 23).

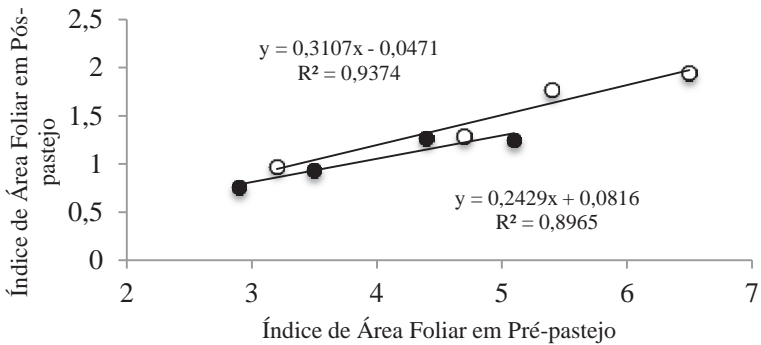
Figura 23 – Relação entre índice de área foliar em pré e pós-pastejo e altura do dossel (cm) em 2012 e 2013.



○ IAF pre (2012) ● IAF pre (2013) □ IAF pos (2012) ■ IAF pos (2013)

Fonte: O próprio autor.

Figura 24 – Relação funcional entre os valores de IAF pré e pós-pastejo em 2012 e 2013.



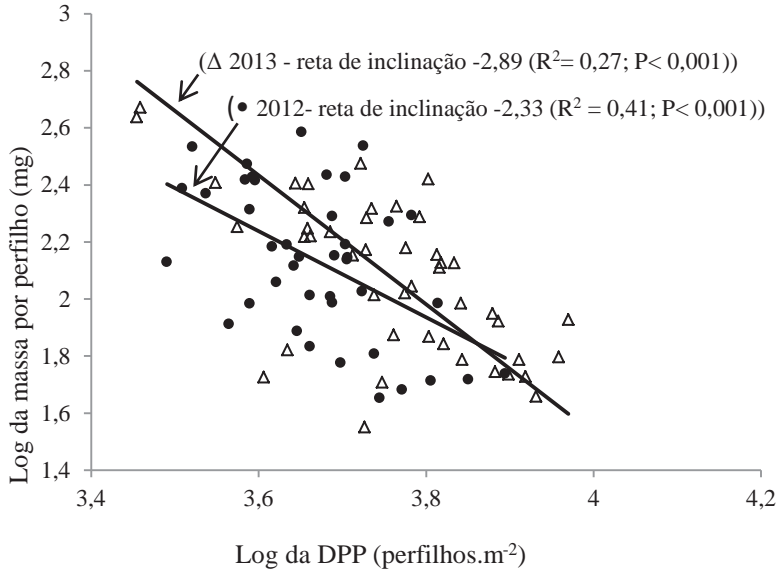
○ 2012 ● 2013

Fonte: O próprio autor.

5.5 DISCUSSÃO

O mecanismo compensatório entre massa e densidade populacional de perfilhos foi observado tanto no primeiro quanto no segundo ano experimental, com maiores valores de DPP estiveram registrados nos pastos manejados mais baixos e vice-versa (Figura 22). Esse padrão de resposta tem sido amplamente descrito para pastos sob lotação contínua (SBRISSIA et al., 2001; SBRISSIA et al., 2003; SBRISSIA & DA SILVA, 2008; SANTOS, et al., 2011), porém, em casos de lotação intermitente, os estudos são escassos. Em uma das poucas referências sobre o assunto, Calsina et al. (2012) trabalharam com *Chloris gayana* em simulação de lotação intermitente com o objetivo de avaliar a plasticidade fenotípica por meio do mecanismo de compensação tamanho/densidade de perfilhos e também encontraram uma relação inversa entre tamanho e número de perfilhos. O presente experimento não teve por objetivo monitorar a evolução da DPP ao longo do processo de rebrotação, mas sim determinar a relação funcional entre esta e a massa por perfilho correspondente em cada tratamento (em escala logarítmica) em pré-pastejo. Os valores da inclinação das retas relacionando a DPP com a massa por perfilho (em escala logarítmica) foram de -2,33 e -2,89 para o primeiro e segundo ano de experimento, respectivamente (Figura 25).

Figura 25 – Relação entre densidade populacional de perfilhos e massa por perfilho em pré-pastejo (em escala logarítmica) em pastos de capim-quicuiu sob lotação intermitente.



Fonte: O próprio autor.

