

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL – PPGCA**

**ANGELA BERNARDON**

**DINÂMICA DO ACÚMULO DE FORRAGEM E SELETIVIDADE POR BOVINOS**  
**EM PASTOS MISTOS DE CAPIM-QUICUIU E FESTUCA**

**LAGES**

**2020**

**ANGELA BERNARDON**

**DINÂMICA DO ACÚMULO DE FORRAGEM E SELETIVIDADE POR BOVINOS  
EM PASTOS MISTOS DE CAPIM-QUICUIU E FESTUCA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Ciência Animal, área de concentração em Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. André Fischer Sbrissia

**LAGES**

**2020**

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da  
Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Bernardon, Angela

Dinâmica do acúmulo de forragem e seletividade por bovinos em pastos mistos de capim-quicuiu e festuca / Angela Bernardon. -- 2020.

89 p.

Orientador: André Fischer Sbrissia

Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Lages, 2020.

1. Altura do pasto. 2. Gramínea perene. 3. Morfogênese. 4. Seleção de forragem. I. Sbrissia, André Fischer. II. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. III. Título.

**ANGELA BERNARDON**

**DINÂMICA DO ACÚMULO DE FORRAGEM E SELETIVIDADE POR BOVINOS  
EM PASTOS MISTOS DE CAPIM-QUICUIU E FESTUCA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Ciência Animal, área de concentração em Produção Animal.

**BANCA EXAMINADORA**

Professor Dr. André Fischer Sbrissia

Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Membros:

Professor Dr. Sila Carneiro Da Silva

Universidade de São Paulo - USP

Professor Dr. Fernando Luiz Ferreira de Quadros

Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

Dr. Domingos Sávio Campos Paciullo

EMBRAPA – Juiz de Fora

Professor Dr. Henrique Mendonça Nunes Ribeiro-Filho

Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Lages, 31 de julho de 2020

Dedico às minhas avós Ivone Peruzzolo Araldi e Nilva Cenatti Bernardon, por serem o meu maior exemplo.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me permitido chegar até aqui e conseguir concluir mais essa etapa importante da minha vida e carreira.

À minha família, meus pais Rudimar e Rosângela, por sempre terem me apoiado e serem meu porto seguro em momentos de incertezas ou dificuldades. À minha irmã Natalia, por sempre acreditar em mim e estimular o meu aprimoramento pessoal e profissional, e também por me ajudar a digitar as planilhas de campo.

Ao meu noivo Alechandro Schmitt, meu parceiro, que sempre me apoia nos meus projetos de vida, veio comigo para Lages e me ajudou em todas as etapas do meu doutorado, desde as avaliações no campo até digitar as planilhas.

Ao meu orientador Prof. Dr. André Fischer Sbrissia, muito obrigada por esses quatro anos de orientação. Saiba que sempre irei buscar seus conselhos ao longo da minha vida profissional. É difícil mensurar o quanto eu aprendi com você e o grupo NUPEP durante esse tempo. Obrigada por ter me ajudado no meu crescimento profissional, você é um exemplo para todos os seus orientados.

Aos pioneiros do projeto 'festucuiu', Tiago Miqueloto e Fábio Luís Winter, obrigada por terem me ajudado em todas as avaliações e por todo conhecimento compartilhado. Um agradecimento especial a todo o grupo NUPEP, principalmente os estagiários, sem vocês esse experimento não teria sido possível. À Angélica Zatta, que além de me ajudar no meu mestrado em Pato Branco, ainda me ajudou no meu doutorado aqui em Lages.

Aos meus colegas de pós-graduação, pela amizade e companheirismo, e também pelas vezes em que me ajudaram nas avaliações de campo, desejo sucesso a todos!

Aos professores dos programas de pós-graduação do CAV-UDESC, pois são vocês que tornam tudo isso possível, compartilhando conhecimento e nos tornando profissionais cada vez melhores.

À CAPES e a FAPESC pela concessão da bolsa de estudos.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram na construção deste trabalho, muito obrigada!

“O sucesso é a soma de pequenos esforços repetidos dia após dia.” (COLLIER, R.).

“A educação é o nosso passaporte para o futuro, pois o amanhã pertence às pessoas que se preparam hoje.” (MALCOLM X).

## RESUMO

Em regiões de clima subtropical, como o sul do Brasil, a mistura de gramíneas perenes de crescimento estival e hibernal é uma alternativa aos modelos já existentes de produção animal em ambientes pastoris. Entretanto, as relações entre manejo e estabilidade de produção em sistemas gerados a partir dessa mistura ainda são pouco conhecidas. Esse trabalho testou a hipótese de que o manejo da altura do pasto e estratégias de rebaixamento no outono alteram a dinâmica e estabilidade de produção de forragem de uma mistura composta por capim-quicuiu e festuca, gramíneas forrageiras perenes de ciclos fisiológicos distintos ( $C_4$  e  $C_3$ , respectivamente). Além disso, em uma mistura de gramíneas, o animal em pastejo pode selecionar alguma das espécies, sendo que, a nossa hipótese é que os animais selecionam plantas de capim-quicuiu em relação à festuca, durante o período de verão. O objetivo geral deste trabalho foi encontrar uma estratégia de manejo do pastejo para pastos mistos de capim-quicuiu e festuca que permita melhor distribuição da produção de forragem ao longo ano. Foram realizados dois experimentos em um delineamento em blocos completos casualizados, em esquema fatorial ( $2 \times 2$ ), com três repetições. O primeiro experimento foi realizado durante os dois primeiros anos de implantação da mistura (outubro de 2015 a outubro de 2017). Nesse caso, o arranjo fatorial consistiu de duas metas de alturas de manejo do pasto (12 e 17 cm) associadas ou não com um rebaixamento em meados do outono a uma altura de 7 cm. O segundo experimento foi realizado em janeiro de 2018 e janeiro de 2019, sendo que, nesse caso, o arranjo fatorial consistiu de duas metas de alturas em pré-pastejo (15 e 20 cm) associadas ou não com um rebaixamento pontual de primavera à um resíduo de 6 cm. No primeiro experimento, o rebaixamento dos pastos no outono aumentou a taxa de acúmulo líquido de forragem da mistura. Entretanto, esse aumento não compensou o período de 90 a 120 dias que os pastos levaram para retornar às alturas de 12 e 17 cm. No segundo ano de avaliação (2017), a festuca foi a espécie dominante em todos os tratamentos. A mistura entre capim-quicuiu e festuca mostrou potencial produtivo no primeiro ano de avaliação. Contudo, os resultados sugerem a necessidade de adequada fertilização nitrogenada para ambas as espécies a fim de garantir a persistência do capim-quicuiu na mistura. No segundo experimento, a hipótese foi confirmada, sendo que bovinos em pastejo exercem seleção por plantas de capim-quicuiu em relação à festuca na mistura no período de verão.

**Palavras-chave:** Altura do pasto. Gramínea perene. Morfogênese. Seleção de forragem.

## ABSTRACT

In regions with subtropical climate, such as southern Brazil, mixed canopies composed by warm-season and cool-season perennial grasses is an alternative to the current grassland-based animal production systems. However, little is known about the relations between canopy management and forage production in the pastures formed from this mixture. This research tested the hypothesis that the canopy height management and a strategic autumn grazing to 7 cm height alter the dynamics and stability of forage production of a mixture composed by kikuyugrass and tall fescue, perennial grasses with different physiological pathways ( $C_4$  and  $C_3$ , respectively). Besides that, in a grasses mixed canopy, the animal can select any of the species of the mixture, in this sense, our hypothesis is that the animals select kikuyugrass in relation to tall fescue, during the summer period. The main goal of this research was to find a grazing management strategy for mixed pastures of kikuyugrass and tall fescue that allows better distribution of forage production throughout the year. Two experiments were carried out in a randomized complete block design, in a factorial arrangement ( $2 \times 2$ ), with three replicates. The first experiment was conducted during the first two years of the mixture implantation (October 2015 to October 2017). In this case, the factorial arrangement consisted of two canopy height managements (12 and 17 cm) associated or not with an autumn grazing to 7 cm height. The second experiment was conducted in January 2018 and January 2019, in which, the factorial arrangement was composed by two pre-grazing heights (15 and 20 cm) associated or not with a single spring grazing to a residue of 6 cm. In the first experiment, the autumn grazing to 7 cm increased the net forage accumulation rate of the mixture. However, this increase did not compensate the delay of 90 to 120 days to regrowth of 12 and 17 cm canopy heights. In the second year of evaluation (2017), tall fescue was the dominant species in all treatments. The kikuyugrass and tall fescue mixture showed productive potential in the first year of evaluation. However, the results suggest the need for suitable nitrogen fertilization for both species, in order to guarantee the kikuyugrass persistence in the mixture. In the second experiment, the hypothesis was confirmed, in which, grazing cattle select kikuyugrass in relation to tall fescue in the mixture, in the summer.

**Keywords:** Canopy height. Perennial grass. Morphogenesis. Forage selection.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Relação entre variáveis morfogênicas e características estruturais do pasto (adaptado de Lemaire e Chapman, 1996)..... 22
- Figura 2 - Altura efetiva dos pastos mistos de capim-quicuiú e festuca e adubações nitrogenadas ao longo do período experimental (outubro de 2015 a setembro de 2017). ..... 41
- Figura 3 - Taxa de acúmulo líquido de forragem em pastos mistos de capim-quicuiú e festuca (A) submetidos ou não à um rebaixamento no outono e (B) em diferentes épocas do ano (barra em cinza escuro representa a taxa de acúmulo líquido de forragem no período pré-rebaixamento - outubro de 2015 a abril de 2016). (C) Composição botânica (% de capim-quicuiú e festuca) da taxa de acúmulo líquido em diferentes épocas do ano. (D) Acúmulo líquido ( $t MS ha^{-1} ano^{-1}$ ) de capim-quicuiú e festuca, do período de outubro de 2015 a outubro de 2016 e outubro de 2016 a outubro de 2017, em duas alturas de manejo do pasto (12 e 17 cm)..... 46
- Figura 4 - Acúmulo líquido mensal de forragem ( $kg MS ha^{-1}$ ) de festuca e capim-quicuiú cultivados em mistura ao longo de dois anos de avaliação (de outubro de 2015 a setembro de 2017)..... 47
- Figura 5 - Taxas de alongamento (A e B) e senescência foliar (C e D) ( $cm perfilho^{-1} dia^{-1}$ ) de festuca (A e C) e capim-quicuiú (B e D) cultivados em mistura com duas alturas de manejo do pasto (12 e 17 cm) e em diferentes épocas dos anos de 2016 e 2017..... 49
- Figura 6 - Taxas de alongamento (A e B) e senescência foliar (C) ( $cm perfilho^{-1} dia^{-1}$ ) de festuca (A e C) e capim-quicuiú (B) cultivados em mistura, submetidos ou não à um rebaixamento no outono (CR – com rebaixamento e SR – sem rebaixamento) e em diferentes épocas dos anos de 2016 e 2017..... 50
- Figura 7 - Densidade populacional de perfilhos ( $perfilhos m^{-2}$ ) de festuca e capim-quicuiú em diferentes épocas dos anos de 2016 e 2017 (A e B), em duas alturas de manejo do pasto (C e D) e com (CR) ou sem (SR) rebaixamento (E e F). ..... 51
- Figura 8 - Filocrono de festuca (A) e capim-quicuiú (B), e duração de vida da folha de festuca (C) e capim-quicuiú (D) em diferentes épocas dos anos de 2016 e 2017. .... 52
- Figura 9 - Índice de Área Foliar (IAF) de festuca (A e C) e capim-quicuiú (B) em duas alturas de manejo do pasto (12 e 17 cm) (A e B) e de festuca com (CR) ou sem (SR) rebaixamento no outono (C), em diferentes épocas dos anos de 2016 e 2017.... 53

- Figura 10 - Comprimento final de folha (cm) de festuca com duas alturas de manejo do pasto (12 e 17 cm) e em diferentes épocas dos anos de 2016 e 2017 (A), e de capim-quicuiu com duas alturas de manejo do pasto (12 e 17 cm) (B). Comprimento final de folha (cm) de festuca (C) e capim-quicuiu (D), submetidos ou não à um rebaixamento no outono (CR – com rebaixamento e SR – sem rebaixamento) e em diferentes épocas dos anos de 2016 e 2017. .... 55
- Figura 11 - Área foliar por perfilho (cm<sup>2</sup>) de festuca em duas alturas de manejo do pasto (12 e 17 cm) (A) e com (CR) ou sem (SR) rebaixamento no outono (C), em diferentes épocas do ano; e de capim-quicuiu em diferentes épocas dos anos de 2016 e 2017 (B)..... 56
- Figura 12 - Número de folhas vivas por perfilho (A e B) e área foliar específica (cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) (C e D) de festuca e capim-quicuiu em diferentes épocas dos anos de 2016 e 2017.. 57
- Figura 13 - (A) Índice de seletividade no verão de 2018 e (C) 2019 em pastos mistos de capim-quicuiu e festuca manejados com alturas pré-pastejo de 15 ou 20 cm e com ou sem rebaixamento de primavera, durante três momentos ao longo do período de ocupação (10h, 18h e pós pastejo) e no total. (B) Índice de seletividade no total do período de ocupação em 2018..... 75
- Figura 14 - (A) Composição botânica da massa de folhas no verão de 2018 e (C) 2019 em pastos mistos de capim-quicuiu e festuca e porcentagem da massa de folhas desfolhada de cada espécie em três momentos ao longo do período de ocupação (10h, 18h e pós pastejo) e no total. (B) Porcentagem da massa de folhas de festuca desfolhada em pastos mistos de capim-quicuiu e festuca manejados com alturas pré-pastejo de 15 ou 20 cm e com ou sem rebaixamento de primavera, no total do período de ocupação em 2018..... 76

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características de plantas agrupadas pela estratégia de crescimento ou grupo funcional em função do nível de fertilidade e desfolhação. ....	24
Tabela 2 - Médias mensais das variáveis climáticas durante o período experimental (2015 – 2016 e 2016 – 2017) em relação às médias históricas de precipitação e temperatura em Lages, Santa Catarina, Brasil. ....	39
Tabela 3 - Composição bromatológica das lâminas foliares (FDA, FDN e proteína bruta) e características estruturais (comprimento da folha, densidade populacional de perfilhos e área foliar/perfilho) de capim-quicuiu e festuca cultivados em mistura e manejados com alturas pré-pastejo de 15 ou 20 cm e com ou sem rebaixamento de primavera, em 2018 e 2019. ....	78
Tabela 4 - Análise de contraste entre festuca e capim-quicuiu, cultivados em mistura, para composição bromatológica (FDA, FDN e proteína bruta) e características estruturais (comprimento da folha e do colmo, área foliar por perfilho, número de folhas vivas por perfilho e área foliar específica) em dois anos de avaliação (2018 e 2019) , e para características morfogênicas (taxa de alongamento foliar, filocrono e duração de vida da folha) em 2019. ....	80
Tabela 5 - Análise de componentes principais: <i>eigenvalue</i> , proporção da variância explicada por cada componente, acumulada e correlações entre os componentes e as variáveis originais. ....	81

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>17</b>
2.1	A IMPORTÂNCIA DE ECOSSISTEMAS BIODIVERSOS .....	17
2.2	MISTURA DE GRAMÍNEAS PERENES C <sub>4</sub> E C <sub>3</sub> EM REGIÕES COM CLIMA DO TIPO CFB .....	18
2.3	GRAMÍNEAS DESTINADAS À MISTURA .....	20
2.4	CARACTERÍSTICAS MORFOGÊNICAS E ESTRUTURAIS DAS GRAMÍNEAS NA MISTURA.....	21
2.5	TIPOS FUNCIONAIS (CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS) DAS GRAMÍNEAS NA MISTURA.....	23
2.6	MANEJO DA MISTURA.....	25
2.7	SELETIVIDADE DO ANIMAL EM PASTEJO .....	27
2.8	REFERÊNCIAS .....	28
<b>3</b>	<b>HIPÓTESES .....</b>	<b>33</b>
3.1	GERAL .....	33
3.2	ESPECÍFICAS .....	33
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>34</b>
4.1	GERAIS .....	34
4.2	ESPECÍFICOS .....	34
<b>5</b>	<b>DINÂMICA DO ACÚMULO DE FORRAGEM EM PASTOS MISTOS DE CAPIM-QUICUIU E FESTUCA COM DIFERENTES MANEJOS DE ALTURA DO PASTO .....</b>	<b>35</b>
5.1	RESUMO .....	35
5.2	INTRODUÇÃO.....	36
5.3	MATERIAL E MÉTODOS .....	38
<b>5.3.1</b>	<b>Local e implantação da área experimental .....</b>	<b>38</b>
<b>5.3.2</b>	<b>Delineamento experimental, tratamentos e manejo .....</b>	<b>40</b>
<b>5.3.3</b>	<b>Variáveis medidas e calculadas .....</b>	<b>41</b>
<b>5.3.4</b>	<b>Análise estatística.....</b>	<b>44</b>
5.4	RESULTADOS .....	45
<b>5.4.1</b>	<b>Acúmulo líquido de forragem da mistura .....</b>	<b>45</b>

5.4.2	<b>Taxas de alongamento e senescência foliar e densidade populacional de perfilhos.....</b>	<b>48</b>
5.4.3	<b>Filocrono e duração de vida das folhas .....</b>	<b>51</b>
5.4.4	<b>Índice de Área Foliar .....</b>	<b>52</b>
5.4.5	<b>Comprimento final da folha e área foliar por perfilho .....</b>	<b>54</b>
5.4.6	<b>Número de folhas vivas por perfilho e área foliar específica.....</b>	<b>56</b>
5.5	DISCUSSÃO.....	57
5.6	CONCLUSÕES .....	63
5.7	REFERÊNCIAS .....	63
6	<b>SELEÇÃO DE FORRAGEM POR BOVINOS EM PASTEJO EM PASTOS MISTOS DE CAPIM-QUICUIU E FESTUCA .....</b>	<b>67</b>
6.1	RESUMO .....	67
6.2	INTRODUÇÃO.....	68
6.3	MATERIAL E MÉTODOS .....	69
6.3.1	<b>Local, delineamento experimental e tratamentos .....</b>	<b>69</b>
6.3.2	<b>Variáveis medidas e calculadas .....</b>	<b>70</b>
6.3.3	<b>Análise estatística.....</b>	<b>74</b>
6.4	RESULTADOS .....	74
6.4.1	<b>Índice de seletividade e composição botânica .....</b>	<b>74</b>
6.4.2	<b>Composição bromatológica e características estruturais das espécies.....</b>	<b>77</b>
6.5	DISCUSSÃO.....	81
6.6	CONCLUSÕES .....	85
6.7	REFERÊNCIAS .....	86

## 1 INTRODUÇÃO

Áreas do globo terrestre, como a região sul do Brasil, com clima subtropical, caracterizado pela grande amplitude térmica anual e ausência de estação seca bem definida, permitem o cultivo de espécies forrageiras hibernais durante as estações mais frias (outono e inverno) e estivais nas estações mais quentes (primavera e verão), o que possibilita produção animal baseada em pastagens praticamente o ano todo. Apesar da diversidade de espécies forrageiras que podem ser cultivadas nessa região, os sistemas de produção animal em pasto comumente utilizados têm como base forrageira gramíneas perenes estivais sobressemeadas com gramíneas anuais hibernais.

Entretanto, devido à estacionalidade de produção de forragem das espécies estivais e hibernais, ocorrem reduções significativas de produção e qualidade dos pastos em dois períodos do ano, primavera e outono, denominados comumente de vazios forrageiros primaveril e outonal, respectivamente. O vazio forrageiro primaveril é decorrente da queda de produção de forragem das espécies anuais hibernais, uma vez que estas entram no estágio reprodutivo, e as espécies perenes estivais ainda, normalmente, estão no início do processo de rebrotação, impossibilitando o seu uso. Por sua vez, o vazio forrageiro de outono é caracterizado pela queda de produção de forragem das espécies estivais por meio da limitação dos fatores abióticos, como por exemplo, baixas temperaturas e diminuição do fotoperíodo, associado à impossibilidade de uso das espécies hibernais em função do tempo entre a semeadura até o ponto em que as plantas estejam aptas para o pastejo.

Uma das alternativas para amenizar o problema de déficit de forragem de outono e primavera e também reduzir os custos com sementes de gramíneas hibernais anuais para o estabelecimento anual seria o uso combinado entre espécies de gramíneas perenes estivais e perenes hibernais de modo que a produção de forragem se prolongue por período mais longo e que coincida com os respectivos vazios forrageiros. Desse modo, se enquadram nesse cenário espécies como o capim-quicuiu (*Pennisetum clandestinum*), gramínea perene estival (planta C<sub>4</sub>), e a festuca (*Festuca arundinaceae*), gramínea perene hiberna (planta C<sub>3</sub>).

Além disso, diversos trabalhos têm mostrado que ambientes multiespecíficos (sistemas formados por duas ou mais espécies vegetais) apresentam maior estabilidade de produção de biomassa ao longo do tempo, além de proporcionar benefícios diretos ao

ecossistema, como por exemplo, melhorias na utilização e captação de recursos (luz, água e nutrientes), melhor cobertura do solo, ciclagem de nutrientes, entre outros. No entanto, informações referentes ao manejo de sistemas constituídos por gramíneas forrageiras perenes C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> na mesma área são praticamente inexistentes na literatura. Dessa forma é provável que a persistência das espécies, estabilidade de produção do sistema e interações competitivas possam variar em função do manejo aplicado à comunidade vegetal.

Portanto, estudos que buscam o entendimento das relações entre manejo e estabilidade de produção em sistemas gerados a partir da mistura entre gramíneas forrageiras perenes de inverno e de verão podem ser úteis para a proposição de alternativas aos modelos já existentes de exploração animal em ambientes pastoris.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A IMPORTÂNCIA DE ECOSISTEMAS BIODIVERSOS

Nas últimas décadas, os ecossistemas de pastagens têm sido tratados como ecossistemas multifuncionais e vêm ganhando destaque por apresentarem importantes benefícios ao meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável. Essa multifuncionalidade pode ser potencializada com o aumento da diversidade de espécies, uma vez que a diversidade genética contida nas plantas forrageiras resulta em uma infinidade de características morfogênicas, estruturais e fisiológicas capazes de construir incontáveis ambientes, onde a alta variabilidade existente dentro de uma comunidade de plantas estaria relacionada às diferentes funções desempenhadas no sistema (WEIGELT et al., 2009).

Essa vantagem dos ecossistemas mais biodiversos em exercer variadas funções, associada à oportunidade de promover a biodiversidade como ferramenta para produção e manutenção de diferentes ecossistemas, tem despertado o interesse de muitos pesquisadores, os quais vêm transformando o conceito de ecossistemas ecológico-produtivos. Dentre eles, alguns estudos têm mostrado aumentos significativos na produção vegetal (TILMAN et al., 1996; HECTOR et al., 1999; VAN RUIJVEN; BERENDSE, 2003; CARDINALE et al., 2007), na estabilidade produtiva de pastagens (CREISSEN et al., 2013; HECTOR et al. 2010) e melhoria das condições ambientais (CARDINALE et al. 2013; LANGE et al., 2015) com incrementos na biodiversidade.

A relação entre diversidade de espécies e produtividade do sistema pode ser explicada por características morfofisiológicas envolvidas numa melhor distribuição tridimensional e ocupação dos espaços pelo dossel (NAEEM et al., 1994; SPEHN et al., 2000). Segundo Naeem et al. (1994), se todas as funções de um ecossistema são dependentes da entrada de energia no sistema e esse rearranjo arquitetônico nas comunidades com alta biodiversidade promove maior eficiência na interceptação de luz, seria razoável pressupor que essas comunidades consigam utilizar melhor o recurso disponível e, conseqüentemente, aumentar a produtividade do sistema. Nesse sentido, Collins et al. (1998) destacaram que a luz é o principal fator que regula a coexistência de espécies em uma comunidade vegetal.

A biodiversidade também tem sido relacionada positivamente com maior

estabilidade de produção (COTTINGHAM et al., 2001; HECTOR et al. 2010) e tem sido apontada como importante ferramenta para amenizar os prejuízos causados pelas mudanças climáticas que afetam os ecossistemas (MAESTRE et al., 2012). Uma das explicações para a estabilidade desses ecossistemas é que a biodiversidade aumenta as flutuações temporais de população e produção primária de espécies individuais, mas reduz essas variações em nível de comunidade (TILMAN et al., 2006; HECTOR et al., 2010). A constatação de aumentos na estabilidade produtiva permite levantar inúmeras hipóteses de como esses ecossistemas podem ser vantajosos em regiões de clima subtropical. Nessas regiões, as mudanças na temperatura e fotoperíodo em meados de outono e primavera resultam em baixa produção de forragem nessas épocas do ano. Dessa forma, a maior estabilidade produtiva promovida pela combinação de espécies perenes com picos de produção em distintos períodos do ano poderia ser mais uma das prováveis vantagens que um sistema biodiverso pode oferecer, atenuando um dos maiores problemas relacionados à estacionalidade de produção, muito embora esta seja uma hipótese que ainda precisa ser validada.

Entretanto, é importante salientar que para uma mistura expressar seu potencial produtivo, o tipo e a participação de cada espécie que compõe essas pastagens devem ser considerados, não sendo apenas a quantidade de espécies utilizadas como a estratégia mais apropriada (SANDERSON et al., 2007). Tracy e Sanderson (2004) evidenciaram essa observação ao propor que a mistura de até três espécies bem adaptadas às condições ambientais do local de cultivo resulta em maiores produções de forragem e estabilidade produtiva do que uma mistura aleatória de uma grande quantidade de espécies. Em relação à escolha do material que irá compor o ecossistema pastoril surgem algumas indagações que ainda precisam ser esclarecidas, sendo elas: Quais características intrínsecas às plantas devem ser levadas em consideração na escolha do material que irá compor a mistura? Como o manejo pode influenciar na produção das espécies envolvidas? Quais estratégias podem ser estabelecidas para favorecer a estabilidade produtiva do sistema?