As inclinações das retas apresentadas são semelhantes àquela apresentada no trabalho de Hernandez Garay et al. (1999) que trabalharam com azevém perene em diferentes alturas de corte simulando lotação contínua (-5/2). Estão de acordo com as predições teóricas de Matthew et al. (1995) e corroboram diversos outros trabalhos que estudaram o assunto em pastos sob lotação contínua (SBRISSIA et al., 2001; SBRISSIA et al., 2003; SBRISSIA & 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 em forma de perfilho (razão área foliar /volume por perfilho). De fato, no presente experimento houve um aumento linear no IAF nos dois anos experimentais (Figura 23) e os valores de R apresentaram comportamento levemente diferente nos dois

anos, apresentando, contudo, uma tendência de aumentar conforme aumentou a altura do pasto (Tabela 7).

A similaridade na inclinação das retas obtidas no presente experimento com aquela já verificada em pastos sob lotação contínua, indica mais semelhanças que diferenças entre os métodos, sugerindo que os processos de crescimento e desenvolvimento (variações em DPP e massa por perfilho) podem ser similares quando níveis de desfolhação semelhantes são utilizados em ambos os métodos (considerando que um único evento de desfolhação pode remover em torno de 50% da altura do pasto (LACA et al., 1992)). Discussão semelhante (porém partindo de um princípio diferente) já havia sido abordada extensivamente por Parsons et al. (1988). No entanto, alguns cuidados devem ser observados na interpretação dos resultados, uma vez que os pastos de 10 cm (rebaixados para 5 cm) apresentaram um grande arranquio de perfilhos durante o pastejo, o que, provavelmente, provocou aumento em DPP após o pastejo que se seguiu até o próximo evento de desfolhação. Ou seja, pode ser sugestivo que existe interação entre altura pré-pastejo x severidade de desfolhação onde a relação DPP x massa por perfilho siga trajetórias crescentes de aumentos em DPP concomitante a um aumento em massa por perfilho (inclinação de reta não definida) em pastos manejados em baixas alturas pré-pastejo e/ou sob severidades mais altas de pastejo.

A redução em número de perfilhos na área no segundo ano experimental pode ter sido ocasionada pela redução em 2 graus na temperatura média durante o período de verão no segundo ano do experimento (Figura 15 e Tabela 7). Como praticamente não houve variação na área foliar média por perfilho (Tabela 7), a redução nos valores de DPP também foi responsável direta pela redução nos valores de IAF em 2013 quando comparados com 2012 (Figura 23). No entanto, a relação funcional entre os valores de IAF pré e pós-pastejo indica que uma proporção relativamente constante da área

foliar foi removida após a desfolhação, independente da altura de entrada (Figura 24). Os valores, que oscilaram entre 25 a 31% do IAF em pré-pastejo, indicam que, apesar de parecer uma desfolha leniente, a remoção de 50% da altura do dossel garante a remoção de uma proporção relativamente grande de folhas. A qual representou 2/3 e 3/4 da área foliar removida em 2012 e 2013 respectivamente.

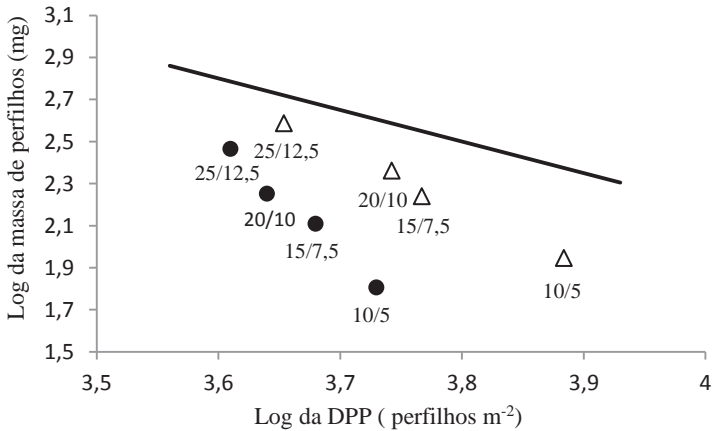
Interessante também observar algumas possíveis implicações ecológicas das variações entre anos para a área foliar específica (AFE) e os valores de R. A variação em R significa que conforme o pasto aumentou em altura perfilhos individuais mudaram sua forma, ocorrendo um aumento maior para o componente folha. Hernandez-Garay et al. (1999) observaram valores de R próximos de 50 para azevém perene, cujos valores aumentaram à medida que a altura de desfolhação era aumentada, indicando que em azevém ocorrem modificações na forma do perfilho que correspondem a um aumento maior de área foliar em relação ao comprimento do colmo à medida que as plantas aumentam em tamanho, da mesma forma como encontrado para capim-quicuiu, só que nesse caso com valores máximos de R mais elevados (Tabela 7).

Segundo Matthew et al. (2000), variações inter-específicas em R poderiam ter algumas implicações ecológicas. Segundo esses autores, plantas com valores mais altos de R podem ter uma maior habilidade competitiva por meio de tolerância ao pastejo enquanto que plantas com valores menores de R poderiam ser mais resistentes a estresses, pois uma menor razão área foliar:volume seria uma forma da planta reduzir a perda de água, por exemplo. A AFE, assim como os valores de R, aumentaram em 2013, sugerindo que uma possível estratégia de resistência do capim-quicuiu seja investir menos recursos em estruturas de sustentação (colmos) e em colonização de área (aumentos em DPP) e expandir área foliar. Tal estratégia é diferente, por exemplo, de plantas como

aquelas do gênero *Cynodon* que apresentam um R baixo e investem mais em formação de colmo (SBRISSIA et al., 2001; SBRISSIA et al., 2003). Uma possível implicação disso seria uma melhora na captação de recursos (luz) o que aumentaria a resistência ao pastejo por meio de mecanismos de tolerância (BRISKE, 1996). No entanto, caso o pastejo seja severo, a baixa ocupação de espaços poderia reduzir sua habilidade competitiva, principalmente em ambientes multiespecíficos e em casos de estresses abióticos. Isso sugere, também, associado com os dados de DPP e IAF, que o capim-quicuiu é uma planta capaz de competir bem em habitats sem limitações de recursos.

Matthew et al. (1995) sugeriram que a distância de qualquer ponto, relacionando massa e densidade populacional de perfilhos, para a linha teórica de inclinação $-3/2$ poderia ter valor como um índice de produtividade do pasto. Como mostrado por Sackville Hamilton et al. (1995), a reta $-3/2$ define uma situação onde o IAF é constante. Dessa maneira, quanto menor a distância entre os pontos observados e a reta $-3/2$, maior o IAF e, conseqüentemente, maior sua capacidade de acúmulo de matéria seca. Essa hipótese foi confirmada para plantas de clima temperado por meio de experimentos em micro-relvados (HERNANDEZ GARAY et al., 1999) e em situações de campo em pastos sob lotação contínua (SBRISSIA et al., 2008). As correlações entre as distâncias (Figura 26) foram significativas tanto com os valores de IAF ($r=0,99$; $P=0,002$ para 2012 e $r=0,98$; $P=0,008$ para 2013) quanto para os dados de acúmulo de forragem efetivamente medidos (Padilha, 2013; $r=0,94$; $P=0,003$ para 2012 e $r=0,88$; $P=0,003$ para 2013), indicando que a distância entre os pontos obtidos (resultado da combinação de massa e densidade populacional de perfilhos) e a reta $-3/2$ pode prever com segurança a capacidade produtiva de pastos submetidos a lotação intermitente (Figura 26).

Figura 26 – Coordenadas x/y entre DPP (log) e massa por perfilho (log) comparados com a reta de inclinação $-3/2$ em pastos de capim-quicuiu sob lotação intermitente.



(● 2013; $R^2 = 0,98$) (△ 2012; $R^2 = 0,99$).

Fonte: O próprio autor.

Além disso, as distâncias das coordenadas x/y para uma reta arbitrária de inclinação $-3/2$ foram sempre maiores em 2013 quando comparadas com 2012 (Figura 25). De fato, as taxas de acúmulo de forragem foram maiores em 2012 (PADILHA, 2013), indicando que o uso de coordenadas x/y entre DPP e massa por perfilhos pode servir para comparar (ou até mesmo prever) a produção de forragem de pastos em um mesmo ambiente em diferentes épocas ou anos.

Os dados apresentados sugerem que o processo de compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos opera de forma semelhante em pastos sob lotação contínua e intermitente desde que estes últimos estejam associados com proporções de desfolhação relativamente lenientes (50%). No entanto, o presente trabalho levanta uma outra hipótese que é a possibilidade da existência de uma severidade única de pastejo (independente da altura de entrada) a partir da qual o

mecanismo de compensação tamanho / densidade populacional de perfilhos seguiria trajetórias de inclinação próximas a $-5/2$. A implicação disso é que seria possível identificar o momento de interromper a desfolhação antes do pasto alcançar a fase 1 do diagrama proposto por Matthew et al. (1995), reduzindo assim o tempo necessário para o próximo pastejo.