## 2.2 MISTURA DE GRAMÍNEAS PERENES C<sub>4</sub> E C<sub>3</sub> EM REGIÕES COM CLIMA DO TIPO Cfb

Considerando que as variáveis climáticas como temperatura, umidade e

luminosidade são determinantes do crescimento das plantas, o tipo de clima do local de cultivo passa a ser decisivo no potencial produtivo das espécies. De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, climas do grupo 'C' (subtropical úmido) são caracterizados como mesotérmico, com grande amplitude térmica anual, temperaturas médias no período de inverno entre  $-3^{\circ}\text{C}$  e  $18^{\circ}\text{C}$ , temperatura média do mês mais quente superior a  $10^{\circ}\text{C}$  e estações de verão e inverno bem definidas. A sigla 'f' caracteriza um clima sem estação seca definida, com precipitação regular em todos os meses do ano, enquanto as siglas 'a' e 'b' caracterizam verões quentes (temperatura média do ar no mês mais quente superior a  $22^{\circ}\text{C}$ ) e amenos (temperatura média do ar no mês mais quente inferior a  $22^{\circ}\text{C}$ ), respectivamente (ALVARES et al., 2013).

Nesse contexto, em regiões com clima do tipo Cfa e/ou Cfb a produção de gramíneas perenes de crescimento hibernal (planta  $C_3$ ) preenche os períodos com pouco ou nenhum crescimento de espécies estivais (planta  $C_4$ ) ao longo do ano. No entanto, apesar de Rubio et al. (2010) sugerirem que a separação sazonal da atividade de gramíneas  $C_3$  e  $C_4$  pode reduzir a competição, as duas espécies encontram-se em estágio vegetativo no período estival.

Pearcy et al. (1981) investigaram as relações das vias fotossintéticas com as interações competitivas de uma planta  $C_3$  e uma planta  $C_4$  (com características ecológicas, morfológicas e estruturais semelhantes) em diferentes regimes de temperatura. Ambas as espécies apresentaram taxas fotossintéticas similares quando crescendo em ambientes com temperaturas moderadas ( $25/18^{\circ}\text{C}$ ). Porém, em temperaturas mais altas ( $34/28^{\circ}\text{C}$ ) a planta  $C_4$  obteve taxas substancialmente maiores que a planta  $C_3$ . Por outro lado, em temperaturas mais baixas ( $17/14^{\circ}\text{C}$ ) a planta  $C_3$  apresentou vantagens. Como consequência, as habilidades competitivas na mistura entre as espécies apresentaram padrão de resposta semelhante ao desempenho fotossintético, com a planta  $C_4$  tendo vantagem em altas temperaturas e a planta  $C_3$  em baixas temperaturas. Os autores concluíram que quando plantas  $C_3$  e  $C_4$  competem entre si, a temperatura é um importante determinante do resultado.

Logo, em locais com clima do tipo Cfb, onde a temperatura média do ar no mês mais quente é inferior a  $22^{\circ}\text{C}$ , a via fotossintética  $C_4$  da gramínea estival aparenta não ser uma vantagem competitiva em relação a gramínea hibernal, de via fotossintética  $C_3$ . Em função disso, é possível que as características morfogênicas, estruturais e ecológicas (tipos funcionais) de cada planta na mistura determinem as interações competitivas entre

as espécies e a produtividade do sistema ao longo do ano.

### 2.3 GRAMÍNEAS DESTINADAS À MISTURA

Em regiões com clima do tipo Cfb, com verões amenos, uma das gramíneas perenes de crescimento estival mais adaptadas a esse tipo climático é o capim-quicuiu (GARCÍA et al., 2014). Em experimentos realizados em áreas com clima do tipo Cfb, o capim-quicuiu apresentou produção de forragem concentrada entre os meses de dezembro a maio (SBRISSIA et al., 2018), com crescimento paralisado em função das baixas temperaturas no final do outono e ocorrência frequente de geadas que secam a parte aérea das plantas, ocorrendo a rebrotação somente no final da primavera, com o aumento da temperatura. Desse modo, o principal desafio em sistemas com mistura de gramíneas perenes de crescimento estival e hibernal é a competição entre as espécies no período estival, momento em que ambas espécies da mistura estão em estágio vegetativo.

Nesse sentido, uma das poucas gramíneas perenes de inverno capaz de tolerar o estresse competitivo no período estival é a *Festuca arundinacea*, uma vez que possui características clássicas de plantas do tipo estresse-tolerante (GRIME, 1977). A festuca é amplamente cultivada em regiões de clima subtropical (tipo C) e possui uma variedade de cultivares, os quais são classificados como continentais ou mediterrâneos. A principal diferença entre eles é que os cultivares mediterrâneos entram em dormência no período estival, sendo que essa característica tem potencial de aumentar a persistência da festuca em pastos mistos com uma gramínea perene estival (READ et al., 2016). Contudo, os cultivares mediterrâneos são indicados para regiões com verões secos. Os cultivares continentais, que crescem em todas as estações do ano, são os mais utilizados e com maior disponibilidade para compra de sementes, sendo, também, os mais indicados para regiões de verões amenos e sem déficit hídrico.

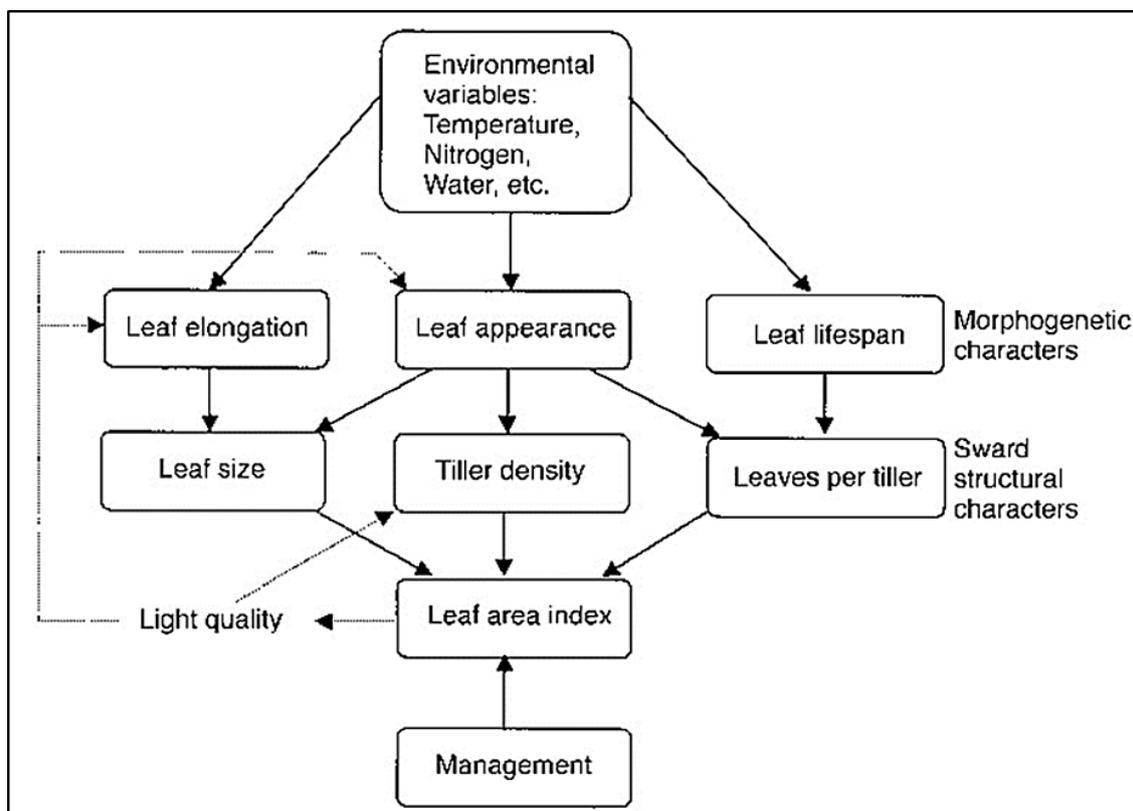
De acordo com Franzluebbbers et al. (2013), a associação simbiótica da festuca com fungos endofíticos selvagens ou via inoculação é determinante para a persistência da espécie em misturas com gramínea perene estival, sendo que essa associação confere à festuca maior tolerância a estresses. Entretanto, o lado negativo da associação entre planta e fungo é a produção de metabólitos por parte do endófito, tal como o alcaloide de ergot (ergovalina), que são responsáveis por grandes prejuízos na pecuária devido à perda de peso dos animais e redução das taxas de nascimento de bezerros (MORGAN et al., 2005).

Nesse sentido, uma das alternativas para solucionar o problema de perdas em produção animal vinculado ao consumo de alcaloides presentes no tecido vegetal seria a utilização de cultivares de festuca livres de endófitos, uma vez que os cultivares modernos já são comercializados livres da associação com fungos.

#### 2.4 CARACTERÍSTICAS MORFOGÊNICAS E ESTRUTURAIS DAS GRAMÍNEAS NA MISTURA

A morfogênese vegetal pode ser definida como a dinâmica da geração (gênese) e da expansão da forma da planta (*morphe*) no tempo e no espaço (CHAPMAN; LEMAIRE, 1993). De acordo com Lemaire e Chapman (1996), para plantas em estágio vegetativo, em que somente folhas são produzidas, a morfogênese pode ser descrita por meio de três características principais: aparecimento de folhas, alongamento foliar e duração de vida das folhas. Do mesmo modo, combinações das expressões fenotípicas dessas variáveis morfogênicas (taxas ou velocidades dos processos) determinam as três principais características estruturais do dossel de uma comunidade vegetal: tamanho da folha, densidade populacional de perfilhos e número de folhas vivas por perfilho (Figura 1).

Figura 1 - Relação entre variáveis morfogênicas e características estruturais do pasto  
(adaptado de Lemaire e Chapman, 1996).



Fonte: Lemaire e Agnusdei (2000).

Os mesmos autores explicam ainda que essas características morfogênicas e estruturais, definidas pela morfogênese, descrevem a dinâmica do fluxo de tecidos vegetais, caracterizada pelos processos de crescimento e senescência. Além disso, as características apresentadas determinam a captação de luz pelo dossel da comunidade vegetal, ou seja, definem o índice de área foliar (IAF) (Figura 1). Nesse contexto, o estudo detalhado das características citadas de cada espécie em uma mistura permite melhor entendimento das interações competitivas e da dinâmica do acúmulo de forragem, permitindo determinar as melhores estratégias de manejo que resultem em melhor equilíbrio da composição botânica e maior estabilidade produtiva da mistura.

Como observado na Figura 1, as gramíneas forrageiras possuem diversas estratégias de crescimento e ocupação do espaço, sendo que a taxa de aparecimento de folhas (TAF) é característica central na determinação da estrutura do dossel. Desse modo, espécies com elevada TAF, como o capim-quicuiu, no geral, possuem alta densidade populacional de perfilhos pequenos, com maior número de folhas pequenas, criando uma estrutura densa, enquanto que espécies com baixa TAF, como a festuca, possuem baixa

densidade populacional de perfilhos grandes, com menor número de folhas grandes (LEMAIRE; AGNUSDEI, 2000).

Além de características intrínsecas às espécies como a TAF, o manejo das plantas em pastejo também influencia a estrutura do pasto. Logo, a mudança progressiva e reversível nas características morfogênicas como forma de adaptação ao manejo imposto é conhecida como plasticidade fenotípica (BRADSHAW, 1965). No caso de gramíneas, a resposta plástica à desfolhação frequente e severa leva ao aumento na densidade populacional e redução no tamanho dos perfilhos. Nesse cenário, uma espécie com alta plasticidade fenotípica, como o capim-quicuiu, adapta-se à uma ampla variação de estratégias de manejo (SBRISSIA et al., 2018) e pode apresentar vantagem competitiva sob condições de desfolhação moderada e/ou severa em relação à festuca, que possui baixa plasticidade ao manejo.

Outra diferença estrutural das espécies que compõe a mistura é o hábito de crescimento. O capim-quicuiu é uma planta estolonífera, enquanto a festuca é uma planta cespitosa. Em uma condição de manejo ideal, a mistura dessas gramíneas com hábitos de crescimento distintos pode permitir melhor ocupação do espaço, sendo que os estolões podem ocupar os espaços vazios entre as touceiras. Entretanto, em misturas não equilibradas das espécies, as touceiras podem gerar sombreamento para o crescimento dos estolões no caso de dominância da festuca ou, os estolões podem ocupar melhor o espaço e suprimir a formação de touceiras no caso de dominância do capim-quicuiu.

## 2.5 TIPOS FUNCIONAIS (CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS) DAS GRAMÍNEAS NA MISTURA

A forma com que os recursos disponíveis são captados e utilizados pelas diferentes espécies forrageiras (absorção de nutrientes e interceptação luminosa) assim como a interação entre espécies desempenham papel fundamental no funcionamento do ecossistema pastoril. Essas características dentro de uma comunidade biodiversa estão positivamente relacionadas às funções que cada espécie desempenha dentro do sistema, e podem ser utilizadas para analisar e classificar o tipo ou grupo funcional que uma determinada espécie representa (CRUZ et al., 2002).

Nesse sentido, alguns autores têm listado algumas características envolvendo variáveis morfofisiológicas que possam identificar os grupos de plantas que

desempenham funções similares no ecossistema. Grime (1974), por exemplo, classificou as plantas com base nas diferentes formas de crescimento e adaptação aos mais variados ambientes como competidoras (C), estresse-tolerantes (S) e ruderais (R). Posteriormente, classificou algumas espécies nas zonas de transição, podendo exercer mais de um papel dependendo da condição encontrada no ambiente, sendo elas: competidora-ruderal (C-R), competidora estresse-tolerante (C-S), ruderal estresse-tolerante (S-R) e plantas C-S-R (GRIME, 1977).

Diferentemente dos estudos ecológicos clássicos, Cruz et al. (2002) sugeriram uma classificação específica para sistemas pastoris, baseada na habilidade das plantas em adquirir recursos, de modo a utilizá-los ou conservá-los, e a capacidade de adaptar-se a diferentes níveis de desfolhação. A interação entre essas características deu origem a quatro grupos funcionais (Tabela 1).

Tabela 1 - Características de plantas agrupadas pela estratégia de crescimento ou grupo funcional em função do nível de fertilidade e desfolhação.

	Captação de recurso (ambientes férteis)	Conservação de recurso (ambientes pobres)
	Tipo A	Tipo C
Rápida ciclagem de tecidos; Desfolhação frequente e severa	Taxa de crescimento elevada; Pico de crescimento atingido rapidamente; Digestibilidade e teores de nutrientes elevado; Baixa eficiência de utilização dos minerais do solo.	Baixa taxa de crescimento; Pico de crescimento atingido tardiamente; Baixa digestibilidade e teores de nutrientes; Alta eficiência de utilização dos minerais do solo.
	Tipo B	Tipo D
Lenta ciclagem de tecidos; Desfolhação pouco frequente e leniente	Taxa de crescimento elevada; Pico de crescimento atingido tardiamente; Digestibilidade e teores de minerais satisfatórios; Moderada eficiência de utilização dos minerais do solo.	Baixa taxa de crescimento; Pico de crescimento atingido tardiamente; Baixíssima digestibilidade e teores de nutrientes; Elevada eficiência de utilização dos minerais do solo.

Fonte: Adaptado de Cruz et al. (2002).

Com base na classificação proposta por Cruz et al. (2002), pode-se sugerir algumas possibilidades de formação de pastos multifuncionais, como por exemplo, a combinação de plantas do tipo A ou B (captadoras de recursos) com plantas do tipo C ou D (conservadoras de recursos). Para isso, é preciso considerar a capacidade combinatória e as relações entre as espécies em função das variações de suas taxas de crescimento e o uso de recursos por meio de diferentes mecanismos (EWEL; MAZZARINO, 2008). Nesse contexto, sendo o capim-quicuiu uma planta funcionalmente definida como competidora (C) do tipo A, e a festuca definida como estresse-tolerante (S) do tipo C, conforme postulado por Grime (1977) e Cruz et al. (2002), respectivamente, a mistura entre essas espécies seria uma alternativa para verificação da viabilidade produtiva do sistema.

Além disso, o modelo proposto por Cruz et al. (2002) leva em consideração a habilidade da planta em se adaptar às condições de manejo do pastejo, ou seja, plantas captadoras de recursos são mais tolerantes a pastejos severos quando comparadas a plantas conservadoras de recursos. Essa maior tolerância pode ser explicada pela plasticidade fenotípica observada em plantas captadoras de recursos como, por exemplo, adaptações morfofisiológicas e emissão de rizomas e estolões para evitar que o meristema apical seja pastejado pelos animais. Tais peculiaridades sugerem que a coexistência e/ou a maximização do potencial produtivo de sistemas biodiversos estariam condicionados à severidade de utilização a que estão submetidos.

Dessa forma, assumindo a possibilidade de coexistência de espécies de grupos funcionais contrastantes (Tipo A e Tipo C; Cruz et al., 2002), seria razoável pressupor a existência de uma condição em que a produção da mistura seja favorecida e dependente principalmente da severidade de desfolhação.

## 2.6 MANEJO DA MISTURA

Em uma mistura de gramíneas perenes os primeiros anos de implantação e estabelecimento podem ser decisivos para a persistência das espécies e estabilidade produtiva da mistura. Nesse sentido, é preciso assegurar uma adequada implantação das espécies, principalmente da festuca, uma vez que o estabelecimento dessa espécie é lento. Em trabalho realizado por Franzluebbbers et al. (2013), por exemplo, a festuca atingiu estabelecimento adequado somente a partir do segundo ano da implantação da mistura

com *Cynodon dactylon*. Desse modo, é imprescindível a adoção de alternativas e/ou estratégias que atenuem a competição interespecífica durante o período estival e que favoreçam o crescimento da gramínea de inverno nos anos iniciais de estabelecimento de modo a assegurar sua persistência ao longo dos anos, ainda mais considerando a implantação de uma espécie conservadora em meio a uma espécie competidora, como o capim-quicuiu.

A época de aplicação de nitrogênio em uma mistura de gramíneas perenes com distintas estações de crescimento é uma estratégia para limitar a competição tanto pela espécie estival como pela espécie hiberna, e, assim, favorecer uma ou outra ao ajustar o manejo (READ et al., 2016; RUBIO et al., 2010). Desse modo, a adubação nitrogenada somente no período hiberna poderia ser uma alternativa viável para reduzir o poder competitivo do capim-quicuiu no período estival e assegurar um estabelecimento adequado da festuca na mistura.

Além disso, a festuca apresenta padrão de perfilhamento hiberna (SCHENEITER; AMÉNDOLA, 2012; DUCHINI et al., 2018). Em trabalho realizado por Miqueloto et al. (2020), as gerações de perfilhos de festuca surgidas em julho e agosto foram fundamentais para incrementos populacionais significativos dessa espécie, além de assegurar a persistência até o inverno seguinte, uma vez que essas gerações foram responsáveis pela manutenção da população durante o período estival, demonstrando a alta longevidade de perfilhos de festuca. Esse padrão de resposta da festuca, portanto, reforça a importância da adubação nitrogenada no período hiberna.

Uma vez que, em regiões de clima Cfb, o capim-quicuiu perde importância em termos produtivos a partir de abril e a festuca tem alta taxa de aparecimento de perfilhos em julho, seria interessante adotar uma estratégia que reduzisse a competição interespecífica e possivelmente estimulasse e/ou intensificasse o crescimento da festuca nessa época do ano, que coincide com o final do período de crescimento de uma espécie e início da outra. Nesse sentido, a remoção da biomassa aérea por meio do rebaixamento dos pastos no outono pode ser uma alternativa interessante, uma vez que abriria o dossel para maior penetração de luz. Esse rebaixamento pode promover renovação dos tecidos foliares, estimulando maior acúmulo de forragem da festuca no período hiberna.

Lemaire e Agnusdei (2000) explicaram que a taxa de expansão foliar responde imediatamente a qualquer mudança de temperatura, de modo que o fluxo de produção de tecido foliar segue exatamente as variações de temperatura. Como resultado, o

comprimento final das folhas tende a diminuir do outono para o inverno devido à diminuição da temperatura. No entanto, segundo os mesmos autores, a taxa de senescência foliar não segue imediatamente as flutuações de temperatura, uma vez que a porção do tecido foliar que senesce a cada dia corresponde à porção da folha produzida um período antes da duração de vida da folha, ou seja, as folhas produzidas no verão senescem progressivamente durante o outono/inverno e são substituídas por folhas menores produzidas na estação com menor temperatura. Dessa forma, os autores concluem que em um período com temperaturas decrescentes, como o outono, a taxa de senescência é maior que a taxa de crescimento, levando a um balanço negativo entre crescimento e senescência, sendo que o inverso ocorre na primavera. Seguindo esse raciocínio de Lemaire e Agnusdei (2000), o rebaixamento outonal, além de remover a massa de capim-quicuiu, já com pouco ou nenhum crescimento, remove o tecido velho da festuca, podendo, dessa forma, diminuir as taxas de senescência no outono/inverno e aumentar o acúmulo líquido de folhas nesse período.

A severidade do rebaixamento no outono também é relevante, uma vez que um rebaixamento pouco severo pode não ser suficiente para alterar de forma significativa a estrutura e a dinâmica do acúmulo dos pastos. Embora desfolhações severas resultem em maior tempo necessário para que o pasto reestabeleça a condição de manejo anterior ao rebaixamento, ocorre também uma renovação do dossel, pela remoção dos tecidos velhos e crescimento de novos tecidos, gerando um atraso no aumento das taxas de senescência (PARSONS et al., 1983).

## 2.7 SELETIVIDADE DO ANIMAL EM PASTEJO

O manejo pode modificar a composição botânica e estrutural da comunidade vegetal por meio de alterações competitivas interespecíficas ou em função do efeito direto decorrente do pastejo seletivo (HICKMANN et al., 2004). Nesse sentido, os animais em pastejo podem mediar as interações competitivas entre as espécies vegetais em função da desfolhação diferencial das plantas (ARCHER; DETLING, 1984).

Allen et al. (2011) definiram seleção de forragem como sendo a remoção por animais de espécies ou componentes morfológicos específicos relativamente à massa de forragem em oferta, sendo que, a seleção da dieta pelo animal em pastejo é uma função da preferência modificada pela oportunidade de acesso ao pasto. De acordo com os

mesmos autores, o termo “preferência” é uma medida da ingestão relativa de diferentes forragens, quando o acesso à forragem é irrestrito, ou seja, preferência é uma expressão relativa que requer a oportunidade de escolha entre dois ou mais componentes.

Cougnon et al. (2018) correlacionaram diversas características mecânicas (força de cisalhamento), estruturais e químicas de 17 genótipos de festuca com a seleção de forragem por ovelhas. As características químicas, como digestibilidade da matéria orgânica, concentração de carboidratos solúveis em água e concentração de fibra em detergente ácido (FDA) se mostraram altamente correlacionadas com a seleção e ofereceram as melhores perspectivas de uso em programas de melhoramento de festuca.

No geral, gramíneas de crescimento hibernal possuem anatomia foliar e composição química diferente das gramíneas de crescimento estival, o que faz com que sejam menos fibrosas, contenham menos lignina e, portanto, sejam mais digestíveis (JUNG; ALLEN, 1995). Desse modo, em geral, o valor nutritivo é maior em gramíneas hibernais se a planta estiver no mesmo estágio de maturidade que a gramínea estival (BALL et al., 2002).

Em pastos mistos de gramíneas perenes, como capim-quicuiu e festuca, o período de verão é o único momento em que o animal pode exercer seleção entre as espécies na mistura. Considerando que a renovação de perfilhos de festuca ocorre em julho e agosto e esses perfilhos possuem alta longevidade (MIQUELOTO et al., 2020), pode-se afirmar que os perfilhos de festuca no verão são velhos, ou seja, com alto teor de fibra e baixa digestibilidade. Por outro lado, os perfilhos de capim-quicuiu estão iniciando a rebrota nessa época do ano, com formação de novos tecidos, com baixo teor de fibras e maior digestibilidade. Além disso, a festuca apresenta uma desvantagem em relação a outras gramíneas perenes hibernais (como o azevém perene), que é o menor consumo voluntário pelos animais (COUGNON et al., 2014). Ainda, outro fator a ser considerado, é o hábito de crescimento ereto e as folhas compridas da festuca, que fazem com que a planta contenha mais tecidos de sustentação e, conseqüentemente, maior teor de fibras em relação a outras gramíneas perenes hibernais, como o azevém perene (KING et al., 2014).

## 2.8 REFERÊNCIAS

ALLEN, V. G; BATELLO, C.; BERRETTA, E. J.; HODGSON, J.; KOTHMANN, M.; LI, X.; et al. An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, v. 66, n. 1, p. 2–28, 2011.

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n.6, p. 711-728, 2013.
- ARCHER, S.; DETLING, J. K. The effects of defoliation and competition on regrowth of tillers of two North American mixed-grass prairie graminoids. **Nordic Society Oikos**, v. 43, p. 351-357, 1984.
- BALL, D. M.; HOVELAND, C. S.; LACEFIELD, G. D. **Southern forages**. 3 ed. Norcross: Potash and Phosphate Institute and the Foundation for Agronomic Research, 2002. 322 p.
- BRADSHAW, A. D. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. **Advances in Genetics**, v. 13, p. 115–155, 1965.
- CARDINALE, B. J.; GROSS, K.; FRITSCHIE, K.; FLOMBAUM, P.; FOX, J. W.; RIXEN, C.; et al. Biodiversity simultaneously enhances the production and stability of community biomass, but the effects are independent. **Ecology**, v. 94, n. 8, p. 1697-1707, 2013.
- CARDINALE, B. J.; WRIGHT, J. P.; CADOTTE, M. W.; CARROLL, I. T.; HECTOR, A.; SRIVASTAVA, D. S.; et al. Impacts of plant diversity on biomass production increase through time because of species complementarity. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.104, n.46, p.18123–8, 2007.
- CHAPMAN, D. F.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: BAKER, M. J. (Ed.) **Grasslands for Our World**. SIR Publishing, Wellington, p.55-64, 1993.
- COLLINS, S. L. Modulation of diversity by grazing and mowing in native tallgrass prairie. **Science**, v. 280, p. 745-747, 1998.
- COTTINGHAM, K. L.; BROWN, B. L.; LENNON, J. T. Biodiversity may regulate the temporal variability of ecological systems. **Ecology Letters**, v. 4, p. 72-85, 2001.
- COUGNON, M.; BAERT, J.; VAN WAES, C.; REHEUL, D. Performance and quality of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and mixtures of both species grown with or without white clover (*Trifolium repens* L.) under cutting management. **Grass and Forage Science**, v. 69, n. 4, p. 666–677, 2014.
- COUGNON, M.; SHAHIDI, R.; SCHOELYNCK, J.; VAN DER BEETEN, I.; VAN WAES, C.; DE FRENNE, P.; et al. Factors affecting grazing preference by sheep in a breeding population of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). **Grass and Forage Science**, v. 73, p. 330–339, 2018.
- CREISSEN, H. E.; JORGENSEN, T. H.; BROWN, J. K. M. Stabilization of yield in plant genotype mixtures through compensation rather than complementation. **Annals of Botany**, v. 112, n. 7, p. 1439-1447, 2013.

- CRUZ, P.; DURU, M.; THEROND, O.; THEAU, J. P.; DUCOURTIEUX, C.; JOUANY, C.; et al. Une nouvelle approche pour caractériser les prairies naturelles et leur valeur d'usage. **Fourrages**, v. 172, p. 335-354, 2002.
- DUCHINI, P. G.; GUZATTI, G. C.; ECHEVERRIA, J. R.; AMÉRICO, L. F.; SBRISSIA, A. F. Experimental evidence that the perennial grass persistence pathway is linked to plant growth strategy. **Plos One**, v. 13, p. 1–15, 2018.
- EWEL, J.J.; MAZZARINO, M.J. Competition from below for light and nutrients shifts productivity among tropical species. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 105, n. 48, p.18836–18841, 2008.
- FRANZLUEBBERS, A. J.; SEMAN, D.H.; STUEDEMANN, J.A. Forage dynamics in mixed tall fescue–bermudagrass pastures of the Southern Piedmont USA. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 168, p. 37-45, 2013.
- GARCÍA, S. C; ISLAM, M. R.; CLARK, C. E. F.; MARTIN, P. M. Kikuyu-based pasture for dairy production: a review. **Crop and Pasture Science**, v. 65, n. 8, p. 787-797, 2014.
- GRIME, J. P. Evidence for existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. **The American Naturalist**, v. 111, n. 982, p. 1669-1194, 1977.
- GRIME, J. P. Vegetation classification by reference to strategies. **Nature**, v. 250, p. 26-31, 1974.
- HECTOR, A.; HAUTIER, Y.; SANER, P.; WACKER, L.; BAGCHI, R.; JOSHI, J.; et al. General stabilizing effects of plant diversity on grassland productivity through population asynchrony and overyielding. **Ecology**, v. 91, n. 8, p. 2213-20, 2010.
- HECTOR, A.; SCHMID, B.; BEIERKUHNLIN, C.; CALDEIRA, M. C.; DIEMER, M.; DIMITRAKOPOULOS, P. G.; FINN, J. A.; et al. Plant diversity and productivity experiments in european grasslands. **Science**, v. 286 n. 5442, p.1123–1127, 1999.
- HICKMANN, K. R.; HARTNETT, D. C.; COCHRAN, R. C.; OWENSBY, C. E. Grazing management effects on plant species diversity in tallgrass prairie. **Journal of Range Management**, v. 57, n. 1, p. 58-65, 2004.
- JUNG, H. G.; ALLEN, M. S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 2774–2790, 1995.
- KING, C.; MCENIRY, J.; RICHARDSON, M.; O'KIELY, P. Characterization for industrial purposes of the fibre anatomy of perennial ryegrass and tall fescue stem and leaf at three stages in the primary growth. **Grass and Forage Science**, v. 69, p. 64-73, 2014.
- LANGE, M.; EISENHAUER, N.; SIERRA, C. A.; BESSLER, H.; ENGELS, C; GRIFFITHS R. I.; et al. Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. **Nature Communications**, v.6, 2015.

- LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. In: LEMAIER, G., HODGSON, J., MORAES, A., et al. (Eds.) **Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology**. CAB International, p.265-288, 2000.
- LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue fluxes in grazing plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. (Eds.). **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p. 3-36.
- MAESTRE, F. T.; QUERO, J. L.; GOTELLI, N. J.; ESCUDERO, A.; OCHOA, V.; DELGADO-BAQUERIZO, M.; et al. Plant species richness and ecosystem multifunctionality in global drylands. **Science**, v. 335, n. 6065, p. 214-218, 2012.
- MIQUELOTO, T.; BERNARDON, A.; WINTER, F. L.; SBRISSIA, A. F. Population dynamics in mixed canopies composed of kikuyu-grass and tall fescue. **Agronomy**, v. 10, n. 5, p. 1-11, 2020.
- MORGAN, J. A. W.; BENDING, G. D.; WHITE, P. J. Biological costs and benefits to plant-microbe interactions in the rhizosphere. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, n. 417, p. 1729-1739, 2005.
- NAEEM, S.; THOMPSON, L. J.; LAWLER, S. P.; LAWTON, J. H.; WOODFIN, R. M. Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems. **Nature**, v. 368, p.734 – 737, 1994.
- PARSONS, A. J.; LEAFE, E. L.; COLLETT, B.; STILES, W. The physiology of grass production under grazing. I. Characteristics of leaf and canopy photosynthesis of continuously-grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, v. 20, p. 117-126, 1983.
- PEARCY, R. W.; TUMOSA, N.; WILLIAMS, K. Relationships between growth, photosynthesis and competitive interactions for a C<sub>3</sub> and a C<sub>4</sub> plant. **Oecologia**, v. 48, p. 371-376, 1981.
- READ, J. J.; LANG, D. J.; AIKEN, G. E. Seasonal nitrogen effects on nutritive value in binary mixtures of tall fescue and bermudagrass. **Grass and Forage Science**, v. 72, n. 3, p. 467-480, 2016.
- RUBIO, G.; GUTIERREZ BOEM, F.H.; LAVADO, R. S. Responses of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> grasses to application of nitrogen and phosphorus fertilizer at two dates in the spring. **Grass and Forage Science**, v. 65, p. 102-109, 2010.
- SANDERSON, M. A.; GOSLEE, S. C.; SODER, K. J.; SKINNER, R. H.; TRACY, B. F.; DEAK, A. Plant species diversity, ecosystem function, and pasture management - A perspective. **Canadian Journal of Plant Science**, v.87, n.3. p. 479-487, 2007.
- SBRISSIA, A. F.; DUCHINI, P. G.; ZANINI, G. D.; SANTOS, G. T.; PADILHA, D. A.; SCHMITT, D. Defoliation strategies in pastures submitted to intermittent stocking method: underlying mechanisms buffering forage accumulation over a range of grazing heights. **Crop Science**, v. 58, n. 2, p. 945-954, 2018.
- SCHENEITER, O.; AMÉNDOLA, C. Tiller demography in tall fescue (*Festuca arundinacea*) swards as influenced by nitrogen fertilization, sowing method and grazing

management. **Grass and Forage Science**, v. 67, p. 426-436, 2012.

SPEHN, E. M.; JOSHI, J.; SCHMID, B.; DIEMER, M.; KÖRNER, C. Above-ground resource use increases with plant species richness in experimental grassland ecosystems. **Functional Ecology**, v. 14, p. 326-337, 2000.

TILMAN, D.; REICH, P. B.; KNOPS, J. M. H. Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment. **Nature**, v. 441, p.629–632, 2006.

TILMAN, D.; WEDIN, D.; KNOPS, J. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. **Nature**, v. 379, p. 718-720, 1996.

TRACY, B. F.; SANDERSON, M. A. Forage productivity, species evenness and weed invasion in pasture communities. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 102, p. 175–183, 2004.

VAN RUIJVEN, J.; BERENDSE, F. Positive effects of plant species diversity on productivity in the absence of legumes. **Ecology Letters**, v.6, n.3, p.170–175, 2003.

WEIGELT, A; WEISSER, W. W.; BUCHMANN, N.; SCHERER-LORENZEN, M. Biodiversity for multifunctional grasslands: equal productivity in high-diversity low-input and low-diversity high-input systems. **Biogeosciences**, v.6, n.8, p.1695–1706, 2009.

### 3 HIPÓTESES

#### 3.1 GERAL

A altura de manejo do pasto e rebaixamento estratégico no outono alteram a dinâmica e a estabilidade de produção de forragem de uma mistura entre duas espécies de gramíneas forrageiras perenes, de distintos períodos de crescimento (*Festuca arundinaceae*, de crescimento hibernal, e *Pennisetum clandestinum*, de crescimento estival).

#### 3.2 ESPECÍFICAS

O manejo da altura do pasto com intensidade moderada (12 cm) proporciona melhor equilíbrio na composição botânica do pasto (capim-quicuiu e festuca) e maior estabilidade produtiva que manejo leniente (17 cm).

O rebaixamento estratégico dos pastos no período de outono aumenta o acúmulo de forragem de festuca no inverno e primavera.

Os animais em pastejo selecionam plantas de capim-quicuiu em relação à festuca no verão, independente da altura de manejo.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 GERAIS

Determinar estratégias de manejo de altura do pasto que maximizem o acúmulo de forragem e reduzam a sazonalidade de produção em uma mistura entre *Pennisetum clandestinum* e *Festuca arundinaceae*.

Avaliar a seleção de forragem dos animais em pastejo por alguma das espécies na mistura no período de verão, em diferentes manejos de altura do pasto.

### 4.2 ESPECÍFICOS

Determinar estratégias de manejo de altura do pasto que favoreçam um estabelecimento adequado da mistura entre capim-quicuiu e festuca.

Determinar as características morfogênicas e estruturais das espécies na mistura em diferentes épocas do ano e em diferentes manejos de altura do pasto.

Determinar as principais características estruturais e químicas das gramíneas na mistura que influenciam na desfolhação.

## 5 DINÂMICA DO ACÚMULO DE FORRAGEM EM PASTOS MISTOS DE CAPIM-QUICUIU E FESTUCA COM DIFERENTES MANEJOS DE ALTURA DO PASTO

### 5.1 RESUMO

Este trabalho testou a hipótese de que a altura de manejo do pasto e rebaixamento estratégico no outono alteram a dinâmica e estabilidade do acúmulo da forragem de uma mistura composta por capim-quicuiu e festuca, gramíneas forrageiras perenes de ciclos fisiológicos distintos ( $C_4$  e  $C_3$ , respectivamente). O objetivo foi encontrar uma estratégia de manejo do pastejo que permita melhor distribuição da produção de forragem ao longo ano. Foram implantados quatro tratamentos em um delineamento de blocos completos casualizados, em esquema fatorial ( $2 \times 2$ ), com três repetições. O arranjo fatorial consistiu de duas alturas de manejo do pasto (12 e 17 cm) associadas ou não com um rebaixamento em meados do outono a uma altura de 7 cm. As avaliações foram realizadas mensalmente durante os dois primeiros anos de implantação da mistura, e os dados foram agrupados em épocas do ano. A adubação nitrogenada foi realizada somente no período de inverno/primavera. O rebaixamento dos pastos aumentou a taxa de acúmulo líquido da mistura em 11%. Entretanto, esse aumento não compensou o período de 90 a 120 dias que os pastos rebaixados permaneceram sem pastejo até recuperarem as respectivas alturas originais de manejo (12 e 17 cm). No segundo ano de avaliação, a festuca foi a espécie dominante em todos os tratamentos. A mistura entre capim-quicuiu e festuca mostrou grande potencial produtivo no primeiro ano de avaliação, entretanto, nossos resultados também sugerem a necessidade de se avaliar estratégias de fertilização nitrogenada que beneficiem ambas as espécies, a fim de garantir a persistência do capim-quicuiu na mistura.

**Palavras-chave:** espécie competidora, espécie conservadora, filocrono, fluxo de tecidos, morfogênese.

## 5.2 INTRODUÇÃO

As variáveis climáticas como temperatura, umidade e luminosidade são determinantes do crescimento das plantas (DA SILVA et al., 2015). Nesse sentido, em diversas regiões com clima subtropical é possível o cultivo de espécies forrageiras de estação fria e de estação quente, devido à grande amplitude térmica anual e ausência de estação seca definida (ALVARES et al., 2013), o que possibilita produção animal baseada em pastagens praticamente o ano todo. No sul do Brasil, apesar da diversidade de espécies forrageiras que podem ser cultivadas na região, os sistemas de produção animal em pasto comumente utilizados têm, como base forrageira, gramíneas perenes estivais sobresemeadas com gramíneas anuais hibernais (SBRISSIA et al., 2017). Dessa forma, a mistura de gramíneas forrageiras perenes com diferentes épocas de crescimento (estação quente e estação fria) é uma alternativa aos modelos já existentes de produção animal em ambientes pastoris. Entretanto, as relações entre manejo e estabilidade de produção em sistemas gerados a partir dessa mistura ainda são pouco conhecidas.

Nesse sentido, em regiões com clima do tipo Cfb, com verões amenos (temperatura média do ar no mês mais quente inferior a 22°C; ALVARES et al., 2013), uma das gramíneas perenes de crescimento estival mais adaptadas a esse tipo climático é o capim-quicuiu (*Pennisetum clandestinum*) (BELL et al., 2013; GARCÍA et al., 2014). Em experimentos realizados em áreas com clima do tipo Cfb, o capim-quicuiu apresentou produção de forragem concentrada entre os meses de dezembro a maio (SBRISSIA et al., 2018), uma vez que o crescimento é paralisado em função das baixas temperaturas no final do outono e a ocorrência de geadas seca a parte aérea, ocorrendo rebrotação somente no final da primavera, com o aumento da temperatura. Desse modo, o principal desafio em sistemas com mistura de gramíneas perenes de crescimento estival e hibernal é a competição entre as espécies no período estival, momento em que ambas espécies da mistura estão em estágio vegetativo (MIQUELOTO et al., 2020b). Nesse sentido, uma das poucas gramíneas perenes de inverno capaz de tolerar o estresse competitivo no período estival é a festuca (*Festuca arundinacea*), uma vez que possui características clássicas de plantas do tipo estresse-tolerante (GRIME, 1977).

Em uma mistura de gramíneas perenes, como proposto neste trabalho, os primeiros anos de implantação e estabelecimento podem ser decisivos para persistência das espécies e estabilidade produtiva dos pastos. Nesse sentido, é preciso assegurar

adequada implantação das espécies, principalmente da festuca, uma vez que seu estabelecimento é lento. Em trabalho realizado por Franzluebbbers et al. (2013), por exemplo, a festuca atingiu adequado estabelecimento somente a partir do segundo ano da implantação da mistura com *Cynodon dactylon*. Desse modo, é imprescindível a adoção de alternativas e/ou estratégias que atenuem a competição interespecífica durante o período estival e que favoreçam o crescimento da gramínea de inverno nos anos iniciais de estabelecimento. Isso permitiria assegurar sua persistência ao longo dos anos, considerando a implantação de uma espécie conservadora em meio a uma espécie competidora, como o capim-quicuiu (CRUZ et al., 2002).

Uma vez que o capim-quicuiu perde importância em termos produtivos a partir de abril (SBRISSIA et al., 2018) e a festuca tem alta taxa de aparecimento de perfilhos a partir de junho (DUCHINI et al., 2018; MIQUELOTO et al., 2020a), seria interessante adotar uma estratégia de manejo que reduzisse a competição interespecífica e possivelmente estimulasse e/ou intensificasse o crescimento da festuca nessa época do ano, que coincide com o final do período de crescimento de uma espécie e início da outra. Nesse sentido, a remoção da biomassa aérea por meio de rebaixamento dos pastos no outono pode ser uma alternativa interessante, uma vez que abriria o dossel para uma maior penetração de luz. Esse rebaixamento pode promover renovação dos tecidos foliares, estimulando maior acúmulo de forragem da festuca no período hibernal.

Com base no exposto, este trabalho testa a hipótese de que a altura de manejo do pasto e rebaixamento estratégico no outono alteram a dinâmica e a estabilidade de produção de forragem de uma mistura entre duas espécies de gramíneas forrageiras perenes, de distintos períodos de crescimento (festuca de crescimento hibernal e capim-quicuiu de crescimento estival), uma vez que um manejo com intensidade moderada (12 cm) proporciona melhor equilíbrio na composição botânica do pasto (quicuiu e festuca) e maior estabilidade produtiva que manejos mais lenientes (17 cm). Além disso, um rebaixamento estratégico dos pastos em meados do outono aumenta o acúmulo de forragem de festuca no inverno e primavera. O objetivo deste trabalho foi determinar uma altura de manejo, associada ou não com um rebaixamento dos pastos em meados do outono, que maximize o acúmulo de forragem e reduza a sazonalidade da produção de um pasto formado por capim-quicuiu e festuca.

### 5.3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 5.3.1 Local e implantação da área experimental

O experimento foi realizado no Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina em Lages, SC (27°48'58'' S; 50°19'34'' O). O local encontra-se a uma altitude em torno de 900 m e o clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cfb (clima subtropical úmido) (ALVARES et al., 2013), com verão ameno, inverno frio e chuvas bem distribuídas ao longo do ano. As principais variáveis climáticas durante o período experimental estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Médias mensais das variáveis climáticas durante o período experimental (2015 – 2016 e 2016 – 2017) em relação às médias históricas de precipitação e temperatura em Lages, Santa Catarina, Brasil.

Váriaveis climáticas	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.
	<b>2015 – 2016</b>											
Precipitação (mm)	363,2	128,0	208,1	107,4	236,4	186,7	136,8	120,6	24,9	131,5	139,0	107,9
Insolação (horas)	96,3	109,3	79,2	179,9	152,1	180,2	131,1	95,3	158,8	189,0	153,4	188,4
Temperatura média (°C)	16,0	17,5	20,2	20,8	21,2	18,2	18,6	12,2	9,1	11,2	12,5	13,4
Geadas (número de dias)	0	0	0	0	0	0	2	4	5	2	0	0
<b>2016 – 2017</b>												
Precipitação (mm)	224,8	73,8	86,4	115,1	107,4	90,1	158,6	355,6	247,2	14,2	117,4	51,2
Insolação (horas)	129,7	203,0	77,8	188,8	175,5	169,8	128,5	108,3	147,2	239,1	171,5	178,7
Temperatura média (°C)	15,3	17,4	18,2	21,1	21,6	19,0	15,6	14,7	12,4	12,2	13,1	17,2
Geadas (número de dias)	0	0	0	0	0	0	1	0	3	4	0	0
<b>Média histórica*</b>												
Precipitação (mm)	180,8	138,2	145,7	171,1	156,6	122,3	107,3	112,0	114,6	132,2	123,9	163,7
Temperatura média (°C)	15,7	17,4	19,3	20,4	20,3	19,1	16,3	13,2	11,4	11,0	12,3	13,6

\*Média do período de 1948 – 2015.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET; <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>). Adaptado de Miqueloto et al., 2020b.

O solo da área experimental é classificado como Cambissolo húmico alumínico léptico (EMBRAPA, 2006), que apresentou as seguintes características químicas na camada de 0-20 cm de profundidade: pH (SMP) = 5,7; MO = 4,2%; P=35,8 mg dm<sup>-3</sup>; K=142 mg dm<sup>-3</sup>; Ca = 2,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 1,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al = 6,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; capacidade de troca de cátions em pH 7,0 = 20,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; saturação por bases = 39,9% e argila = 53%.

A área experimental, com 2100 m<sup>2</sup>, foi implantada em maio de 2015 a partir da semeadura direta em linha da festuca (*Festuca arundinacea*) cv. Rizomat em pastos de capim-quicuiu (*Pennisetum clandestinum*) já estabelecidos desde a década de 1990. A festuca cv. Rizomat é um cultivar do tipo continental (não apresenta dormência no verão) e por meio de avaliações realizadas nos tecidos vegetais (folha e colmo) seguindo o procedimento metodológico descrito por Saha et al. (1988) verificou-se que a festuca cv. Rizomat utilizada em nosso experimento estava livre da presença de fungos endofíticos.

No momento da implantação dos pastos, o capim-quicuiu foi roçado mecanicamente à 10 cm de altura e, em seguida foi realizada a semeadura direta em linha da festuca com espaçamento entre linhas de 17 cm e densidade de semeadura de 50 kg ha<sup>-1</sup> de sementes puras viáveis. Em torno de 40 dias após a sobressemeadura, os pastos foram adubados com 90 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na forma de ureia e 167 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>.

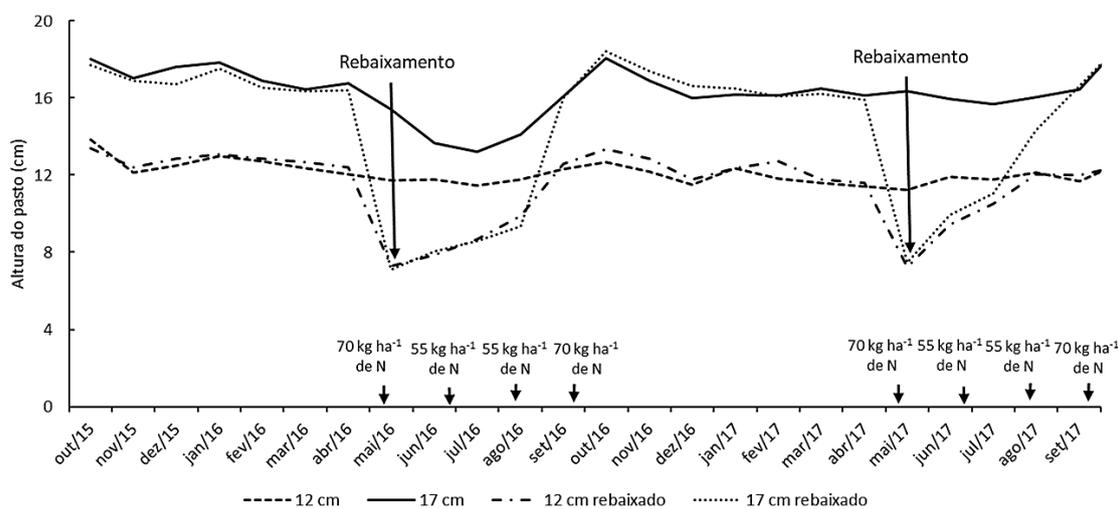
### **5.3.2 Delineamento experimental, tratamentos e manejo**

O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados, em arranjo fatorial 2×2, com três repetições. O primeiro fator foi altura de manejo do pasto (12 e 17 cm) e o segundo fator foi a realização ou não de um rebaixamento dos pastos para 7 cm no outono. Os tratamentos de 12 e 17 cm representaram as respectivas alturas que os pastos foram mantidos de forma ininterrupta ao longo de todo o período experimental. Nos tratamentos em que houve rebaixamento, as alturas de 12 e 17 cm foram mantidas a partir do início do experimento até meados do outono (maio) do primeiro ano de avaliação, quando os pastos foram, então, rebaixados para altura de 7 cm. Após o rebaixamento pontual de outono, foi permitido que os pastos retornassem às suas alturas originais de manejo, as quais foram mantidas até o outono do segundo ano de avaliação, quando novamente o procedimento foi realizado.

O período experimental foi iniciado em outubro de 2015 e encerrado em outubro

de 2017. O controle dos tratamentos foi realizado semanalmente por meio da média calculada a partir de 30 leituras de altura do dossel forrageiro, medidas com régua, em pontos aleatórios dentro de cada unidade experimental (piquetes de 140 m<sup>2</sup>). As alturas foram mantidas por meio de pastejo de bovinos leiteiros (peso vivo médio de 450 kg) utilizando o método ‘*mob-stocking*’ (GILDERSLEEVE et al., 1987), simulando o método de lotação contínua. Os animais eram colocados nos piquetes antes que as alturas dos pastos estivessem 15% acima da altura pretendida, e retirados antes que os valores estivessem 15% abaixo de suas metas de tratamento. As médias das alturas de cada tratamento foram agrupadas mensalmente (Figura 2).

Figura 2 - Altura efetiva dos pastos mistos de capim-quicuiu e festuca e adubações nitrogenadas ao longo do período experimental (outubro de 2015 a setembro de 2017).



Fonte: Adaptado de Miqueloto et al., 2020b.

A adubação nitrogenada foi realizada somente no período hibernal a fim de favorecer o crescimento da festuca. Foram aplicados 250 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N na forma de sulfato de amônio, em 2016 e 2017, fracionados em duas doses de 70 kg ha<sup>-1</sup> (maio e setembro) e duas doses de 55 kg ha<sup>-1</sup> (junho e agosto), com intervalo aproximado de 40 dias entre as adubações (Figura 2).

### 5.3.3 Variáveis medidas e calculadas

As avaliações foram realizadas mensalmente ao longo de todo o período experimental. Para estimativa da densidade populacional de perfilhos (DPP) e área foliar

por perfilho, duas amostras de massa de forragem foram coletadas em pontos representativos da condição média de cada piquete. Toda a massa de forragem contida em uma moldura com área de 0,24 m<sup>2</sup> (80 × 30 cm) foi cortada no nível do solo, armazenada em sacos plásticos identificados e levados ao laboratório, onde foi realizada a separação botânica (festuca e capim-quicuiu) e a contagem de perfilhos de cada espécie. A DPP de cada espécie na amostra foi transformada, então, para número de perfilhos m<sup>-2</sup>.