5.6 CONCLUSÕES

Pastos sob lotação intermitente apresentam mecanismo de compensação tamanho / densidade populacional de perfilhos semelhante àquele observado em lotação contínua desde que as alturas em pré-pastejo estejam associadas com níveis de desfolhação relativamente moderados (50%).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ambas hipóteses propostas para o presente trabalho foram aceitas e mostram que é possível manter pastos estáveis dentro de uma faixa relativamente ampla de manejo sob lotação intermitente desde que associadas com níveis de desfolhação relativamente moderados (50%). No caso do capim-quicuiu, a estabilidade é conseguida mantendo pastos entre 15 e 25 de cm de altura em pré-pastejo. Cabe ressaltar que como não foram testados níveis variados de severidade de desfolhação, não é possível inferir se esta mesma flexibilidade seria conseguida com rebaixamentos da altura além de 50% da altura em pré-pastejo.

Em relação ao mecanismo de compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos, os resultados também validam a hipótese proposta ao mostrar que pastos sob lotação intermitente podem, em circunstâncias específicas, apresentar padrões de resposta semelhantes àqueles manejados sob lotação contínua.

Em seu trabalho Matthew et al. (1995) no último parágrafo da página 581 escreve, textualmente:

“It is emphasised that the relationship described in eqns (2) and (4) is developed for the special case where swards have moved towards an equilibrium **as in continuous stocking. Tiller size/density combinations in intermittently defoliated swards or immediately after severe defoliation would not necessarily conform to the above**”

Ao apresentar que a teoria pode ser expandida para cenários em que pastos estão submetidos a desfolhações relativamente moderadas sob lotação intermitente, o presente trabalho agrega ao mostrar similaridades entre os métodos no processo de compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, R.A. et al. capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p. 329-340, 2007.

BARTHAM, G. T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: BIENNIAL REPORT, Penicuik. **Anais**. Penicuik: Hill Farming Research Organization HFRO, p. 29-30. 1985.

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.

CALSINA, L. M. et al. Size/density compensation in *Chloris gayana* Kunth cv. Fine Cut subjected to different defoliation. **Grass and Forage Science**. v.67, p. 255-262, 2012.

CARNEVALLI, R. A. et al. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, v.40, p.165-176, 2006

DALL'AGNOL, M. et al. Produção de forragem de capim-elefante sob clima frio. Curva de crescimento e valor nutritivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1110-1117, 2004.

DAVIES, A. The regrowth of grass swards. In: JONES M. B. and LAZENBY A. (Eds) **The Grass Crop: The Physiological Basis of Production**. London. p. 85-127, 1988.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro. Embrapa Solos, 2006. 312p.

FONSECA, L. et al. Management targets for maximising the short-term herbage intake rate of cattle grazing in Sorghum bicolor. **Livestock Science**. v. 145, p. 205–211, 2012.

GRANT, S.A. et al. Sward management, lamina turnover and tiller population density in continuously stocked *Lolium perene* dominated swards. **Grass and Forage Science** v.38, p. 333-344, 1983.

HERNÁNDEZ-GARAY, A., C. MATTHEW, AND J. HODGSON. Tiller size/ density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. **Grass Forage Science**. v.54, p. 347-356. 1999.

LACA, E. A. et al. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. **Grass and Forage Science**, v. 47, p. 91 – 102, 1992.

LAMBERT, M. G. et al. Influence of fertilizer and grazing management on North Island moist hill country. 4. Pastures species abundance. New Zealand Journal of Agriculture Research. v. 29, p. 23-31, 1986.

MATTHEW, C. et al. A modified self-thinning equation to describe size/density relationships for defoliated swards. **Annals of Botany**. v.76, p. 579-587. 1995.

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.

PADILHA, D. A. Acúmulo de forragem e composição química em pastos de capim-quicuiu submetidos a estratégias de lotação intermitente. Lages, 2013, 62p. (Mestrado em Veterinária-Ciência Animal e Pastagens) Universidade do Estado de Santa Catarina.

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.

SACKVILLE-HAMILTON, N. R. ; MATTHEW, C. ; LEMAIRE, G. In defence of the $-3/2$ boundary rule: a re-evaluation of self-thinning concepts and status. **Annals of Botany**, v.76, p.569-577, 1995.

SANTOS, M. E. R. et al. Número e peso de perfilhos no pasto de capim-brachiária sob lotação contínua. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v. 33, n.2, p. 131-136, 2011.

SBRISSIA, A.F; DA SILVA, S.C, Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.37 n.1, p. 35-47, 2008.

SBRISSIA, A. F. et al. Tiller size/ density compensation in grazed coast cross bermudagrass swards. **Scientia Agricola**, v. 58, p. 655-665, 2001.

SBRISSIA, A. F. et al. Tiller size/ density compensation in grazed tifton 85 bermudagrass swards. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 1459-1468, 2003.

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.