Após a contagem dos perfilhos, todas as lâminas foliares verdes foram destacadas na região da lígula e passadas em aparelho integrador de área foliar (modelo LI-3100C, Li-Cor, Lincoln, Nebraska, EUA) para determinação da área total de folhas (cm<sup>2</sup>) de cada espécie. Posteriormente, essas folhas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C durante 72 horas para determinação do peso seco (g). A área foliar por perfilho de cada espécie foi determinada por meio da divisão entre a área total de folhas (cm<sup>2</sup>) e o número de perfilhos na amostra. Além disso, a área foliar específica de cada espécie também foi calculada dividindo-se a área foliar (cm<sup>2</sup>) pela massa seca de folhas (g). A partir disso foi possível calcular também o Índice de Área Foliar (IAF) de cada espécie, como sendo o produto da área foliar específica pela massa seca de folhas dividida pela área coletada (0,24 m<sup>2</sup>).

As características morfogênicas, estruturais e o fluxo de tecidos (taxas de crescimento e senescência) foram avaliadas por meio da técnica dos perfilhos marcados (DAVIES, 1993). Em cada piquete foram marcados dez perfilhos de cada espécie (capim-quicuiu e festuca) com fio colorido e numerado distribuídos ao longo de duas transectas (linha com perfilhos marcados) em pontos representativos no momento da marcação dos perfilhos (avaliação visual de altura e massa de forragem). O intervalo entre cada avaliação variou conforme a época do ano, ocorrendo a cada cinco ou, no máximo, a cada sete dias. Cada ciclo de avaliação teve duração de quatro semanas aproximadamente, sendo que, a cada novo ciclo, novos perfilhos eram marcados para avaliação.

As folhas dos perfilhos marcados foram avaliadas da folha mais velha para a mais nova de forma crescente e as avaliações foram: (a) comprimento da lâmina foliar, (b) classificação como em expansão ou madura, (c) intacta ou desfolhada, (d) viva ou senescente. As folhas foram classificadas como 'em expansão' quando suas lígulas não estavam expostas e/ou visíveis, 'maduras' quando a lígula estava exposta e senescente quando parte da lâmina foliar apresentava sinais de senescência (amarelecimento da

região apical da folha).

O comprimento das folhas foi medido de acordo com o estágio de desenvolvimento. Em folhas maduras, a medida foi da ponta da lâmina foliar até a lígula, e o mesmo para folhas em expansão, porém foi considerada a lígula da última folha expandida como referência. Para as folhas em senescência, a medida do comprimento foi da lígula até o ponto onde começavam os sinais de senescência. Além das folhas, o comprimento do colmo (colmo + pseudocolmo) também foi medido como sendo a distância entre a base do colmo e a lígula da última folha completamente expandida.

A partir da coleta desses dados foi possível calcular as seguintes variáveis: taxa de alongamento foliar ( $\text{cm perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ), como sendo o aumento no comprimento da lâmina foliar entre avaliações consecutivas; taxa de alongamento de colmo ( $\text{cm perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ), como o aumento no comprimento de colmo entre avaliações consecutivas; e taxa de senescência foliar ( $\text{cm perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ), como sendo a variação negativa entre medidas sucessivas no comprimento da lâmina foliar, promovida pela senescência. O filocrono, intervalo entre o aparecimento de duas folhas consecutivas, foi estimado em soma térmica (graus-dia), considerando a temperatura base de  $4^{\circ}\text{C}$  para a festuca (LEMAIRE; AGNUSDEI, 2000) e  $8^{\circ}\text{C}$  para o capim-quicuiu (BELL et al., 2013). A duração de vida da folha (graus-dias), tempo decorrido desde o aparecimento da folha até a sua morte, foi calculada como o produto entre o número de folhas vivas por perfilho e o filocrono. O número de folhas vivas por perfilho e o comprimento final de folha (cm) de cada espécie também foram estimados.

Para calcular a taxa de acúmulo líquido de forragem ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  de MS) foi necessário converter as taxas de alongamento e senescência, calculadas em centímetros por perfilho ( $\text{cm perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) em quilogramas por hectare ( $\text{kg ha}^{-1}$  de MS). Para isso, foi estimado o peso por unidade de comprimento (peso específico) das partes dos perfilhos (lâminas foliares e colmo). A determinação do peso seco por unidade de comprimento ( $\text{g cm}^{-1}$ ) foi realizada em cada estação do ano. Foram coletados 100 perfilhos aleatórios de cada espécie (festuca e capim-quicuiu) na área experimental. Todas as folhas e colmos dos perfilhos foram medidos de acordo com a metodologia descrita acima. Em seguida, as folhas e colmos foram separados e as partes senescentes das folhas foram removidas. As folhas e os colmos foram secos em estufa de circulação forçada de ar ( $65^{\circ}\text{C}$ ) por 72 horas e posteriormente pesados para o cálculo do peso específico ( $\text{g cm}^{-1}$ ).

A taxa de acúmulo líquido de forragem foi calculada de acordo com a seguinte equação (1):

$$\text{TACL (kg MS ha}^{-1}\text{dia}^{-1}) = \{[(\text{TAlf} \times \text{peF}) + (\text{TAlc} \times \text{peC})] - (\text{TSf} \times \text{peF})\} \times \text{DPP} \times 10 \quad (1)$$

Em que, TAlf e TAlc são as taxas de alongamento de folha e colmo; TSf é a taxa de senescência foliar; peF e peC são o peso específico ( $\text{g cm}^{-1}$ ) das folhas e colmos; DPP é a densidade populacional de perfilhos de cada uma das espécies na mistura e 10 é um fator de conversão de  $\text{g MS m}^{-2}$  para  $\text{kg MS ha}^{-1}$ .

A taxa de acúmulo líquido de forragem da mistura foi estimada por meio da soma das taxas de acúmulo líquido do capim-quicuiu e festuca. O acúmulo líquido anual foi calculado pela soma dos acúmulos mensais. Além disso, as médias dos acúmulos mensais de forragem de capim-quicuiu e festuca foram ajustados por meio de uma polinomial de quarta ordem, a fim de observar as variações no acúmulo líquido de forragem de cada espécie ao longo do período experimental.

#### 5.3.4 Análise estatística

Os dados foram agrupados em função do padrão de resposta dos pastos às variações climáticas ocorridas ao longo do ano. Somente os dados a partir do primeiro rebaixamento (maio de 2016) foram utilizados para análise estatística. Os dados de outubro de 2015 a abril de 2016 foram agrupados em um período chamado 'pré-rebaixamento' somente para efeito de comparação dos valores encontrados no início do estabelecimento da mistura, sendo que, nessa época, os pastos eram manejados nas respectivas alturas de 12 e 17 cm, mas o fator rebaixamento ainda não havia sido realizado. Dessa forma, os dados, a partir de maio de 2016, coletados mensalmente, foram agrupados em seis épocas, sendo elas: outono/16 (maio a julho de 2016), inverno/16 (agosto e setembro de 2016), primavera/16 (outubro a dezembro de 2016), verão/17 (janeiro a abril de 2017), outono/17 (maio a julho de 2017), e inverno/17 (agosto e setembro de 2017). Devido à ocorrência de geadas e baixas temperaturas no inverno (Tabela 2) não foram realizadas avaliações em plantas de capim-quicuiu nos períodos de inverno de 2016 e 2017.

Posteriormente, os dados foram submetidos a análise de variância utilizando o

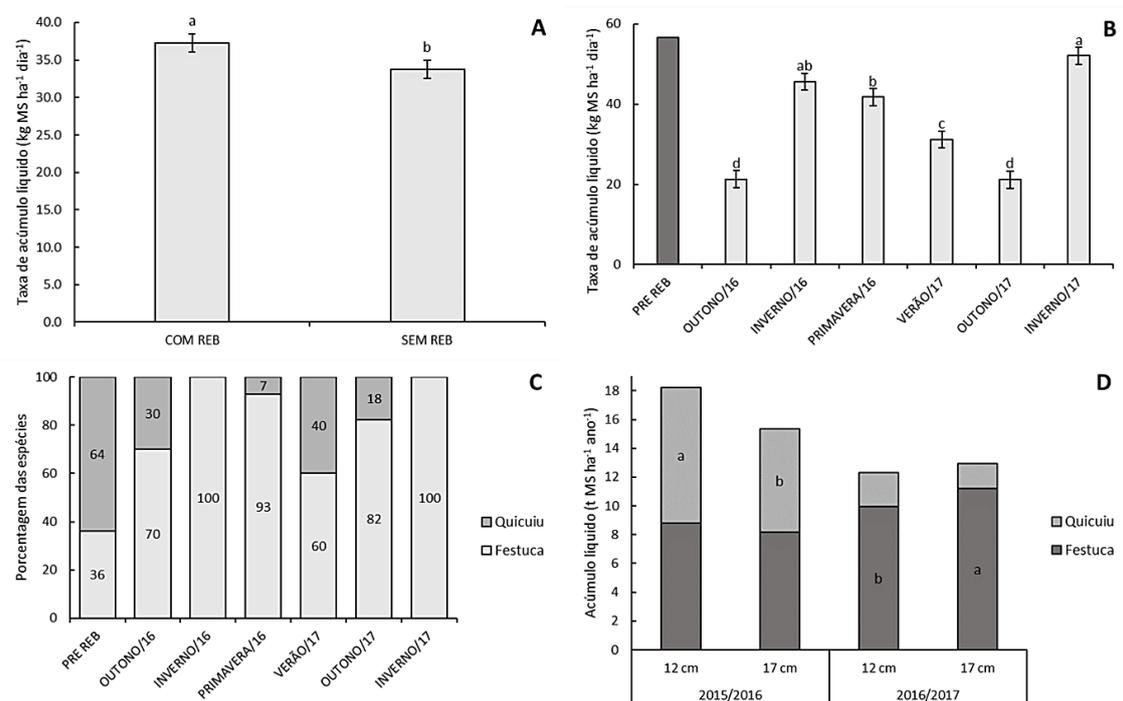
procedimento MIXED (modelos mistos) do pacote estatístico SAS® (*Statistical Analysis System*), versão 9.2. Para a escolha da matriz de covariância que melhor se ajustasse aos conjuntos de dados foi utilizado o Critério de Informação de Akaike (AIC) (WOLFINGER, 1993). Foram utilizados no modelo efeito de altura, rebaixamento, época do ano e as interações altura × rebaixamento, altura × época do ano, rebaixamento × época do ano e altura × rebaixamento × época do ano, considerando as épocas do ano como medidas repetidas no tempo. As médias de cada variável foram estimadas pelo LSMEANS e comparadas pelo teste LSD com  $P < 0,05$ .

## 5.4 RESULTADOS

### 5.4.1 Acúmulo líquido de forragem da mistura

Houve efeito de rebaixamento ( $P = 0,0530$ ) e época do ano ( $P < 0,0001$ ) para taxa de acúmulo líquido de forragem ( $\text{kg MS ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) dos pastos. O rebaixamento dos pastos aumentou a taxa de acúmulo líquido em relação aos pastos não rebaixados (cerca de 11%; Figura 3A). Em relação às épocas do ano, as maiores taxas de acúmulo líquido foram verificadas no inverno de 2016 e 2017, enquanto que as menores taxas foram verificadas no outono de ambos os anos avaliados (Figura 3B).

Figura 3 - Taxa de acúmulo líquido de forragem em pastos mistos de capim-quicuiú e festuca (A) submetidos ou não a um rebaixamento no outono e (B) em diferentes épocas do ano (barra em cinza escuro representa a taxa de acúmulo líquido de forragem no período pré-rebaixamento - outubro de 2015 a abril de 2016). (C) Composição botânica (% de capim-quicuiú e festuca) da taxa de acúmulo líquido em diferentes épocas do ano. (D) Acúmulo líquido ( $t MS ha^{-1} ano^{-1}$ ) de capim-quicuiú e festuca, do período de outubro de 2015 a outubro de 2016 e outubro de 2016 a outubro de 2017, em duas alturas de manejo do pasto (12 e 17 cm).



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste LSD ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

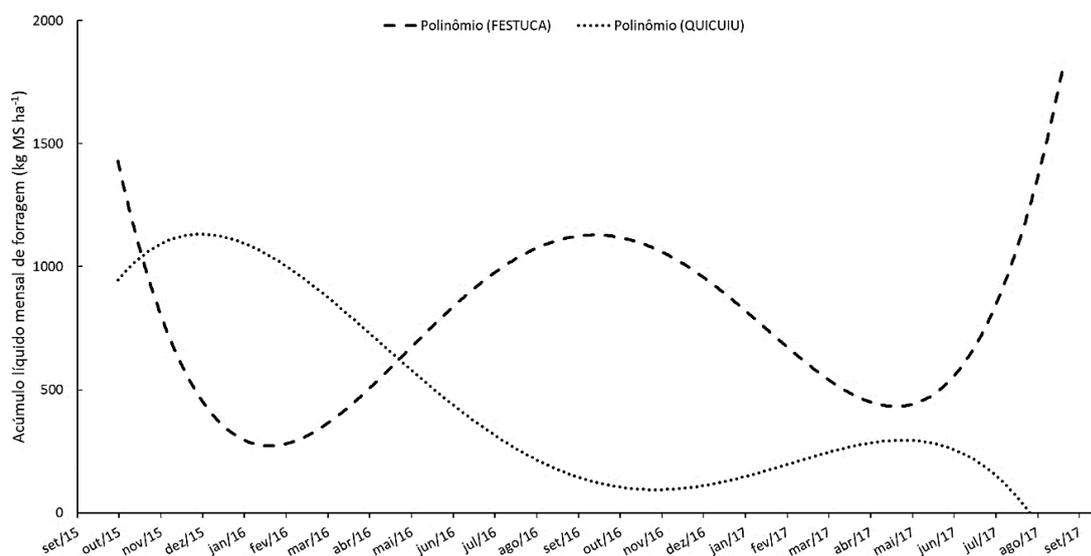
No período estival (primavera e verão) pré-rebaixamento, em 2015/16, o capim-quicuiú compôs a maior proporção (64%) da taxa de acúmulo diário da mistura (Figura 3C). Entretanto, no período estival de 2016/17 foi verificado o inverso, uma vez que a festuca passou a compor maior proporção (em média 76%) da taxa de acúmulo (Figura 3C).

Em relação ao total de massa seca acumulada, no ano de 2015/16, foi verificado efeito de altura do pasto para o acúmulo líquido total de capim-quicuiú ( $P=0,0020$ ). Nesse ano, o acúmulo de forragem de capim-quicuiú foi  $2,3 t MS ha^{-1}$  maior na altura de 12 cm em relação a 17 cm (Figura 3D). No ano de 2016/17 houve efeito de altura para o acúmulo líquido total de festuca ( $P=0,0139$ ), quando a festuca apresentou acúmulo de forragem

1,3 t MS ha<sup>-1</sup> maior no tratamento de 17 cm em relação ao de 12 cm (Figura 3D). Em média, houve redução de 4,5 t MS ha<sup>-1</sup> no acúmulo total do ano de 2015/16 para o ano de 2016/17, sendo que, no primeiro ano, o acúmulo foi composto, em média, por 50% de cada espécie. Entretanto, no segundo ano, a festuca compôs a maior parte do total acumulado (em média 84%).

No primeiro ano de avaliação (outubro de 2015 a setembro de 2016) as espécies foram relativamente complementares no acúmulo líquido de forragem (kg MS ha<sup>-1</sup>), uma vez que os maiores acúmulos de capim-quicuiu ocorreram em períodos com baixo acúmulo de festuca e vice-versa (Figura 4). Entretanto, no segundo ano (outubro de 2016 a setembro de 2017), devido à menor proporção de capim-quicuiu (Figura 3C), o acúmulo líquido da mistura diminuiu independente da altura de manejo e rebaixamento. Nos meses do verão, o capim-quicuiu acumulou em média quantidades menores que a festuca (Figura 4). Os maiores acúmulos de forragem de festuca ocorreram no final do inverno e início da primavera (agosto a outubro) (Figura 4).

Figura 4 - Acúmulo líquido mensal de forragem (kg MS ha<sup>-1</sup>) de festuca e capim-quicuiu cultivados em mistura ao longo de dois anos de avaliação (de outubro de 2015 a setembro de 2017).

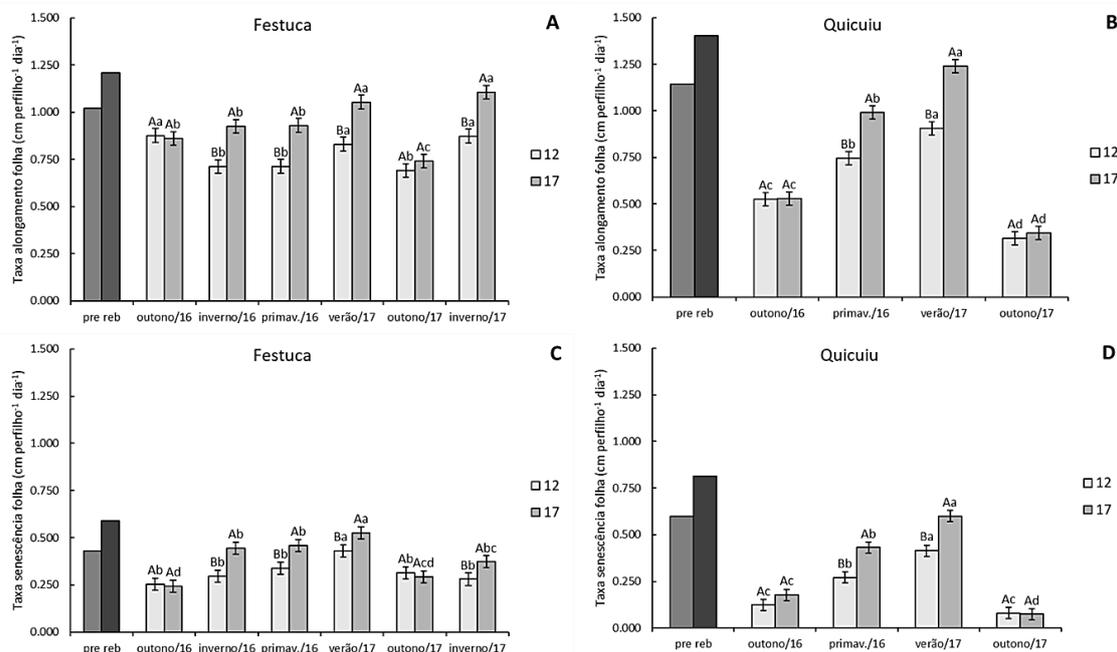


Fonte: Elaborada pela autora (2020).

#### **5.4.2 Taxas de alongamento e senescência foliar e densidade populacional de perfilhos**

Foi verificada interação entre altura do pasto e época do ano para taxa de alongamento de folha de festuca ( $P=0,0025$ ) e capim-quicuiu ( $P<0,0001$ ) e taxa de senescência foliar de festuca ( $P=0,0292$ ) e capim-quicuiu ( $P= 0,0280$ ). A taxa de alongamento foliar da festuca foi maior na altura de 17 cm quando comparada à de 12 cm, em todas as épocas do ano, exceto no outono de ambos os anos avaliados (Figura 5A). O mesmo padrão de resposta foi observado para a taxa de alongamento foliar de capim-quicuiu (Figura 5B). Em ambas as alturas de manejo (12 e 17 cm), a taxa de alongamento foliar da festuca foi maior no inverno de 2017, sendo que não diferiu do verão de 2017 (Figura 5A); já para o capim-quicuiu, as maiores taxas de alongamento foliar ocorreram no verão de 2017 (Figura 5B). A taxa de alongamento foliar do capim-quicuiu reduziu, em média, 16% do primeiro verão em 2016, no período pré-rebaixamento, para o segundo verão em 2017 (Figura 5B). Entretanto, também foi observada redução média de 15% na taxa de alongamento foliar da festuca nesse mesmo período (Figura 5A).

Figura 5 - Taxas de alongamento (A e B) e senescência foliar (C e D) ( $\text{cm perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) de festuca (A e C) e capim-quicuiú (B e D) cultivados em mistura com duas alturas de manejo do pasto (12 e 17 cm) e em diferentes épocas dos anos de 2016 e 2017.



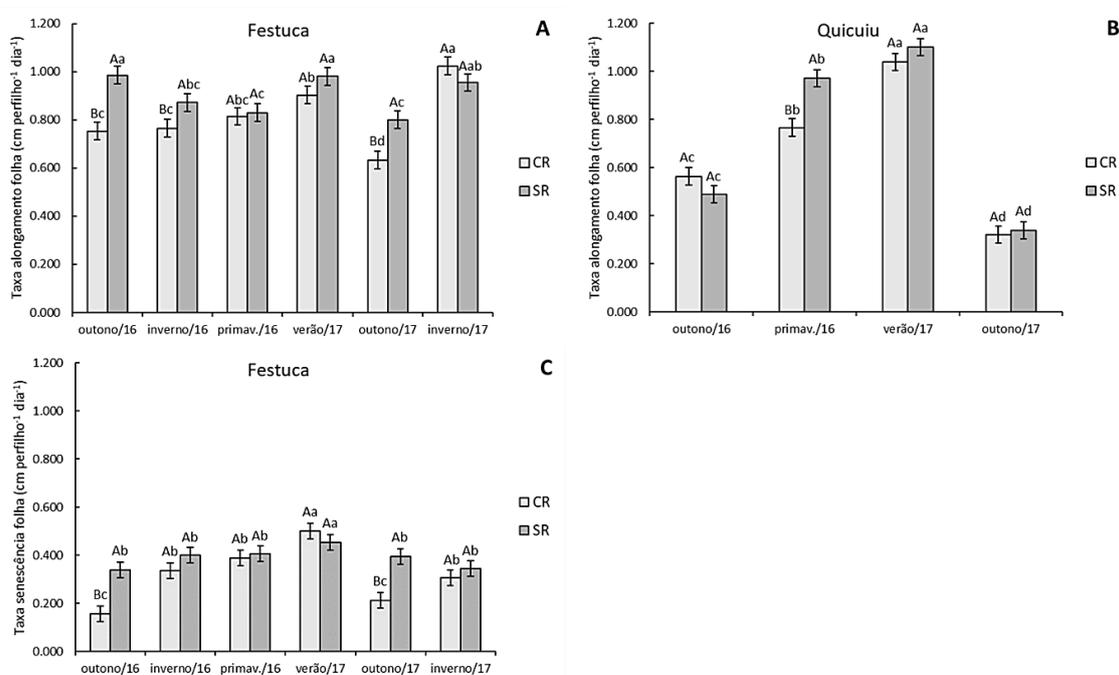
Letras maiúsculas comparam as alturas de manejo na mesma época do ano e letras minúsculas comparam a mesma altura entre as épocas. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula não diferem entre si pelo teste LSD ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

A taxa de senescência foliar apresentou o mesmo padrão de resposta que a taxa de alongamento de folhas, ou seja, para ambas as espécies, o tratamento de 17 cm apresentou maiores taxas de senescência que a altura de 12 cm em todas as épocas do ano, exceto no outono (Figuras 5C e 5D). Além disso, as maiores taxas de senescência foliar ocorreram no verão de 2017 para ambas as espécies e alturas de manejo (Figuras 5C e 5D).

Houve também interação entre rebaixamento e época do ano para taxa de alongamento foliar de festuca ( $P=0,0028$ ) e capim-quicuiú ( $P=0,0201$ ) e taxa de senescência foliar de festuca ( $P=0,0159$ ). No outono de ambos os anos avaliados, o rebaixamento reduziu a taxa de alongamento foliar da festuca (em média, 22%) em relação ao tratamento sem rebaixamento (Figura 6A). No outono de 2016 e 2017 (Figura 6C), a taxa de senescência foliar da festuca foi reduzida, em média, 50% com o rebaixamento. Na primavera de 2016 a taxa de alongamento foliar do capim-quicuiú foi maior no tratamento sem rebaixamento quando comparada ao tratamento com rebaixamento (Figura 6B).

Figura 6 - Taxas de alongamento (A e B) e senescência foliar (C) (cm perfilho<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) de festuca (A e C) e capim-quicuiu (B) cultivados em mistura, submetidos ou não à um rebaixamento no outono (CR – com rebaixamento e SR – sem rebaixamento) e em diferentes épocas dos anos de 2016 e 2017.



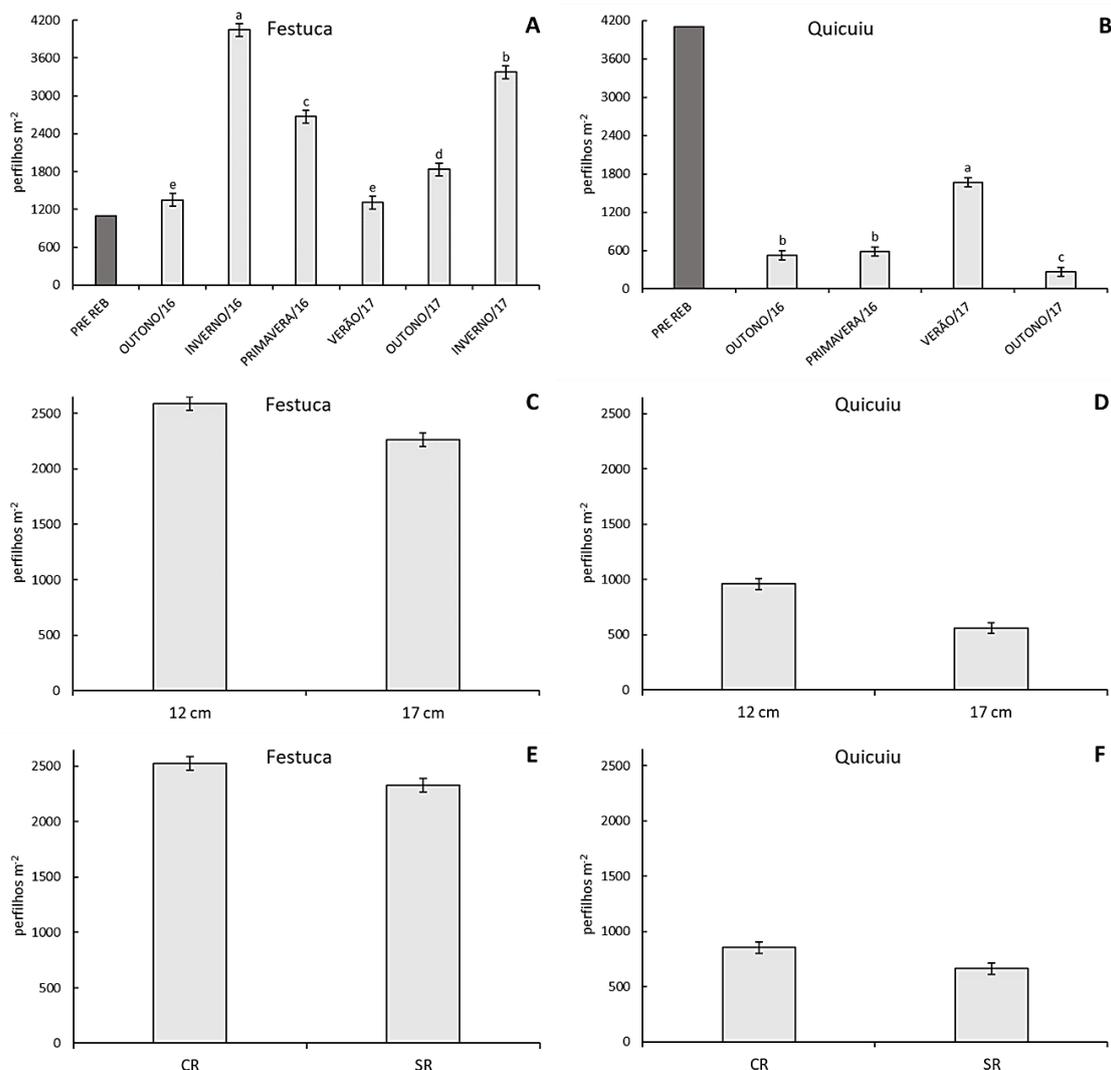
Letras maiúsculas comparam o fator rebaixamento na mesma época do ano e letras minúsculas comparam com ou sem rebaixamento entre as épocas. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula não diferem entre si pelo teste LSD ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

A densidade populacional de perfilhos (DPP) de festuca e capim-quicuiu variou em função da altura do pasto, rebaixamento e época do ano. Em relação às épocas do ano, as maiores DPPs de festuca foram observadas no inverno de 2016 e 2017, com maior valor no primeiro inverno avaliado, em 2016 (Figura 7A) enquanto que para o capim-quicuiu o maior valor de DPP foi verificado no verão de 2017 (Figura 7B). Destaca-se a drástica redução (60%) na DPP do capim-quicuiu do verão de 2016 (período pré-rebaixamento) para o verão de 2017 (Figura 7B). Além disso, o valor de DPP de festuca no inverno de 2016 foi similar ao valor de DPP do capim-quicuiu no verão de 2016 (período pré-rebaixamento). Na altura de manejo de 12 cm, as DPPs de festuca e capim-quicuiu foram maiores que na altura de 17 cm (Figuras 7C e 7D). O aumento da DPP de festuca na altura de 12 cm foi de 14% em relação ao 17 cm (Figura 7C), enquanto o capim-quicuiu aumentou a DPP em 71% na menor altura (12 cm) (Figura 7D). O rebaixamento dos pastos também aumentou a DPP de festuca e capim-quicuiu quando

comparado aos pastos não rebaixados (Figuras 7E e 7F).

Figura 7 - Densidade populacional de perfilhos (perfilhos  $m^{-2}$ ) de festuca e capim-quicuiu em diferentes épocas dos anos de 2016 e 2017 (A e B), em duas alturas de manejo do pasto (C e D) e com (CR) ou sem (SR) rebaixamento (E e F).



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste LSD ( $P < 0,05$ ).

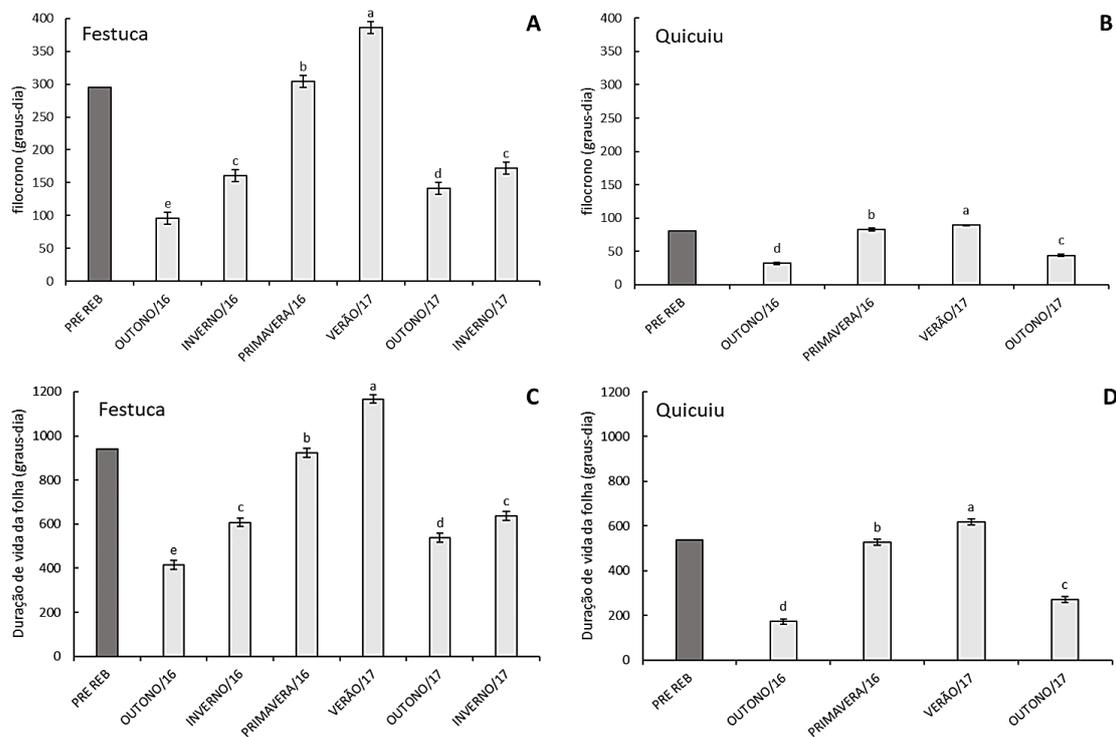
Fonte: Elaborada pela autora (2020).

### 5.4.3 Filocrono e duração de vida das folhas

Foi verificado efeito de época do ano para filocrono de festuca ( $P < 0,0001$ ) e capim-quicuiu ( $P < 0,0001$ ). Os maiores valores de filocrono para festuca ocorreram no verão de 2017, enquanto que os menores valores foram observados no outono de ambos os anos avaliados (Figura 8A). Para o capim-quicuiu o maior valor de filocrono ocorreu

no verão de 2017 (Figura 8B). Em média, o filocrono da festuca (222 graus-dia) foi maior que do capim-quicuiiu (66 graus-dia).

Figura 8 - Filocrono de festuca (A) e capim-quicuiiu (B), e duração de vida da folha de festuca (C) e capim-quicuiiu (D) em diferentes épocas dos anos de 2016 e 2017.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste LSD ( $P < 0,05$ ).  
Fonte: Elaborada pela autora (2020).

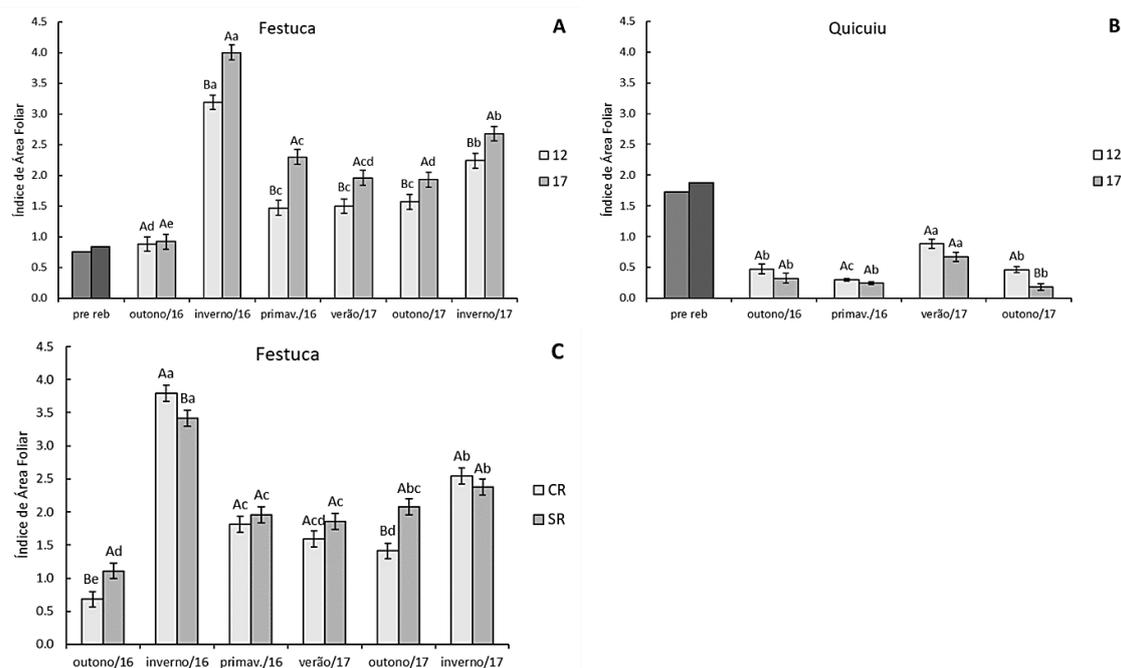
A duração de vida das folhas da festuca e do capim-quicuiiu variou em função da época do ano ( $P < 0,0001$ ) e apresentou padrão de resposta semelhante ao filocrono, com maiores valores observados na primavera e no verão para ambas as espécies (Figuras 8C e 8D).

#### 5.4.4 Índice de Área Foliar

Houve interação entre altura do pasto e época do ano para Índice de Área Foliar (IAF) de festuca ( $P = 0,0172$ ) e capim-quicuiiu ( $P = 0,0264$ ). O IAF de festuca foi maior na altura de 17 cm em relação ao 12 cm, em todas as épocas do ano, exceto no outono de 2016 (Figura 9A). Entre as épocas do ano, os maiores valores de IAF de festuca foram observados no inverno de 2016 e 2017 para ambas as alturas de manejo (Figura 9A). O

capim-quicuiu apresentou os maiores valores de IAF no verão, em ambas as alturas de manejo (Figura 9B). Além disso, somente no outono de 2017, os pastos manejados com 12 cm apresentaram maior valor de IAF de capim-quicuiu que o 17 cm (Figura 9B). Assim como a DPP, o IAF de capim-quicuiu reduziu em média 55% do verão de 2016 (período pré-rebaixamento) para o verão de 2017. Entretanto o valor de IAF de festuca dobrou durante esse mesmo período. Desse modo, o valor de IAF total do pasto (IAF festuca + IAF quicuiu) no verão de 2016 (período pré-rebaixamento) foi similar ao IAF no verão de 2017 (em média 2,5); contudo no primeiro ano avaliado, o capim-quicuiu compôs 70% do IAF total do pasto, enquanto que no segundo ano ocorreu o inverso, sendo que a festuca passou a compor 70% do IAF total.

Figura 9 - Índice de Área Foliar (IAF) de festuca (A e C) e capim-quicuiu (B) em duas alturas de manejo do pasto (12 e 17 cm) (A e B) e de festuca com (CR) ou sem (SR) rebaixamento no outono (C), em diferentes épocas dos anos de 2016 e 2017.



Letras maiúsculas comparam as alturas de manejo ou o fator rebaixamento na mesma época do ano e letras minúsculas comparam a mesma altura ou os tratamentos com e sem rebaixamento entre as épocas. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula não diferem entre si pelo teste LSD ( $P < 0,05$ ).

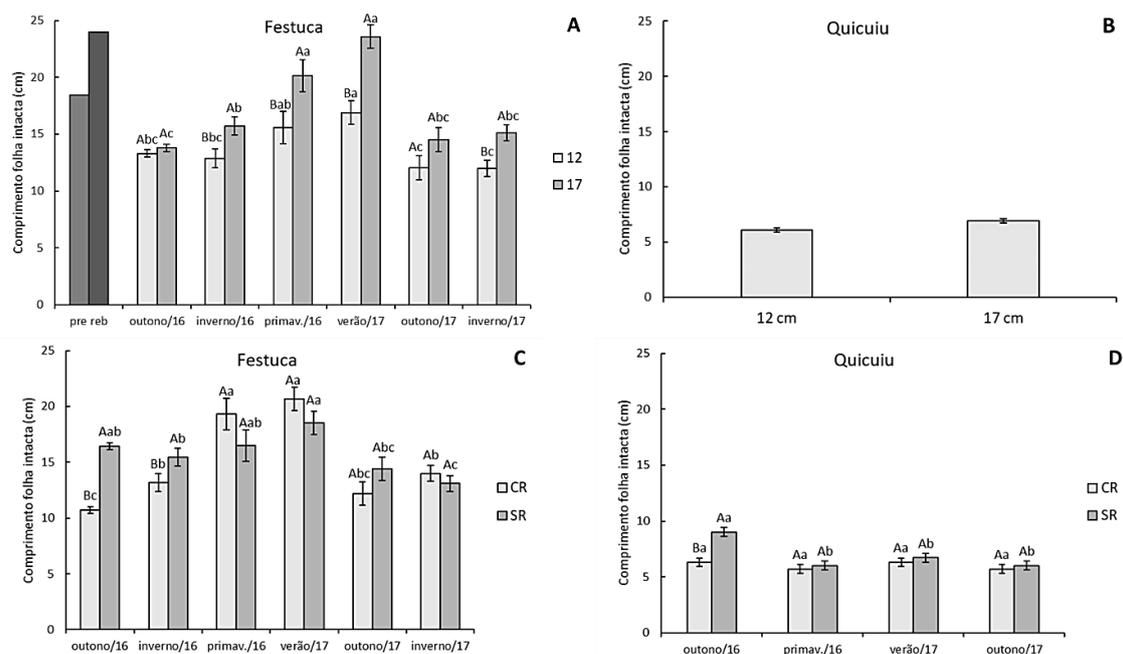
Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Foi verificada também interação entre rebaixamento e época do ano para IAF de festuca ( $P = 0,0010$ ). O rebaixamento reduziu em média 35% o IAF de festuca no outono de ambos os anos avaliados (Figura 9C).

#### **5.4.5 Comprimento final da folha e área foliar por perfilho**

Houve interação entre altura do pasto e época do ano para comprimento final da folha de festuca ( $P=0,0057$ ) e entre rebaixamento e época do ano para comprimento final da folha de festuca ( $P<0,0001$ ) e capim-quicuiu ( $P=0,0096$ ). Além disso, o comprimento final da folha de capim-quicuiu variou em função da altura do pasto ( $P=0,0053$ ). As folhas de festuca foram mais compridas na altura de 17 cm em relação a 12 cm em todas as épocas do ano, exceto no outono (Figura 10A). Entre as épocas do ano, as folhas de festuca apresentaram maior comprimento no verão e na primavera, em ambos os tratamentos de altura do pasto (Figura 10A). O capim-quicuiu também apresentou maior comprimento de folhas no manejo de 17 cm, quando comparado a 12 cm (Figura 10B). O rebaixamento reduziu o comprimento de folhas de festuca e capim-quicuiu somente no outono e inverno de 2016 (Figura 10C e 10D). Em média, a festuca apresentou maior comprimento de folha (16,2 cm) que o capim-quicuiu (6,5 cm).

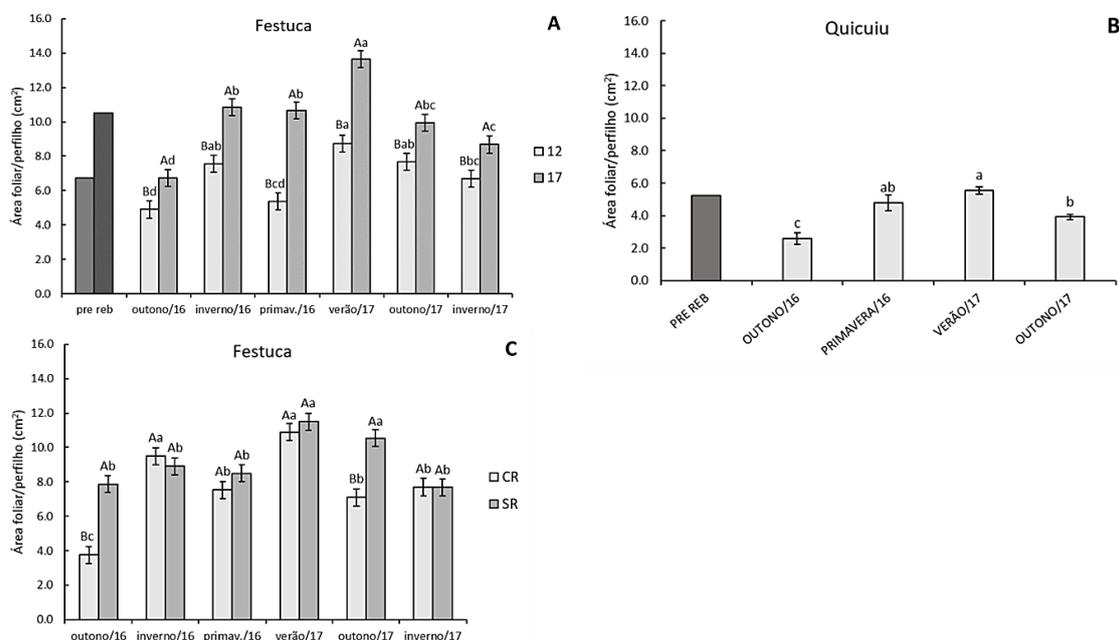
Figura 10 - Comprimento final de folha (cm) de festuca com duas alturas de manejo do pasto (12 e 17 cm) e em diferentes épocas dos anos de 2016 e 2017 (A), e de capim-quicuii com duas alturas de manejo do pasto (12 e 17 cm) (B). Comprimento final de folha (cm) de festuca (C) e capim-quicuii (D), submetidos ou não à um rebaixamento no outono (CR – com rebaixamento e SR – sem rebaixamento) e em diferentes épocas dos anos de 2016 e 2017.



Letras maiúsculas comparam as alturas de manejo ou o fator rebaixamento na mesma época do ano e letras minúsculas comparam a mesma altura ou os tratamentos com e sem rebaixamento entre as épocas. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula não diferem entre si pelo teste LSD ( $P < 0,05$ ).  
Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Houve interação entre altura do pasto e época do ano ( $P = 0,0015$ ) e entre rebaixamento e época do ano ( $P < 0,0001$ ) para área foliar por perfilho de festuca. Em todas as épocas do ano a área foliar por perfilho de festuca foi maior na altura de 17 cm relativamente a 12 cm (Figura 11A). Em média, essa variável aumentou em 48% no manejo de 17 cm em relação ao manejo de 12 cm. No verão foram verificados os maiores valores para área foliar por perfilho de festuca em ambas as alturas de manejo do pasto (Figura 11A). Entretanto, para a altura de 12 cm, o inverno de 2016 e o outono de 2017 não diferiram do verão (Figura 11A). O rebaixamento reduziu, em média, 42% da área foliar por perfilho de festuca, somente no outono de ambos os anos avaliados (Figura 11C).

Figura 11 - Área foliar por perfilho ( $\text{cm}^2$ ) de festuca em duas alturas de manejo do pasto (12 e 17 cm) (A) e com (CR) ou sem (SR) rebaixamento no outono (C), em diferentes épocas do ano; e de capim-quecuiú em diferentes épocas dos anos de 2016 e 2017 (B).



Letras maiúsculas comparam as alturas de manejo ou o fator rebaixamento na mesma época do ano e letras minúsculas comparam a mesma altura ou os tratamentos com e sem rebaixamento entre as épocas. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula não diferem entre si pelo teste LSD ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

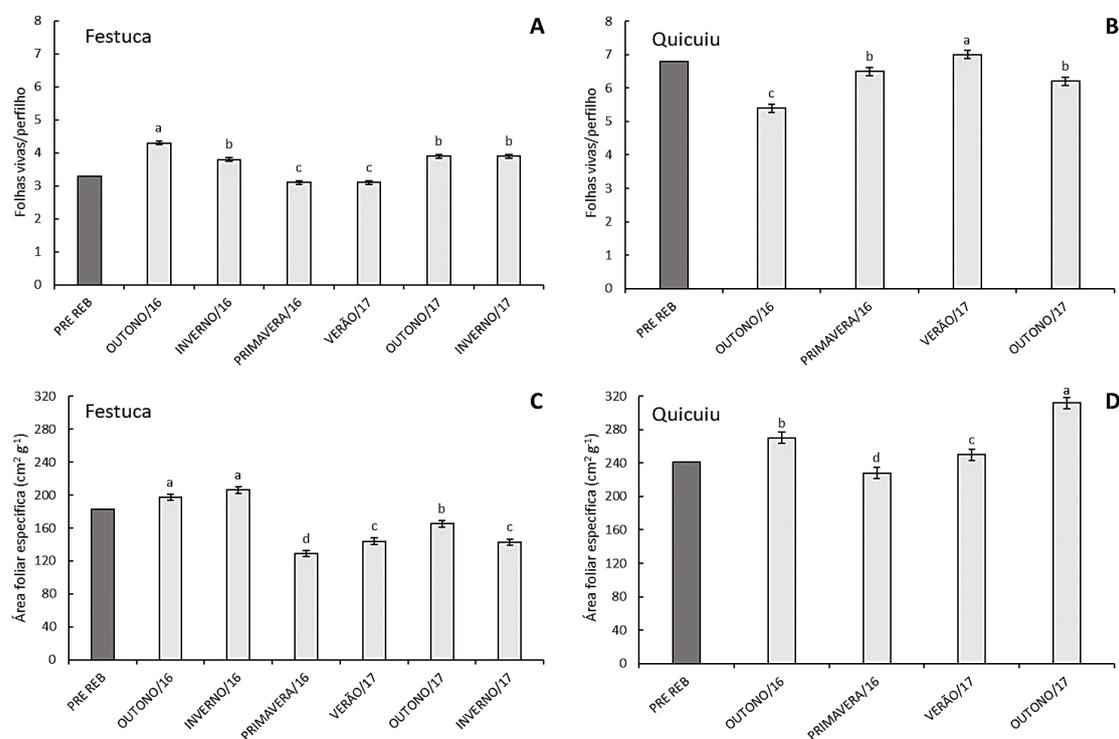
A área foliar por perfilho de capim-quecuiú variou em função da altura do pasto ( $P = 0,0520$ ), rebaixamento ( $P = 0,0080$ ) e época do ano ( $P < 0,0001$ ). Na altura de 17 cm, a área foliar por perfilho de capim-quecuiú ( $4,6 \text{ cm}^2$ ) foi 18% maior que em pastos de 12 cm ( $3,9 \text{ cm}^2$ ). O rebaixamento reduziu em média 21% a área foliar por perfilho de capim-quecuiú, em relação ao tratamento sem rebaixamento. Entre as épocas do ano, o verão e a primavera apresentaram maior área foliar por perfilho de capim-quecuiú (Figura 11B). Apesar da festuca possuir menor número de folhas vivas por perfilho, as folhas possuem maior comprimento, o que resultou em maior área foliar por perfilho (média de  $8,5 \text{ cm}^2$ ) que o capim-quecuiú (média de  $4,4 \text{ cm}^2$ ).

#### 5.4.6 Número de folhas vivas por perfilho e área foliar específica

O número de folhas vivas por perfilho e a área foliar específica de festuca e capim-quecuiú variaram em função da época do ano ( $P < 0,0001$ ). No verão e na primavera a festuca apresentou menor número de folhas vivas por perfilho (Figura 12A) enquanto que

o capim-quicuiu apresentou maior número de folhas vivas por perfilho no verão (Figura 12B). A área foliar específica de festuca foi maior no outono e inverno de 2016, entretanto diminuiu a partir da primavera de 2016, com menor valor nessa época (Figura 12C). O menor valor de área foliar específica de capim-quicuiu também foi observado na primavera enquanto que o maior valor ocorreu no outono de 2017 (Figura 12D). Em média, o capim-quicuiu apresentou maior número de folhas vivas por perfilho (6,5) e área foliar específica ( $260 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ) que a festuca (3,5 folhas/perfilho e  $167 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ , respectivamente).

Figura 12 - Número de folhas vivas por perfilho (A e B) e área foliar específica ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ) (C e D) de festuca e capim-quicuiu em diferentes épocas dos anos de 2016 e 2017.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste LSD ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

## 5.5 DISCUSSÃO

Apesar da redução em 22% na taxa de alongamento foliar da festuca no outono (Figura 6A), o rebaixamento diminuiu em 50% a taxa de senescência foliar da festuca nessa mesma época (Figura 6C) e aumentou em 13% a DPP do pasto (quicuiu + festuca), o que resultou em incremento de 11% na taxa de acúmulo líquido da mistura (Figura 3A),

equivalente ao aumento de  $3,5 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  nos pastos rebaixados. Entretanto, esse ligeiro acréscimo em DPP e na taxa de acúmulo líquido da mistura não compensaram o período aproximado de 90 a 120 dias que os pastos rebaixados levaram para voltar a atingir as alturas de 12 e 17 cm (Figura 2), o que representou um período de 3 a 4 meses em que os pastos rebaixados permaneceram sem pastejo, do final do outono e início do inverno, períodos normalmente críticos em termos de déficit de forragem em regiões de clima subtropical. Por outro lado, pastos não rebaixados acumularam em torno de 1890 a  $2520 \text{ kg MS ha}^{-1}$  ( $21 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ dia}^{-1} \times 90 \text{ dias} = 1890 \text{ kg MS ha}^{-1}$  e  $21 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ dia}^{-1} \times 120 \text{ dias} = 2520 \text{ kg MS ha}^{-1}$ ) durante esse período, acúmulo esse que nos pastos rebaixados foi destinado somente para recuperação da área foliar e das alturas de manejo de 12 e 17 cm. Dessa forma, é possível argumentar que o aumento de somente  $1277 \text{ kg MS ha}^{-1}$  no acúmulo de forragem anual ( $3,5 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ dia}^{-1} \times 365 \text{ dias no ano} = 1277 \text{ kg MS ha}^{-1}$ ), não compensa todo o período que os pastos rebaixados permaneceram sem pastejo a fim de recuperar a massa de forragem removida pelo rebaixamento.

Entre as alturas de manejo do pasto, 12 e 17 cm, não houve diferença para taxa de acúmulo líquido de forragem da mistura ( $P=0,4668$ ), uma vez que, em média, a taxa de alongamento foliar foi maior na altura de 17 cm (Figuras 5A e 5B), mas a taxa de senescência foliar também foi maior (Figuras 5C e 5D). A taxa de alongamento foliar de perfilhos individuais é influenciada pelo tamanho do perfilho (BERONE et al., 2007; SBRISIA et al., 2018). Dessa forma, assim como foi verificado em nosso estudo, em geral pastos manejados com maior altura apresentam menor DPP (Figuras 7C e 7D), entretanto esses perfilhos possuem folhas mais compridas (Figuras 10A e 10B) e, conseqüentemente, maior área foliar por perfilho (Figura 11A). Portanto, as maiores taxas de alongamento foliar observadas no manejo com maior altura (17 cm) acabaram compensando a menor DPP. Além disso, devido ao maior comprimento das folhas na maior altura de manejo, e para manter um número relativamente constante de folhas vivas por perfilho (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996), a taxa de senescência foliar seguiu padrão de variação semelhante à taxa de alongamento foliar, com maior valor na maior altura de manejo. A redução da área foliar por perfilho de festuca no outono (Figura 11C) e de capim-quicuiu com o rebaixamento também pode explicar, portanto, as menores taxas de alongamento foliar de festuca no outono (Figura 6A) e de capim-quicuiu na primavera (Figura 6B) nos pastos rebaixados.

Bircham e Hodgson (1983), com método de lotação contínua, e Sbrissia et al.

(2018), em lotação intermitente, mostraram que o acúmulo líquido de forragem praticamente não foi afetado dentro de uma faixa relativamente grande de metas de manejo (massa de forragem, índice de área foliar, altura do pasto). De acordo com Bircham e Hodgson (1983), essa amplitude demonstra a existência de um mecanismo “homeostático” em que mudanças compensatórias na DPP e no fluxo de tecidos se combinam para manter uma produção líquida de forragem relativamente constante em uma ampla faixa de manejo.

Entretanto, o manejo da altura do pasto influenciou no acúmulo líquido anual de cada espécie na mistura, uma vez que, no primeiro ano de avaliação o capim-quicuiu apresentou maior acúmulo na altura de 12 cm, enquanto que no segundo ano a festuca acumulou mais no manejo de 17 cm (Figura 3D). Miqueloto et al. (2020b), nesse mesmo protocolo experimental, encontraram maior proporção de festuca na massa de forragem na altura de 17 cm em relação a 12 cm, indicando que o manejo da altura do pasto pode modelar a proporção das espécies na mistura e, conseqüentemente, o acúmulo.

Lemaire e Agnusdei (2000) explicaram que com a produção de um novo primórdio foliar o meristema apical produz uma gema axilar, que pode se desenvolver em um perfilho. Dessa forma, a taxa de aparecimento de folhas determina o número potencial de sítios para o aparecimento de novos perfilhos em condições favoráveis (DAVIES, 1974). De maneira geral, em menores alturas de manejo, com menor IAF (Figura 9A), o aparecimento de perfilhos é estimulado pela maior incidência de luz nas gemas axilares (SIMON; LEMAIRE, 1987). Nesse contexto, uma vez que o filocrono é calculado como o inverso da taxa de aparecimento de folhas (LEMAIRE; AGNUSDEI, 2000), gramíneas, como a festuca, com alto valor de filocrono (Figura 8A) e poucas folhas por perfilho (Figura 12A), possuem menor capacidade de perfilhamento que gramíneas como o capim-quicuiu (Figuras 8B e 12B). A maior capacidade da festuca em aumentar a área foliar por perfilho e ocupar melhor o espaço, devido ao maior valor de IAF na maior altura de manejo (Figura 9A), pode explicar o maior acúmulo na altura de 17 cm (Figura 3D). Por outro lado, o capim-quicuiu, devido ao maior potencial de perfilhamento na menor altura, apresentou maior acúmulo em pastos de 12 cm (Figura 3D).

De acordo com Davies (1974), a ocupação das gemas axilares das folhas por novos perfilhos pode ser estimada pelo ‘*site filling*’. Contudo, nem todas as gemas axilares irão se desenvolver em novos perfilhos, especialmente, em condições estressantes como a limitação de nutrientes. A deficiência de nitrogênio, por exemplo, diminui o ‘*site filling*’

(VAN LOO et al., 1992) e suprime a taxa de aparecimento de perfilhos abaixo do valor potencial. Nesse sentido, considerando que a DPP do capim-quicuiu reduziu em 60% do verão de 2016 (período pré-rebaixamento) para o verão de 2017 (Figura 7B) é possível que a falta de adubação nitrogenada no período estival e a competição com a festuca na mistura limitaram o perfilhamento do capim-quicuiu. Isso pode explicar as reduções na proporção de capim-quicuiu (Figura 3C) e na taxa de acúmulo líquido da mistura no verão de 2017 (Figura 3B), além da redução de 4,5 t MS ha<sup>-1</sup> no acúmulo líquido de forragem no segundo ano experimental (2016/17). Provavelmente, a variável que mais influenciou no acúmulo de forragem foi a DPP, uma vez que, a taxa de acúmulo líquido da mistura (Figura 3B) variou conforme as variações na DPP do pasto (Figuras 7A e 7B).

É possível que a falta de adubação nitrogenada no período estival tenha limitado o poder competitivo do capim-quicuiu na mistura com festuca, entretanto é importante destacar que o filocrono de capim-quicuiu não mudou do verão de 2016 (período pré-rebaixamento) para o verão de 2017 (Figura 8B) de modo que é provável que as gemas axilares continuaram sendo formadas, porém não originaram novos perfilhos devido à deficiência de nitrogênio. Logo, o capim-quicuiu pode ter formado um *'bud bank'* (reserva de gemas) (OTT; HARTNETT, 2015) e, possivelmente, consiga repovoar a área com o retorno de condições favoráveis, nesse caso, com retorno de adubação nitrogenada no período estival.

Em relação à festuca, Duchini et al. (2018) encontraram maior aparecimento de perfilhos durante o inverno e um tempo de meia-vida dos perfilhos de 213 dias, o que demonstrou a alta longevidade dos perfilhos de festuca (mais que 6 meses) e o aparecimento de novos perfilhos em uma época específica do ano (inverno). De acordo com Miqueloto et al. (2020a), essas gerações de perfilhos de festuca surgidas no inverno (julho e agosto) foram fundamentais para os incrementos populacionais da espécie, além de assegurar sua persistência, uma vez que essas gerações foram responsáveis pela manutenção da população durante o verão.

Durante o final do outono e inverno, a festuca diminuiu o filocrono (Figura 8A) e o comprimento de folha (Figura 10A), e aumentou o número de folhas vivas por perfilho (Figura 12A). Provavelmente, essas mudanças nos perfilhos de festuca resultaram em acréscimo no número de gemas axilares que originaram novos perfilhos nessa época do ano, uma vez que os maiores valores de DPP de festuca foram observados durante o inverno (Figura 7A). Além disso, a DPP de festuca no inverno de 2016 foi similar à DPP

do capim-quicuiu no verão de 2016 (período pré-rebaixamento), o que demonstra a alta capacidade de perfilhamento de festuca durante o período hibernal, potencializada pela aplicação de N no inverno. Entretanto, a DPP de festuca reduziu 68% durante o verão (Figura 7A). Esse padrão de resposta observado para festuca pode estar associado à redução do perfilhamento em períodos com temperaturas mais elevadas e aumento no número de perfilhos em temperaturas mais amenas, com menor fotoperíodo (SAXENA et al., 2014). De acordo com Matthew et al. (1995), ajustes entre o número e o tamanho dos perfilhos podem garantir o potencial produtivo das pastagens. De fato, concomitante à redução em DPP, a festuca aumentou a área foliar por perfilho durante o verão (Figura 11A), o que, provavelmente, garantiu a sua persistência na área nessa época do ano.

Após o efetivo estabelecimento da festuca, no inverno de 2016, essa espécie passou a dominar a composição botânica do pasto, mesmo durante a estação quente (Figura 3C). Isso possivelmente prejudicou a rebrota do capim-quicuiu durante o período de primavera/verão no segundo ano de avaliação. Além disso, a festuca apresentou uma lenta renovação de tecidos (maiores valores de filocrono e duração de vida da folha; Figuras 8A e 8C) em relação ao capim-quicuiu durante ao verão. Nesse sentido, espera-se uma baixa ciclagem de nutrientes dos tecidos de festuca para o capim-quicuiu nessa época do ano. Desse modo, diferente do capim-quicuiu, o qual paralisou o crescimento devido às baixas temperaturas e ocorrência de geadas no inverno, a festuca não paralisou o crescimento durante o verão e, mesmo com a redução em DPP continuou ocupando o espaço, devido ao aumento na área foliar por perfilho, sendo que os valores de IAF de festuca (Figura 9A) foram maiores que os valores observados para o capim-quicuiu (Figura 9B) no verão de 2017. Nesse contexto, um rebaixamento dos pastos (similar ao que foi realizado nesse protocolo durante o outono) na primavera poderia abrir o dossel para maior entrada de luz a fim de estimular a rebrota do capim-quicuiu durante a estação quente.

Cruz et al. (2002) classificaram as pastagens em diferentes tipos funcionais, dependendo de suas estratégias de crescimento. Nesse sentido, as espécies mais exploradoras têm maior capacidade de usar os recursos disponíveis e renovar seus tecidos do que as mais conservadoras. De acordo com Pontes et al. (2012), a área foliar específica (AFE) é um indicador da estratégia de crescimento da planta, uma vez que espécies conservadoras tendem a apresentar menor AFE do que as exploradoras. Em média, a AFE observada para a festuca (Figura 12C) foi menor que a AFE do capim-quicuiu (Figura

12D), principalmente a partir da primavera de 2016, o que demonstrou o caráter conservador da festuca ao concentrar mais massa seca por unidade de área foliar que o capim-quicuiu. Além disso, a festuca apresentou maior filocrono e duração de vida de folha durante a primavera e o verão (Figuras 8A e 8C), ou seja, a renovação de tecidos da festuca foi mais lenta que do capim-quicuiu no período estival. Dessa forma, espera-se demanda maior por nutrientes, como o nitrogênio, das plantas de capim-quicuiu a fim de conseguir suprir essa acelerada renovação de tecidos nas estações quentes do ano.

Em trabalho realizado por Miqueloto et al. (2020a), nesse mesmo protocolo experimental, a persistência do capim-quicuiu foi dependente do recrutamento frequente de novos perfilhos, já que foi caracterizado por gerações pouco longevas (3-4 meses, em média). Segundo os autores, a competição com a festuca e a falta de adubação nitrogenada no período estival penalizaram a rebrota do capim-quicuiu e a festuca acabou dominando a área. Nesse sentido, plantas competidoras e exploradoras, como o capim-quicuiu, são dependentes de ambientes férteis e condições favoráveis para o seu crescimento e persistência (GRIME, 1974).

Nesse contexto, Quétier et al. (2007) verificaram que em ambientes férteis as espécies conservadoras e exploradoras tinham a mesma proporção, por outro lado, em pastos não adubados, em torno de 80% da massa de forragem foi composta por espécies conservadoras. Desse modo, assim como recomendado por Duchini et al. (2018), é necessário garantir uma entrada constante e adequada de recursos para o perfilhamento e persistência das espécies exploradoras, como o capim-quicuiu. Além disso, os autores afirmam que, embora as espécies conservadoras sejam menos afetadas pelo estresse, o suprimento adequado de recursos na época em que ocorre a recuperação da população de perfilhos (inverno no caso da festuca) pode ajudar na persistência no longo prazo.

Em trabalho realizado por Sbrissia et al. (2018), a taxa de acúmulo líquido de forragem do capim-quicuiu em monocultivo foi de  $60 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , durante os meses de dezembro a maio. Logo, é possível estimar que o capim-quicuiu em monocultivo acumulou em torno de  $11 \text{ t MS ha}^{-1}$  durante os seis meses avaliados por esses autores. Em relação à festuca, Duchini et al. (2019) encontraram acúmulo líquido de forragem aproximado de  $10 \text{ t MS ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para essa espécie em monocultivo. Nesse contexto, a mistura de capim-quicuiu e festuca apresentou alto potencial produtivo, uma vez que, no primeiro ano de avaliação, o acúmulo líquido anual foi de  $17 \text{ t MS ha}^{-1}$ , em média. Além disso, é importante destacar a melhor estabilidade produtiva que a mistura dessas espécies

apresentou, sendo que, durante a estação quente, o capim-quicuiu complementou o menor acúmulo observado para festuca, e vice-versa (Figura 4).

## 5.6 CONCLUSÕES

Não é recomendado o rebaixamento dos pastos no outono, pois, embora aumente a taxa de acúmulo líquido de forragem da mistura, atrasa o retorno das alturas de manejo entre 90 e 120 dias, o que praticamente inviabiliza o pastejo de inverno, aumentando o problema de vazio forrageiro.

O manejo da altura do pasto influencia no acúmulo das espécies na mistura, sendo que altura de manejo moderada (12 cm em lotação contínua) favorece o acúmulo de capim-quicuiu, enquanto que altura de manejo leniente (17 cm) favorece o acúmulo de festuca na mistura.

A mistura de capim-quicuiu e festuca possui potencial produtivo, uma vez que essas espécies são complementares em acúmulo de forragem e apresentam picos produtivos em diferentes épocas do ano. Entretanto, a falta de adubação nitrogenada e a competição com a festuca no período estival prejudicam a persistência de espécies exploradoras como o capim-quicuiu, e a festuca (conservadora) domina a proporção na mistura. Dessa forma, sugere-se avaliar estratégias de fertilização nitrogenada que beneficiem ambas as espécies, a fim de garantir a persistência do capim-quicuiu na mistura, uma vez que a partir do segundo ano de implantação da mistura é preciso assegurar adequada fertilização para ambas as espécies, durante todo o ano.

## 5.7 REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

BELL, M. J.; ECKARD, R. J.; HARRISON, M. T.; NEAL, J. S.; CULLEN, B. R. Effect of warming on the productivity of perennial ryegrass and kikuyu pastures in south-eastern Australia. *Crop and Pasture Science*, v. 64, p. 61–70, 2013.

BERONE, G. D.; LATTANZI, F. A.; COLABELLI, M. R.; AGNUSDEI, M. G. A comparative analysis of the temperature response of leaf elongation in *Bromus stamineus* and *Lolium perenne* plants in the field: Intrinsic and size-mediated effects. *Annals of Botany*, v. 100, p. 813–820, 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.

CRUZ, P.; DURU, M.; THEROND, O.; THEAU, J. P.; DUCOURTIEUX, C.; JOUANY, C.; et al. Une nouvelle approche pour caractériser les prairies naturelles et leur valeur d'usage. **Fourrages**, v. 172, p. 335-354, 2002.

DA SILVA, S. C.; SBRISIA, A. F.; PEREIRA, L. E. T. Ecophysiology of C<sub>4</sub> forage grasses: Understanding plant growth for optimising their use and management. **Agriculture**, v. 5; p. 598–625, 2015.

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

DAVIES, A. Tissue turnover in the sward. In: DAVIES, A.; BAKER, R.D.; GRANT, S.A. et al. (Eds.). **Sward measurement handbook**. London: British Grassland Society, 1993. p. 183-216, 1993.

DUCHINI, P. G.; GUZATTI, G. C.; ECHEVERRIA, J. R.; AMÉRICO, L. F.; SBRISIA, A. F. Experimental evidence that the perennial grass persistence pathway is linked to plant growth strategy. **Plos One**, v. 13, n. 11, p. 1–15, 2018.

DUCHINI, P. G.; GUZATTI, G. C.; ECHEVERRIA, J. R.; AMÉRICO, L. F.; SBRISIA, A. F. Can a mixture of perennial grasses with contrasting growth strategies compose productive and stable swards? **Agronomy Journal**, v. 3, n. 1, p. 224-232, 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FRANZLUEBBERS, A. J.; SEMAN, D. H.; STUEDEMANN, J. A. Forage dynamics in mixed tall fescue–bermudagrass pastures of the Southern Piedmont USA. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 168, p. 37-45, 2013.

GARCÍA, S. C.; ISLAM, M. R.; CLARK, C. E. F.; MARTIN, P. M. Kikuyu-based pasture for dairy production: a review. **Crop and Pasture Science**, v. 65, n. 8, p. 787-797, 2014.

GILDERSLEEVE, R. R.; OCUMPAUGH, W. R.; QUESENBERY, K. H.; MOORE, J. E. Mob-grazing of morphologically different *Aeschynomene* species. **Tropical Grasslands**, v. 21, p. 123–132, 1987.

GRIME, J. P. Evidence for existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. **The American Naturalist**, v. 111, n. 982, p. 1669-1194, 1977.

GRIME, J. P. Vegetation classification by reference to strategies. **Nature**, v. 250, p. 26-31, 1974.

LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. In: LEMAIRES, G., HODGSON, J., MORAES, A., et al. (Eds.) **Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology**. Wallingford: CAB International, 2000. p. 265-288.

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

MATTHEW, C.; LEMAIRES, G.; HAMILTON, N. S.; HERNANDEZ-GARAY, A. A modified self-thinning equation to describe size/density relationships for defoliated swards. **Annals of Botany**, v. 76, n. 6, p. 579-587, 1995.

MIQUELOTO, T.; BERNARDON, A.; WINTER, F. L.; SBRISSIA, A. F. Population dynamics in mixed canopies composed of kikuyu-grass and tall fescue. **Agronomy**, v. 10, n. 5, p. 1-11, 2020a.

MIQUELOTO, T.; WINTER, F. L.; BERNARDON, A.; CAVALCANTI, H. S.; MEDEIROS NETO, C.; MARTINS, C. D. M.; SBRISSIA, A. F. Canopy structure of mixed kikuyugrass-tall fescue pastures in response to grazing management. **Crop Science**, p. 1-8, 2020b.

OTT, J. P.; HARTNETT, D. C. Vegetative reproduction and bud bank dynamics of the perennial grass *Andropogon gerardii* in mixedgrass and tallgrass prairie. **American Midland Naturalist**, v. 174, n. 1, p. 14-32, 2015.

PONTES, L. S.; MAIRE, V.; LOUAULT, F.; SOUSSANA, J. F.; CARRÈRE, P. Impacts of species interactions on grass community productivity under contrasting management regimes. **Oecologia**, v. 168, p. 761-771, 2012.

QUÉTIER, F.; THÉBAULT, A.; LAVOREL, S. Plant traits in a state and transition framework as markers of ecosystem response to land-use change. **Ecological Monographs**, v. 77, n. 1, p. 33-52, 2007.

SAHA, D. C.; JACKSON, M. A.; JOHNSON-CICALESE, J. M. A rapid staining method for detection of endophytic fungi in turf and forage grasses. **The American Phytopathological Society**, v. 78, n. 2, p. 237-239, 1988.

SAXENA, P.; HUANG, B.; BONOS, S. A.; MEYER, W. A. Photoperiod and temperature effects on rhizome production and tillering rate in tall fescue [*Lolium arundinaceum* (Schreb.) Darby.]. **Crop Science**, v. 54, p. 1205-1210, 2014.

SBRISSIA, A. F.; DUCHINI, P. G.; ECHEVERRIA, J. R.; MIQUELOTO, T.; BERNARDON, A.; AMÉRICO, L. F. Produção animal em pastagens cultivadas em regiões de clima temperado da América Latina. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 25, p. 47-60, 2017.

SBRISSIA, A. F.; DUCHINI, P. G.; ZANINI, G. D.; SANTOS, G. T.; PADILHA, D. A.; SCHMITT, D. Defoliation strategies in pastures submitted to intermittent stocking method: underlying mechanisms buffering forage accumulation over a range of grazing heights. **Crop Science**, v. 58, n. 2, p. 945-954, 2018.

SIMON, J. C.; LEMAIRE, G. Tillerling and leaf area index in grasses in the vegetative phase. **Grass and Forage Science**, v. 42, p. 373–380, 1987.

VAN LOO, E. N.; SCHAPENDONK, A.H.C.M.; DE VOS, A.L.F. Effects of nitrogen supply on tillering dynamics and regrowth of perennial ryegrass populations. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v. 40, p. 381-400, 1992.

WOLFINGER, R. D. Covariance structure selection in general mixed models. **Communications in Statistics Simulation and Computation**, v. 22, n. 4, p. 1079-1106, 1993.

## 6 SELEÇÃO DE FORRAGEM POR BOVINOS EM PASTEJO EM PASTOS MISTOS DE CAPIM-QUICUIU E FESTUCA

### 6.1 RESUMO

Em uma mistura de gramíneas perenes, como capim-quicuiu e festuca, o animal em pastejo pode selecionar alguma das espécies no período de verão. A hipótese central deste trabalho é que os animais em pastejo selecionam plantas de capim-quicuiu em relação à festuca, independente da altura de manejo do pasto, entretanto o rebaixamento dos pastos na primavera diminuiria essa seleção. O principal objetivo foi avaliar a seleção de forragem em uma mistura de capim-quicuiu e festuca, durante o período de verão, manejada de forma intermitente com duas alturas pré-pastejo, associadas ou não com um rebaixamento na primavera. Foram implantados quatro tratamentos em um delineamento em blocos completos casualizados, em esquema fatorial (2×2), com três repetições. O arranjo fatorial consistiu de duas alturas em pré-pastejo (15 e 20 cm) associadas ou não com um rebaixamento pontual de primavera a um resíduo de 6 cm. As avaliações foram realizadas em janeiro de 2018 e janeiro de 2019. Em 2018, o capim-quicuiu encontrava-se em menor proporção na massa total de folhas (30%) e a seleção por plantas de capim-quicuiu em relação à festuca ocorreu, principalmente, nas primeiras horas de pastejo. Em 2019, o capim-quicuiu compôs 70% da massa total de folhas e os animais selecionaram o capim-quicuiu em relação à festuca ao longo de todo o período de ocupação. Em ambos os anos avaliados, independente da proporção de capim-quicuiu na massa total de folhas, em média, a porcentagem de folhas de capim-quicuiu que foram desfolhadas no total do período de ocupação (67%) foi maior que a porcentagem de folhas de festuca desfolhadas (47%). Em 2018, o rebaixamento de primavera aumentou a proporção de festuca desfolhada e diminuiu o índice de seletividade para valores próximos a 1, somente na altura pré-pastejo de 15 cm. A hipótese deste trabalho foi confirmada, sendo que bovinos em pastejo exercem seleção por plantas de capim-quicuiu em relação à festuca no verão.

**Palavras-chave:** altura do pasto, composição química, comprimento de folha, índice de seletividade.

## 6.2 INTRODUÇÃO

Animais em pastejo podem mediar as interações competitivas entre espécies vegetais em função da desfolhação diferencial das plantas (ARCHER; DETLING, 1984). Allen et al. (2011) definiram seleção de forragem como sendo a remoção de forragens específicas ou componentes específicos de forragens ao invés de outras forragens ou partes de plantas, sendo que a seleção da dieta pelo animal em pastejo poderia ser considerada como uma função da preferência modificada pela oportunidade. De acordo com os mesmos autores, o termo “preferência” é uma medida da ingestão relativa de diferentes forragens quando o acesso à forragem é irrestrito. Dessa forma, preferência é uma expressão relativa que requer a oportunidade de escolha entre dois ou mais componentes.

Em pastos mistos de gramíneas perenes, como capim-quicuiu (gramínea perene de verão) e festuca (gramínea perene de inverno), o período de verão é o único momento em que o animal em pastejo pode selecionar alguma das espécies na mistura, uma vez que ambas estão em estágio vegetativo e com crescimento ativo nesse período (MIQUELOTO et al., 2020b). Em relação à festuca, Duchini et al. (2018) encontraram maior aparecimento de perfilhos durante o inverno e um tempo de meia-vida desses perfilhos de 213 dias, o que demonstrou a alta longevidade dos perfilhos de festuca (mais que 6 meses). Além disso, de acordo com Miqueloto et al. (2020a), essas gerações de perfilhos de festuca surgidas no inverno (julho e agosto) foram responsáveis pela manutenção da população durante o verão. Nesse sentido, é possível inferir que os perfilhos de festuca, durante o período de verão, são velhos, ou seja, com teores maiores de fibras e baixa digestibilidade comparado à época de inverno/primavera (MACADAM et al., 1996; AGNUSDEI et al., 2011; INSUA et al., 2017).

Por outro lado, o capim-quicuiu, em geral, apresenta produção de forragem concentrada entre os meses de dezembro a maio, uma vez que o crescimento é paralisado em função das baixas temperaturas no final do outono e a ocorrência de geadas seca a parte aérea, ocorrendo rebrotação somente no final da primavera, com o aumento da temperatura (SBRISSIA et al., 2018). Além disso, o capim-quicuiu apresenta acelerada renovação de tecidos, uma vez que seus perfilhos são caracterizados por gerações pouco longevas (3-4 meses, em média) (MIQUELOTO et al., 2020a). Desse modo, diferente da festuca, é possível que o capim-quicuiu apresente menor teor de fibras e maior

digestibilidade durante o verão.

Ainda em relação à festuca, Cougnon et al. (2014) relataram uma desvantagem dessa espécie em relação às outras gramíneas perenes de inverno (como o azevém perene), que é o baixo consumo voluntário pelos animais. Outro fator a ser considerado, é o hábito de crescimento ereto e as folhas compridas da festuca, que fazem com que a planta contenha mais tecidos de sustentação e, conseqüentemente, maior teor de fibras (COUGNON et al., 2018).

O manejo da altura do pasto pode modificar a composição botânica e estrutural da comunidade vegetal (HICKMAN et al., 2004; MIQUELOTO et al., 2020b). Nesse sentido, a remoção dos tecidos velhos da festuca por meio de um rebaixamento dos pastos na primavera poderia aumentar a renovação de tecidos e o surgimento de novos perfilhos durante o verão (WINTER, 2019), resultado da maior entrada de luz na base do dossel forrageiro (DEREGIBUS et al., 1983). Dessa forma, esse manejo pode modificar as características estruturais e químicas das plantas no verão e influenciar a seleção de forragem pelos animais em pastejo na mistura de capim-quicuiu e festuca.

Nesse contexto, a hipótese deste trabalho é que no período de verão os animais em pastejo selecionam plantas de capim-quicuiu em relação à festuca na mistura, independente da altura de manejo do pasto. Entretanto, o rebaixamento dos pastos na primavera diminuiria essa seleção. Os objetivos foram: (1) avaliar a seleção dos animais em pastejo por alguma das espécies em uma mistura de capim-quicuiu e festuca durante o verão, manejada de forma intermitente com duas alturas pré-pastejo, associadas ou não com um rebaixamento na primavera; e (2) determinar as principais características estruturais e químicas das gramíneas na mistura que influenciam na desfolhação.

## 6.3 MATERIAL E MÉTODOS

### 6.3.1 Local, delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina em Lages, SC (27°48'58" S; 50°19'34" O). O local encontra-se a uma altitude de 900 m e o clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cfb (clima subtropical úmido) (ALVARES et al., 2013), com verão ameno, inverno frio e chuvas bem distribuídas ao longo do ano.

O experimento foi realizado em área já estabelecida com a mistura entre capim-quicuiu e festuca desde maio de 2015. O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados, em arranjo fatorial  $2 \times 2$ , com três repetições, sendo que cada unidade experimental (piquete) possuía em torno de  $140 \text{ m}^2$ . Os pastos já vinham sendo manejados com diferentes alturas (mantidos a 12 e 17 cm) e a partir de outubro de 2017 foram manejados sob método de lotação intermitente, com duas alturas de entrada dos animais nos piquetes (fator A): 15 e 20 cm, e 40% de severidade de desfolhação, sendo, portanto, as alturas de saída 9 e 12 cm, respectivamente. O fator B foi a adoção ou não de uma maior severidade de desfolhação aplicada pontualmente em meados da primavera (novembro), resultando em um resíduo pontual de 6 cm. Após o rebaixamento, os pastos eram novamente manejados com 40% de severidade de desfolhação. Dessa forma, o arranjo fatorial consistiu de duas alturas em pré-pastejo (15 e 20 cm) associadas ou não a um rebaixamento de primavera (resíduo de 6 cm). O controle dos tratamentos foi realizado por meio da média da altura dos pastos calculada a partir de 30 leituras com régua, em pontos aleatoriamente escolhidos dentro de cada piquete.

As avaliações foram realizadas em janeiro de 2018 e janeiro de 2019, período em que ambas as espécies da mistura estavam em estágio vegetativo. A adubação nitrogenada era realizada a cada 60 dias na dose de  $60 \text{ kg de N ha}^{-1}$  na forma de sulfato de amônio ao longo de todo o ano. Em ambos os anos as avaliações foram iniciadas somente após a adubação nitrogenada realizada em janeiro.

Foram utilizadas quatro novilhas da raça Holandesa com peso corporal médio de 300 kg. Os animais permaneceram em área reserva, anexa ao experimento, com a mesma mistura de capim-quicuiu e festuca durante todo o período experimental, em janeiro. Ao atingir as alturas pré-pastejo, duas novilhas eram alocadas em cada piquete (uso animal aprovado pela comissão de ética no uso de animais sob protocolo 6241030918) por um período de ocupação de 24 horas.

### **6.3.2 Variáveis medidas e calculadas**

Antes da entrada dos animais nos piquetes, quando a altura pré-pastejo era atingida, três amostras de forragem foram coletadas aleatoriamente em cada piquete. Toda a massa de forragem contida em uma moldura com área de  $0,24 \text{ m}^2$  ( $80 \times 30 \text{ cm}$ ) foi cortada no nível do solo, armazenada em sacos plásticos identificados e levados ao

laboratório, onde foi realizada a separação botânica (festuca e quicuiu) e a contagem de perfilhos de cada espécie a fim de estimar a densidade populacional de perfilhos (DPP) de festuca e capim-quicuiu. A contagem da DPP do capim-quicuiu foi separada em perfilhos aéreos e basais. A DPP de cada espécie na amostra foi transformada para número de perfilhos  $m^{-2}$ .

Após contagem dos perfilhos, todas as lâminas foliares verdes foram destacadas e passadas em um integrador de área foliar (modelo LI-3100C, Li-Cor, Lincoln, Nebraska, EUA) para determinação da área total de folhas ( $cm^2$ ) de cada espécie. Posteriormente, essas folhas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a  $65^{\circ}C$  durante 72 horas para determinação do peso seco (g). A área foliar por perfilho de cada espécie foi determinada por meio da divisão entre a área total de folhas ( $cm^2$ ) e o número de perfilhos na amostra. Além disso, a área foliar específica de cada espécie foi calculada dividindo-se a área foliar ( $cm^2$ ) pela massa seca de folhas (g).

As folhas de festuca e capim-quicuiu, provenientes das amostras de massa de forragem, após serem secas e pesadas, foram moídas em moinho tipo “Willey” com peneira de 1 mm. As análises químicas foram realizadas em duplicatas para os seguintes componentes: fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) pelo método de Van Soest et al. (1991) adaptado para um analisador de fibras (ANKOM Technology, Macedon NY, USA); e nitrogênio total determinado pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1995). Os teores de proteína bruta foram estimados multiplicando-se os teores de N total por 6,25. Os dados foram corrigidos para o teor de matéria seca, que foi determinado por meio da secagem das amostras em estufa de circulação forçada de ar a  $105^{\circ}C$  por 24 horas.

O padrão de desfolhação dos pastos foi avaliado por meio da técnica dos perfilhos marcados (DAVIES, 1993). Em cada piquete, antes da entrada dos animais, foram marcados dez perfilhos de cada espécie (quicuiu e festuca) com fita adesiva colorida e numerada na base do perfilho para facilitar a localização dos mesmos. Os perfilhos foram marcados ao longo de duas transectas (linha com perfilhos marcados), sendo que em cada transecta foram marcados cinco perfilhos de cada espécie, com distância aproximada de um metro entre eles. As transectas foram alocadas nas diagonais de cada piquete. A marcação de cada espécie foi feita de forma intercalada, sendo que foram escolhidos pontos dentro do piquete com predomínio de cada espécie para marcação dos perfilhos.

As folhas dos perfilhos marcados foram avaliadas da folha mais velha para a mais

nova de forma crescente e as avaliações foram: (a) comprimento da lâmina foliar, (b) classificação como em expansão ou madura, (c) intacta ou desfolhada, (d) viva ou senescente. As folhas foram classificadas como ‘em expansão’ quando suas lígulas não estavam expostas e/ou visíveis, ‘maduras’ quando a lígula estava exposta e senescente quando parte da lâmina foliar apresentava sinais de senescência (amarelecimento da região apical da folha). O comprimento das folhas foi medido de acordo com o estágio de desenvolvimento. Em folhas maduras, a medida foi da ponta da lâmina foliar até a lígula, e o mesmo para folhas em expansão, porém foi considerada a lígula da última folha expandida como referência. Para as folhas em senescência a medida do comprimento foi da lígula até o ponto onde começavam os sinais de senescência. Além das folhas, o comprimento do colmo (colmo + pseudocolmo) também foi medido como sendo a distância entre a base do colmo e a lígula da última folha completamente expandida.

As avaliações nos perfilhos foram realizadas em quatro momentos durante o período de ocupação de 24 horas dos piquetes: I) em pré-pastejo (às 7:00 horas); II) após a primeira atividade de pastejo (às 10:00 horas); III) após a segunda atividade de pastejo (às 18:00 horas) e IV) em pós-pastejo (às 7:00 horas do dia seguinte). As características estruturais das plantas, como o comprimento médio das folhas maduras intactas e colmo (cm) e número de folhas vivas/perfilho foram calculadas a partir dos dados coletados no primeiro momento, em pré-pastejo.

Em cada momento e no total do período de ocupação foram calculados o comprimento total de folhas (cm) e o comprimento desfolhado (cm) por perfilho. Ao multiplicar esses valores pela DPP de cada espécie obtém-se o comprimento de folhas e desfolhado total ( $\text{cm m}^{-2}$ ). Esses dados em centímetros foram transformados para gramas por meio do cálculo do peso por unidade de comprimento ( $\text{g de MS cm}^{-1}$ ) das folhas. A determinação dessa variável foi realizada por meio da coleta de 100 perfilhos aleatórios de cada espécie (festuca e quicuiu) na área experimental. Todas as folhas dos perfilhos foram medidas de acordo com a metodologia descrita acima. Após, as folhas foram destacadas dos perfilhos e tiveram as partes senescentes removidas. As folhas foram secas em estufa de circulação forçada de ar ( $65^{\circ}\text{C}$ ) por 72 horas e posteriormente pesadas. Por meio da divisão entre o peso seco das folhas (g) e o comprimento total de folhas (cm) obtém-se o peso por unidade de comprimento de folhas de cada espécie.

Desse modo, a massa seca de folhas e a massa desfolhada ( $\text{kg MS ha}^{-1}$ ), para cada espécie, em cada momento e no total do período de ocupação, foram calculadas de acordo

com a seguinte equação (2):

$$\text{Massa seca (kg ha}^{-1}\text{)} = (\text{Comprimento folha (cm)} \times \text{peso específico (g cm}^{-1}\text{)} \times \text{DPP (perfilhos m}^{-2}\text{)}) \times 10 \quad (2)$$

A composição botânica da massa de folhas (% de capim-quicuiu e festuca) foi calculada por meio da divisão entre a massa de folhas de cada espécie pela massa de folhas total (quicuiu + festuca). Em relação à proporção de massa desfolhada de cada espécie, no total do período de ocupação, foi estimada pela divisão do total de massa de folhas consumidas em cada espécie, pela massa de folhas estimada em pré-pastejo. Enquanto que a porcentagem de massa de folhas consumidas, em cada momento durante o período de ocupação, foi calculada pela divisão da massa desfolhada no momento, pela massa de folhas no momento anterior, para capim-quicuiu e festuca.

A partir desses dados, foi possível calcular o índice de seletividade (PALHANO et al., 2005) a fim de identificar seleção de forragem pelos animais em pastejo em três momentos e no total do período de ocupação. Valores de índice de seletividade maiores que 1 indicam seletividade por plantas de capim-quicuiu, valores iguais a 1 indicam ausência de seletividade, e valores menores que 1 indicam seleção por festuca. Os índices de seletividade foram calculados de acordo com a seguinte equação (3):

$$\text{I.S.} = \frac{\text{massa de folhas consumidas de quicuiu/massa de folhas de quicuiu}}{\text{massa de folhas consumidas de festuca/massa de folhas de festuca}} \quad (3)$$

No ano de 2019, após a saída dos animais dos piquetes, em pós-pastejo, os perfilhos marcados continuaram sendo avaliados durante o período de rebrotação até atingirem a altura pré-pastejo novamente a fim de estimar as características morfogênicas: taxa de alongamento foliar (cm perfilho<sup>-1</sup> grau-dia<sup>-1</sup>), filocrono e duração de vida da folha (graus-dia) de capim-quicuiu e festuca. As avaliações nos perfilhos foram realizadas em intervalos de cinco dias durante aproximadamente 30 dias. Para o cálculo da soma térmica durante o período de avaliação, foi utilizada temperatura base de 4°C para a festuca (LEMAIRE; AGNUSDEI, 2000) e 8°C para o capim-quicuiu (BELL et al., 2013).

### 6.3.3 Análise estatística

Depois de satisfeitas as pressuposições de normalidade e homogeneidade de variâncias, os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o pacote estatístico SAS® (*Statistical Analysis System*). O modelo (equação 4) utilizado incluiu os efeitos do fator A ( $fA$ ), fator B ( $fB$ ), bem como a interação ( $fA \times fB$ ) como descrito abaixo:

$$Y_{ijk} = \mu + fA_i + fB_j + (fA \times fB)_{ij} + b_k + \varepsilon_{ijk} \quad (4)$$

A estimativa das médias foi realizada por meio do LSMEANS e a comparação entre elas pelo teste de LSD a 5% de significância. Além disso, para avaliar as diferenças entre as espécies (quicuiu e festuca) para as características avaliadas, os dados encontrados para festuca e capim-quicuiu foram analisados por meio de contrastes ortogonais ( $P < 0,05$ ).

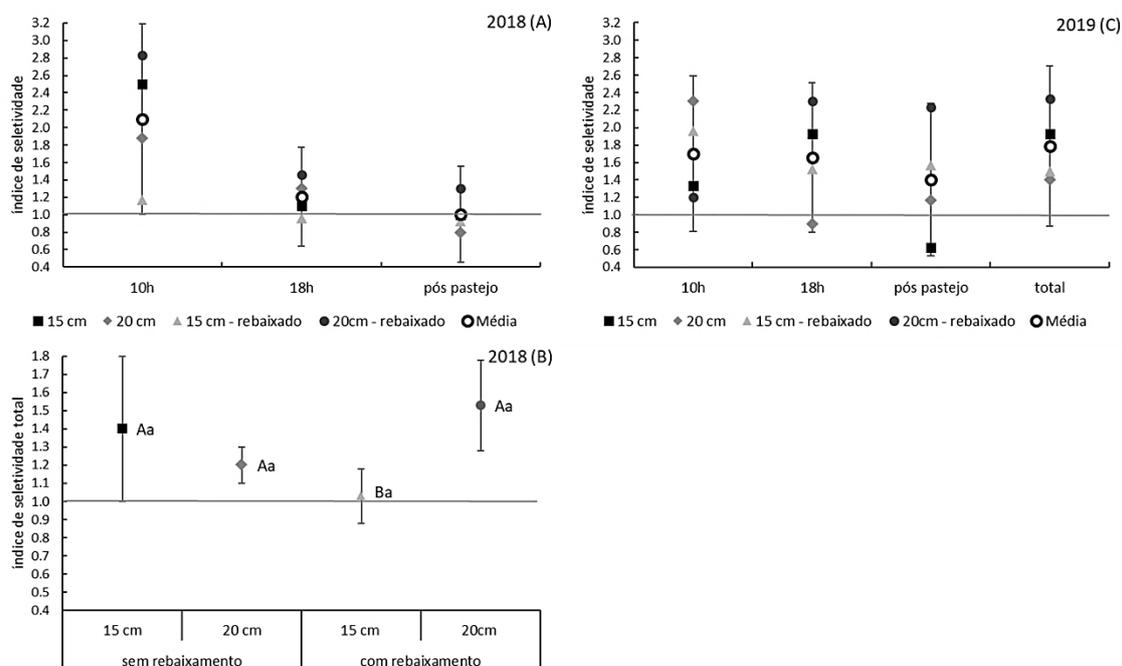
A fim de identificar as principais características das plantas que melhor se correlacionaram com a desfolhação e seleção de forragem na mistura de capim-quicuiu e festuca, foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) com o conjunto de dados das variáveis: desfolhação (porcentagem da massa de folhas de cada espécie, capim-quicuiu ou festuca, que foi desfolhada no total do período de ocupação), composição botânica (porcentagem de cada espécie na massa total de folhas), teores de FDN, FDA e proteína bruta, e comprimento da folha (cm).

## 6.4 RESULTADOS

### 6.4.1 Índice de seletividade e composição botânica

No ano de 2018, as médias de todos os tratamentos para o índice de seletividade encontraram-se acima do valor de referência 1 durante a primeira atividade de pastejo (10h) (Figura 13A). Desse modo, independentemente do tratamento, os animais exerceram seleção por plantas de capim-quicuiu em relação à festuca logo nas primeiras horas de pastejo. Os valores de índice de seletividade diminuíram ao longo do período de ocupação, chegando ao valor médio de 1 no último momento, na saída dos animais dos piquetes (Figura 13A).

Figura 13 - (A) Índice de seletividade no verão de 2018 e (C) 2019 em pastos mistos de capim-quicuiu e festuca manejados com alturas pré-pastejo de 15 ou 20 cm e com ou sem rebaixamento de primavera, durante três momentos ao longo do período de ocupação (10h, 18h e pós pastejo) e no total. (B) Índice de seletividade no total do período de ocupação em 2018.

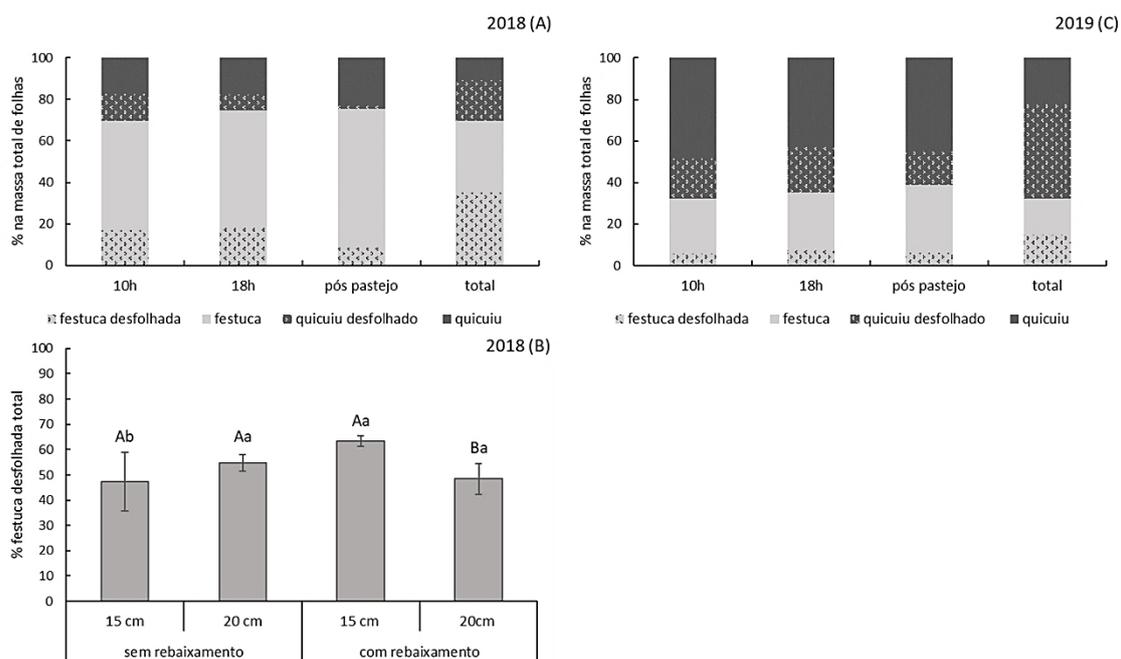


As barras indicam o desvio padrão em relação à média. (B) Letras maiúsculas comparam as alturas pré-pastejo (15 e 20 cm) no mesmo fator do tratamento rebaixamento (com e sem) e letras minúsculas comparam o fator rebaixamento (com e sem) na mesma altura pré-pastejo (15 e 20 cm). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula não diferem entre si pelo teste LSD ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Ainda no ano de 2018, em média, 70% da massa total de folhas foi composta por festuca e 30% por capim-quicuiu (Figura 14A). Sendo que, 43, 31 e 9% do total de folhas de capim-quicuiu ofertado foram desfolhadas nos momentos 1, 2 e 3, respectivamente (Figura 14A). Enquanto que, 26, 25 e 11% do total de folhas de festuca ofertado, foram desfolhadas nos momentos 1, 2 e 3, respectivamente (Figura 14A). Verifica-se, portanto, que somente no final do período de ocupação (momento 3), a porcentagem de folhas de festuca desfolhada foi maior que a porcentagem observada para o capim-quicuiu. No entanto, durante as atividades de pastejo da manhã e da tarde (momentos 1 e 2), os animais exerceram seleção por capim-quicuiu em relação à festuca, sendo que a porcentagem de folhas de capim-quicuiu desfolhadas foi maior nesses momentos. No total do período de ocupação, em média, 67% de folhas de capim-quicuiu ofertado foram desfolhadas e 51% das folhas de festuca ofertada foram desfolhadas (Figura 14A).

Figura 14 - (A) Composição botânica da massa de folhas no verão de 2018 e (C) 2019 em pastos mistos de capim-quicuiú e festuca e porcentagem da massa de folhas desfolhada de cada espécie em três momentos ao longo do período de ocupação (10h, 18h e pós pastejo) e no total. (B) Porcentagem da massa de folhas de festuca desfolhada em pastos mistos de capim-quicuiú e festuca manejados com alturas pré-pastejo de 15 ou 20 cm e com ou sem rebaixamento de primavera, no total do período de ocupação em 2018.



(B) Letras maiúsculas comparam as alturas pré-pastejo (15 e 20 cm) no mesmo fator do tratamento rebaixamento (com e sem) e letras minúsculas comparam o fator rebaixamento (com e sem) na mesma altura pré-pastejo (15 e 20 cm). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula não diferem entre si pelo teste LSD ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Houve interação entre altura pré-pastejo  $\times$  rebaixamento ( $P = 0,0375$ ) para o índice de seletividade no total do período de ocupação do primeiro ano de avaliação (2018). O índice de seletividade no total foi menor nos pastos com altura pré-pastejo de 15 cm do que nos pastos com 20 cm somente no tratamento com rebaixamento na primavera (Figura 13B). Essa mesma interação foi observada para a porcentagem de festuca desfolhada no total do período de ocupação ( $P = 0,0387$ ). Nos pastos com rebaixamento na primavera, o total de folhas de festuca desfolhada foi maior na altura pré-pastejo de 15 cm em relação à altura de 20 cm (Figura 14B). Dessa forma, é possível afirmar que o índice de seletividade no tratamento de altura pré-pastejo 15 cm com rebaixamento foi muito próximo a 1 (Figura 13B).

Não foi verificado efeito de tratamento para nenhuma das variáveis no ano de 2019. Nesse ano, os valores médios para o índice de seletividade foram maiores que o valor de referência 1 em todos os momentos avaliados (Figura 13C). Em contraste ao ano de 2018, a massa total de folhas foi composta, em média, por 30% de festuca e 70% de capim-quicuiu em 2019 (Figura 14C), sendo que 29, 33 e 27% do total de folhas de capim-quicuiu ofertado foram desfolhadas nos momentos 1, 2 e 3, respectivamente (Figura 14C). Em relação à festuca, 16, 20 e 18% do total de folhas ofertado foram desfolhadas nos momentos 1, 2 e 3, respectivamente (Figura 14C). Assim como no ano de 2018, no total do período de ocupação, em média, 67% de folhas de capim-quicuiu ofertado foram desfolhadas em 2019 comparativamente a 44% das folhas de festuca ofertadas (Figura 14C).

#### **6.4.2 Composição bromatológica e características estruturais das espécies**

No ano de 2018 foi verificado efeito de altura pré-pastejo para as variáveis da composição bromatológica (FDA, FDN e proteína bruta) e características estruturais (comprimento da folha, densidade populacional de perfilhos e área foliar por perfilho) em ambas as espécies da mistura (festuca e capim-quicuiu), exceto para comprimento da folha e densidade populacional de perfilhos (DPP) de festuca (Tabela 3). Na altura pré-pastejo de 20 cm foram observados os maiores valores de FDA e FDN, e área foliar por perfilho de ambas as espécies estudadas, e também de comprimento da folha de capim-quicuiu (Tabela 3). Somente os valores de proteína bruta de capim-quicuiu e festuca, e também DPP de capim-quicuiu, foram menores na altura de 20 cm em relação ao tratamento de 15 cm (Tabela 3). É importante destacar que a DPP total de capim-quicuiu foi composta por, em média, 62% de perfilhos aéreos em 2018.

Tabela 3 - Composição bromatológica das lâminas foliares (FDA, FDN e proteína bruta) e características estruturais (comprimento da folha, densidade populacional de perfilhos e área foliar/perfilho) de capim-quicuiu e festuca cultivados em mistura e manejados com alturas pré-pastejo de 15 ou 20 cm e com ou sem rebaixamento de primavera, em 2018 e 2019.

Váriaveis	2018								
	Altura pré-pastejo		Rebaixamento		Desvio Padrão	P-valor	Reb	Altura	Alt × Reb
	15 cm	20 cm	Sem	Com					
FDA quicuiu (%)	24,15 B	24,73 A	23,75 b	25,13 a	0,84	<0,0001	0,0070	0,2539	
FDA festuca (%)	27,23 B	28,38 A	28,2 a	27,42 b	0,90	0,0218	0,0040	0,4988	
FDN quicuiu (%)	57,90 B	60,92 A	58,82 b	60,00 a	2,06	0,0467	0,0007	0,0860	
FDN festuca (%)	57,07 B	58,67 A	57,86		1,07	0,2943	0,0024	0,2234	
Proteína bruta quicuiu (%)	24,27 A	23,22 B	24,30 a	23,18 b	1,04	0,0269	0,0339	0,2544	
Proteína bruta festuca (%)	20,78 A	19,68 B	20,23		0,75	0,4058	0,0102	0,7489	
Comprimento folha quicuiu (cm)	11,37 B	13,80 A	11,82 b	13,35 a	2,19	0,0405	0,0061	0,1406	
Comprimento folha festuca (cm)	27,17				3,87	0,2431	0,2431	0,4099	
DPP quicuiu aéreo (perfilhos m <sup>-2</sup> )	1068 A	629 B	848		359	0,5239	0,0133	0,2613	
DPP quicuiu basal (perfilhos m <sup>-2</sup> )	770 A	318 B	544		306	0,4489	0,0104	0,8681	
DPP festuca (perfilhos m <sup>-2</sup> )	1908				434	0,6965	0,3035	0,4863	
Área foliar/perfilho (cm <sup>2</sup> ) quicuiu	7,68 B	15,38 A	8,66 b	14,40 a	5,61	0,0001	<0,0001	0,0642	
Área foliar/perfilho (cm <sup>2</sup> ) festuca	10,00 B	14,96 A	12,48		3,17	0,3446	0,0024	0,6000	
2019									
DPP quicuiu aéreo (perfilhos m <sup>-2</sup> )	948				461	0,5053	0,1066	0,8303	
DPP quicuiu basal (perfilhos m <sup>-2</sup> )	731				638	0,4243	0,4201	0,7001	
DPP festuca (perfilhos m <sup>-2</sup> )	325 B	548 A	436		197	0,1495	0,0474	0,8870	

Letras maiúsculas comparam as médias do tratamento altura pré-pastejo (15 e 20 cm) e letras minúsculas comparam as médias do tratamento rebaixamento (com e sem). Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste LSD (P<0,05).

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Além disso, houve efeito de rebaixamento para FDA de capim-quicuiu e festuca, e FDN, proteína bruta, comprimento da folha e área foliar por perfilho de capim-quicuiu em 2018 (Tabela 3). Nesse ano, o rebaixamento na primavera diminuiu o teor de FDA da festuca, entretanto aumentou os teores de FDA e FDN, o comprimento da folha e a área foliar por perfilho do capim-quicuiu, em relação ao tratamento sem rebaixamento (Tabela 3). Em relação ao capim-quicuiu, somente o teor de proteína bruta foi menor com o rebaixamento (Tabela 3). No ano de 2019, somente foi verificado efeito de altura pré-pastejo para DPP de festuca, sendo que a DPP de festuca apresentou maior valor na altura de 20 cm em relação ao tratamento de 15 cm (Tabela 3). Além disso, em 2019, a DPP total de capim-quicuiu foi composta por, em média, 60% de perfilhos aéreos.

De acordo com a análise de contrastes entre capim-quicuiu e festuca, o quicuiu apresentou menor teor de FDA, comprimento da folha e área foliar por perfilho em relação à festuca (Tabela 4). Por outro lado, o teor de proteína bruta, comprimento do colmo, número de folhas vivas por perfilho e a área foliar específica foram maiores nas plantas de capim-quicuiu relativamente à festuca, em ambos os anos de avaliação (Tabela 4). O teor de FDN foi significativamente maior para o capim-quicuiu somente no ano 2018. Em relação às características morfogênicas, no ano de 2019, o capim-quicuiu apresentou maior taxa de alongamento foliar e menor filocrono e duração de vida da folha que a festuca (Tabela 4).

Tabela 4 - Análise de contraste entre festuca e capim-quicuiu, cultivados em mistura, para composição bromatológica (FDA, FDN e proteína bruta) e características estruturais (comprimento da folha e do colmo, área foliar por perfilho, número de folhas vivas por perfilho e área foliar específica) em dois anos de avaliação (2018 e 2019) , e para características morfológicas (taxa de alongamento foliar, filocrono e duração de vida da folha) em 2019.

<b>Variáveis</b>	<b>Quicuiu</b>	<b>Festuca</b>	<b>P-valor</b>
<b>2018</b>			
FDA (%)	24,44	27,82	<0,0001
FDN (%)	59,41	57,86	0,0002
Proteína bruta (%)	23,74	20,23	<0,0001
Comprimento folha (cm)	12,60	27,17	<0,0001
Comprimento colmo (cm)	9,68	6,60	0,0004
Área foliar/perfilho (cm <sup>2</sup> )	8,59	11,73	0,0029
Nº folhas vivas/perfilho	6,8	3,3	<0,0001
Área Foliar Específica	283,7	186,9	<0,0001
<b>2019</b>			
FDA (%)	24,40	27,91	<0,0001
FDN (%)	63,82	61,54	0,1019
Proteína bruta (%)	22,12	20,00	0,0242
Comprimento folha (cm)	11,16	20,91	<0,0001
Comprimento colmo (cm)	9,70	6,63	0,0005
Área foliar/perfilho (cm <sup>2</sup> )	9,90	20,96	<0,0001
Nº folhas vivas/perfilho	7,2	3,4	<0,0001
Área Foliar Específica	222,2	128,7	<0,0001
Taxa de alongamento foliar (cm perf <sup>-1</sup> grau-dia <sup>-1</sup> )	0,13	0,09	0,0004
Filocrono (graus-dia)	59,91	218,82	<0,0001
Duração de vida da folha (graus-dia)	431,35	743,98	<0,0001

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Com relação à análise de componentes principais (CP), segundo Jolliffe (1986), *eigenvalues* inferiores a um poderiam ser desconsiderados ou, então, poderia se escolher componentes que explicassem até 60% da variação nos dados. Jolliffe (1986) ainda sugeriu que as correlações entre CP e variáveis originais menores que 0,25 fossem desconsideradas. Nesse sentido, foram considerados somente os dois primeiros CP's da análise realizada (Tabela 5). O primeiro CP explicou 46,9% da variação total dos dados (Tabela 5). Nesse primeiro CP, a desfolhação esteve negativamente relacionada com o

teor de FDA e comprimento da folha, e relacionada positivamente ao teor de proteína bruta. Além disso, houve relação positiva entre teor de FDA e comprimento da folha e, ainda, relação negativa entre teor de FDA e proteína bruta (Tabela 5).

Tabela 5 - Análise de componentes principais: *eigenvalue*, proporção da variância explicada por cada componente, acumulada e correlações entre os componentes e as variáveis originais.

<i>Eigenvalue</i>	2,812	1,257	0,867	0,627	0,366	0,070
Proporção	0,469	0,210	0,144	0,105	0,061	0,012
Acumulado	0,469	0,678	0,823	0,927	0,988	1,000
Variável*	CP <sub>1</sub>	CP <sub>2</sub>	CP <sub>3</sub>	CP <sub>4</sub>	CP <sub>5</sub>	CP <sub>6</sub>
Desfolhação	-0,400	0,220	0,147	0,851	-0,210	0,045
% na MF	0,086	0,668	0,658	-0,206	0,201	0,177
FDN (%)	-0,164	-0,640	0,657	0,058	0,291	-0,211
FDA (%)	0,539	-0,251	0,042	0,304	0,128	0,732
PB (%)	-0,498	0,059	-0,309	-0,025	0,757	0,283
CF (cm)	0,517	0,175	-0,130	0,371	0,492	-0,553

\*Desfolhação = porcentagem da massa de folhas de cada espécie (quicuiu ou festuca) que foi desfolhada no total do período de ocupação. % na MF = porcentagem de cada espécie (quicuiu ou festuca) na massa total de folhas. FDN = Fibra em Detergente Neutro. FDA = Fibra em Detergente Ácido. PB = Proteína Bruta. CF = Comprimento de Folha.

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

No segundo CP, que explicou 21% da variação dos dados, houve relação negativa entre a composição botânica da massa de folhas (% na MF) e teor de FDN (Tabela 5). Essa relação, provavelmente, explica os dados no ano de 2018, quando a proporção de festuca na massa de folhas foi maior (70%) e o teor de FDN nas folhas de festuca foram menores em relação ao capim-quicuiu (Tabela 4).

## 6.5 DISCUSSÃO

A disposição das espécies na área influencia no comportamento e na seleção de forragem do animal em pastejo (DE VRIES; DALEBOUDT, 1994; OLIVEIRA NETO et al., 2013). A densidade populacional de perfilhos (DPP) total de capim-quicuiu foi composta por, em média, 60% de perfilhos aéreos (Tabela 3), sendo que esses perfilhos podem alcançar os estratos superiores do dossel forrageiro. Apesar da festuca apresentar maior comprimento de folha que o capim-quicuiu, essas folhas, por serem mais pesadas, podem apresentar um maior ângulo foliar. Enquanto que para o capim-quicuiu, espera-se

que as folhas permaneçam mais eretas que as folhas de festuca, devido ao menor peso e comprimento (Tabela 4). Além disso, o capim-quicuiu apresenta maior comprimento de colmo que a festuca (Tabela 4), o que posiciona as folhas mais eretas em estratos superiores em relação à festuca. Nesse sentido, é possível que o animal em pastejo encontre mais folhas de capim-quicuiu que a festuca nos estratos superiores do dossel forrageiro. Além disso, o capim-quicuiu apresenta uma estrutura mais densa que a festuca, uma vez que essa espécie apresenta perfilhos menores (menor área foliar/perfilho), com maior número de folhas de menor tamanho (Tabela 4). Desse modo, em um bocado, o animal acaba desfolhando uma maior quantidade de capim-quicuiu relativamente à festuca.

O manejo da altura dos pastos teve efeito no índice de seletividade em 2018 (Figura 13B), quando a proporção de festuca na massa total de folhas era em torno de 70% (Figura 14A). O rebaixamento dos pastos na primavera aumentou a proporção de festuca desfolhada somente na altura pré-pastejo de 15 cm (Figura 14B), o que diminuiu o índice de seletividade nesse tratamento, resultando em índice próximo ao valor de referência 1 (Figura 13B). No ano de 2018, o rebaixamento diminuiu o teor de FDA nas folhas de festuca (Tabela 3), possivelmente devido à renovação de tecidos provocada por essa estratégia de manejo. O teor de FDA e o comprimento da folha foram as variáveis que melhor se correlacionaram com a desfolhação (Tabela 5), dessa forma o menor teor de FDA nos pastos rebaixados, associado ao menor tamanho dos perfilhos na altura pré-pastejo de 15 cm, podem explicar o aumento da proporção de festuca desfolhada no tratamento com rebaixamento e altura pré-pastejo de 15 cm em 2018.

Em geral, gramíneas C<sub>4</sub>, como o capim-quicuiu, apresentam menor valor nutritivo que gramíneas C<sub>3</sub> (REEVES et al., 1996). Em gramíneas C<sub>4</sub>, a presença da anatomia *Kranz* forma uma coroa de células da bainha parenquimática dos feixes envolvendo os tecidos vasculares, que constitui um grupo de células especializadas, ricas em cloroplastos (TAIZ et al., 2017). Um conjunto de células da bainha também envolve os feixes vasculares em gramíneas C<sub>3</sub>, entretanto, a bainha é pouco desenvolvida, desprovida de cloroplastos e facilmente digerida (WILSON, 1993). As células da bainha parenquimática dos feixes apresentam síntese de parede celular secundária, portanto, a maior proporção desse tecido nas espécies C<sub>4</sub>, resulta em menor taxa de digestão (AKIN et al., 1983). Dessa forma, em virtude de a bainha parenquimática dos feixes ocupar maior proporção nas espécies C<sub>4</sub>, em geral, espécies C<sub>3</sub> possuem maior proporção de mesófilo

e menores proporções de bainha e tecido vascular (WILSON et al., 1983).

Entretanto, em nosso trabalho, a festuca (gramínea C<sub>3</sub>) apresentou menor teor de proteína bruta e maior teor de FDA que o capim-quicuiu (gramínea C<sub>4</sub>) (Tabela 4). Embora não tenha sido avaliado neste trabalho, um dos fatores que pode explicar esse resultado é a maior proporção de tecidos lignificados ou maior teor de lignina nos tecidos, além de nervuras mais espessas nas folhas mais longas da festuca (KING et al. 2014) e provável menor proporção de mesofilo e conteúdo celular que o capim-quicuiu. A proporção de mesofilo está correlacionada positivamente com o teor de proteína bruta, enquanto que, tecidos de sustentação, como xilema e esclerênquima, se correlacionam positivamente com o teor de fibras nas folhas (BATISTOTI et al., 2012). Além disso, apesar do conteúdo de parede celular, a bainha dos feixes possui digestão lenta e parcial, entretanto, tecidos lignificados, como xilema e esclerênquima, são indigestíveis no rúmen (AKIN, 1989).

O capim-quicuiu apresenta acelerada taxa de renovação de tecidos uma vez que a taxa de alongamento foliar foi maior e os valores de filocrono e duração de vida das folhas foram menores relativamente à festuca (Tabela 4). Nesse sentido, é possível que no momento do corte da massa de forragem as folhas do capim-quicuiu eram mais jovens relativamente às folhas da festuca, o que pode explicar a melhor composição química observada nas folhas de capim-quicuiu, com teores elevados de proteína bruta e baixos teores de FDN e FDA.

De acordo com McDonald et al. (2011), o consumo voluntário de forragem pelos ruminantes está relacionado com a taxa de digestão dos alimentos sendo que, quanto mais rápida a taxa de digestão, mais rapidamente o tubo digestivo é esvaziado e mais espaço é disponibilizado para a próxima refeição. Esses autores explicam que o principal componente químico dos alimentos que determina a taxa de digestão é a FDN, uma vez que existe relação negativa entre o teor de fibras na planta e a taxa com que são digeridas. Apesar disso, Cougnon et al. (2018) avaliaram a seleção de forragem por ovelhas em pastejo de diferentes genótipos de festuca e não foram encontradas relações significativas entre a seleção de forragem e os teores de FDN e lignina, entretanto houve efeito negativo significativo da FDA sobre a seletividade.

A parede celular das plantas é constituída basicamente por celulose, hemicelulose e lignina, componentes esses que formam a FDN, enquanto que a FDA é constituída basicamente por celulose e lignina, uma vez que, o uso de detergente ácido solubiliza a

hemicelulose (VAN SOEST et al., 1991). Devido a sua estrutura química, a hemicelulose é o componente da parede celular com maior biodisponibilidade, sendo de mais fácil degradação pelos microrganismos no rúmen, enquanto que a lignina é o componente químico que limita a digestão dos polissacarídeos da parede celular no rúmen (VAN SOEST, 1994). Nesse sentido, quanto menor o teor de FDA, maior é a biodisponibilidade e mais digestível a parede celular se torna, uma vez que, quanto menor a FDA, maior é a quantidade de hemicelulose que compõe a parede celular, e, por consequência, menores são as quantidades de celulose e lignina na parede celular. Apesar do maior teor de FDN nas folhas de capim-quicuiu em relação à festuca em 2018, e de não ser verificada diferença para FDN entre as espécies em 2019 (Tabela 4), a parede celular nas folhas de quicuiu apresentaram menores teores de FDA, ou seja, maior quantidade de hemicelulose. Dessa forma, a parede celular nas folhas de capim-quicuiu aparenta ser de mais fácil degradação pelos microrganismos do rúmen quando comparada à festuca.

Paciullo et al. (2002) relataram que lâminas foliares de nível de inserção superior, por serem mais longas, apresentaram estrutura de suporte mais desenvolvida, com maior proporção de tecidos de sustentação (esclerênquima e xilema) e paredes celulares mais espessas. No geral, o tamanho da lâmina foliar apresenta relação positiva com as porcentagens de esclerênquima e tecido vascular lignificado (xilema) (WILSON, 1976; QUEIROZ et al., 2000), uma vez que folhas de maior tamanho, possivelmente, necessitam de forte suporte estrutural para manter sua conformação ereta. Dessa forma, em geral, quanto maior a proporção de esclerênquima e tecido vascular, menor é a proporção de mesofilo na seção transversal das folhas (WILSON et al., 1983). Além disso, folhas mais longas, geralmente, possuem maior proporção e nervuras mais espessas a fim de prover maior suporte estrutural relativamente à folhas de menor comprimento. Com relação à composição química, lâminas foliares mais longas apresentam, portanto, maiores teores de fibras e menores de proteína, tornando-se menos digestíveis (WILSON, 1976). Além disso, em trabalho realizado por King et al. (2014), a festuca apresentou folhas com maior área e número de feixe vascular e de esclerênquima que o azevém perene. Os autores justificam esse resultado, principalmente, pelo fato da festuca produzir folhas maiores com maior proporção de nervuras que o azevém perene. Nesse sentido, espera-se que essas frações mais lignificadas de tecido vascular e esclerênquima sejam mais dificilmente rompidas pela desfolhação (ZHANG et al., 2004). Desse modo, é provável que o animal em pastejo precise exercer uma força maior para romper uma folha

de festuca em relação ao capim-quicuiu, o qual possui folhas de menor tamanho e com menor teor de FDA que a festuca.

Em trabalho realizado por Wilson et al. (1989), genótipos de *Cenchrus ciliaries* com folhas maiores e mais pesadas, com menor área foliar específica ( $\text{cm}^2/\text{g}$ ), apresentaram maior proporção de tecidos de paredes espessas, como xilema e esclerênquima, e menor digestibilidade. Gomes et al. (2011) também encontraram maior proporção de tecidos com função estrutural e menor proporção de mesofilo e área foliar específica em genótipos de *Panicum maximum* com maior comprimento de folhas, enquanto que, genótipos com folhas mais curtas apresentaram maior área foliar específica e proporção de mesofilo. Nesse sentido, a menor área foliar específica verificada para a festuca em relação ao capim-quicuiu (Tabela 4) pode ser mais um indicativo de maior proporção de tecidos estruturais e lignificados e menor proporção de mesofilo nas folhas de festuca.

Assim como as células do mesofilo, as células da bainha dos feixes também possuem alto teor de proteína no conteúdo celular, provavelmente, devido à grande quantidade de enzimas relacionadas à fotossíntese nesses tecidos em gramíneas  $\text{C}_4$  (TAIZ et al., 2017). Isso também pode ajudar a explicar os maiores teores de proteína bruta encontrados para o capim-quicuiu em relação à festuca (Tabela 4). Estudos anatômicos e da posição no dossel forrageiro das folhas de capim-quicuiu e festuca cultivados em mistura, no período de verão, poderiam auxiliar para melhor entendimento da seleção pelos animais em pastejo por plantas de capim-quicuiu na mistura com festuca.

A seleção dos animais em pastejo por plantas de capim-quicuiu na mistura com festuca pode resultar em problemas no manejo da altura do pasto durante o verão. Áreas de rejeição de festuca podem se formar, favorecendo o acamamento das plantas. Além disso, pode ocorrer superpastejo do capim-quicuiu, o que dificulta a manutenção da altura do pasto mais homogênea, uma vez que acabam se formando áreas muito altas e acamadas de festuca e áreas mais baixas de capim-quicuiu. Nesses casos, uma roçada esporádica das áreas de rejeição da festuca, poderia auxiliar para melhor manejo e controle da altura.

## 6.6 CONCLUSÕES

Em uma mistura de festuca e capim-quicuiu, bovinos em pastejo exercem seleção por plantas de capim-quicuiu em relação à festuca, devido, principalmente, ao menor

comprimento da folha e teor de FDA e maior teor de proteína bruta nas folhas de quicuiu quando comparado à festuca.

No caso em que a festuca está em maior proporção na mistura com o capim-quicuiu (~70%), o rebaixamento de primavera, somente no manejo com altura pré-pastejo de 15 cm, pode aumentar a proporção de festuca desfolhada e reduzir o índice de seletividade.

## 6.7 REFERÊNCIAS

AGNUSDEI, M. G.; DI MARCO, O. N.; NENNING, F. R.; AELLO, M. S. Leaf blade nutritional quality of rhodes grass (*Chloris gayana*) as affected by leaf age and length. **Crop and Pasture Science**, v. 62, p. 1098-1105, 2011.

AKIN, D. E. Histological and physical factors affecting digestibility of forages. **Agronomy Journal**, v. 81, p.17-25, 1989.

AKIN, D. E.; WILSON, J. R.; WINDHAM, W. R. Site and rate of tissue digestion in leaves of C3, C4, and C3/C4 intermediate *Panicum* species. **Crop Science**, v.23, n.1, p.147-55, 1983.

ALLEN, V. G; BATELLO, C.; BERRETTA, E. J.; HODGSON, J.; KOTHMANN, M.; LI, X.; et al. An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, v. 66, n. 1, p. 2–28, 2011.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 15<sup>th</sup> ed. Arlington: Association of Official Analytical Chemists Inc., 1995.

ARCHER, S.; DETLING, J. K. The effects of defoliation and competition on regrowth of tillers of two North American mixed-grass prairie graminoids. **Nordic Society Oikos**, v. 43, p. 351-357, 1984.

BATISTOTI, C.; LEMPP, B.; JANK, L.; MORAIS, M. DAS G.; CUBAS, A. C.; GOMES, R. A.; FERREIRA, M. V. B. Correlations among anatomical, morphological, chemical and agronomic characteristics of leaf blades in *Panicum maximum* genotypes. **Animal Feed Science and Technology**, v. 171, p. 173–180, 2012.

BELL, M. J.; ECKARD, R. J.; HARRISON, M. T.; NEAL, J. S.; CULLEN, B. R. Effect of warming on the productivity of perennial ryegrass and kikuyu pastures in south-eastern Australia. **Crop and Pasture Science**, v. 64, p. 61–70, 2013.

COUGNON, M.; BAERT, J.; VAN WAES, C.; REHEUL, D. Performance and quality of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.)

and mixtures of both species grown with or without white clover (*Trifolium repens* L.) under cutting management. **Grass and Forage Science**, v. 69, n. 4, p. 666–677, 2014.

COUGNON, M.; SHAHIDI, R.; SCHOELYNCK, J.; VAN DER BEETEN, I.; VAN WAES, C.; DE FRENNE, P.; et al. Factors affecting grazing preference by sheep in a breeding population of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). **Grass and Forage Science**, v. 73, p. 330–339, 2018.

DAVIES, A. Tissue turnover in the sward. In: DAVIES, A.; BAKER, R.D.; GRANT, S.A. et al. (Eds.). **Sward measurement handbook**. London: British Grassland Society, 1993. p.183-216, 1993.

DEREGIBUS, V. A.; SANCHEZ, R. A.; CASAL, J. J. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. **Plant Physiology**, v. 72, n. 3, p. 900–2, 1983.

DE VRIES, M. F. W.; DALEBOUDT, C. Foraging strategy of cattle in patchy grassland. **Oecologia**, v. 100, p. 98-106, 1994.

DUCHINI, P. G.; GUZATTI, G. C.; ECHEVERRIA, J. R.; AMÉRICO, L. F.; SBRISSIA, A. F. Experimental evidence that the perennial grass persistence pathway is linked to plant growth strategy. **Plos One**, v. 13, n. 11, p. 1–15, 2018.

GOMES, R. A.; LEMPP, B.; JANK, L.; CARPEJANI, G. C.; MORAIS, M. G. Características anatômicas e morfofisiológicas de lâminas foliares de genótipos de *Panicum maximum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 205-211, 2011.

HICKMAN, K. R.; HARTNETT, D. C.; COCHRAN, R. C.; OWENSBY, C. E. Grazing management effects on plant species diversity in tallgrass prairie. **Journal of Range Management**, v. 57, n. 1, p. 58-65, 2004.

INSUA, J. R.; AGNUSDEI, M. G.; DI MARCO, O. N. Leaf morphogenesis influences nutritive-value dynamics of tall fescue (*Lolium arundinaceum*) cultivars of different leaf softness. **Crop and Pasture Science**, v. 68, p. 51-61, 2017.

JOLLIFFE, I.T. **Principal component analysis**. New York: Springer-Verlag, 1986.

KING, C.; MCENIRY, J.; RICHARDSON, M.; O'KIELY, P. Characterization for industrial purposes of the fibre anatomy of perennial ryegrass and tall fescue stem and leaf at three stages in the primary growth. **Grass and Forage Science**, v. 69, p. 64-73, 2014.

LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. In: LEMAIER, G., HODGSON, J., MORAES, A., et al. (Eds.) **Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology**. Wallingford: CAB International, 2000. p.265-288.

MACADAM, J. W.; KERLEY, M. S.; PIWONKA, E. J.; SISSON, D. W. Tiller development influences seasonal change in cell wall digestibility of big bluestem (*Andropogon gerardii*). **Journal of Science of Food and Agriculture**, v. 70, p. 79-88, 1996.

- MCDONALD, P.; EDWARDS, R. A.; GREENHALDH, J. F. D.; MORGAN, C. A.; SINCLAIR, L. A.; WILKINSON, R. G. Voluntary intake of food: food intake in ruminants. In: MCDONALD, P. et al. (Eds.) **Animal nutrition**. 7<sup>a</sup> ed. London: Person Education Limited, 2011, p. 468-473.
- MIQUELOTO, T.; BERNARDON, A.; WINTER, F. L.; SBRISSIA, A. F. Population dynamics in mixed canopies composed of kikuyu-grass and tall fescue. **Agronomy**, v. 10, n. 5, p. 1-11, 2020a.
- MIQUELOTO, T.; WINTER, F. L.; BERNARDON, A.; CAVALCANTI, H. S.; MEDEIROS NETO, C.; MARTINS, C. D. M.; SBRISSIA, A. F. Canopy structure of mixed kikuyugrass-tall fescue pastures in response to grazing management. **Crop Science**, p. 1-8, 2020b.
- OLIVEIRA NETO, R. A.; DA SILVA, J. H. S.; DA ROCHA, M. G.; POTTER, L.; SICHONANY, M. J. O.; BISCAÍNO, L. L.; SANTOS, F. A.; DIFANTE, M. V. B. Ingestive behavior, performance and forage intake by beef heifers on tropical pasture systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 8, p. 549-558, 2013.
- PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, J. A.; SILVA, E. A. M.; QUEIROZ, D. S.; GOMIDE, C. A. M. Características anatômicas da lâmina foliar e do colmo de gramíneas forrageiras tropicais, em função do nível de inserção no perfilho, da idade e da estação de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 890-899, 2002.
- PALHANO, A. L.; CARVALHO, P. C. F.; DITTRICH, J. R.; DE MORAES, A.; BARRETO, M. Z.; SANTOS, M. C. F. Estrutura da pastagem e padrões de desfolhação em capim-mombaça em diferentes alturas do dossel forrageiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1860-1870, 2005.
- QUEIROZ, D. S.; GOMIDE, J. A.; MARIA, J. Avaliação da folha e do colmo de topo e base de perfilhos de três gramíneas forrageiras. 2. Anatomia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 61-68, 2000.
- REEVES, M.; FULKERSON, W. J.; KELLAWAY, R. C. Forage quality of kikuyu (*Pennisetum clandestinum*): the effect of time of defoliation and nitrogen fertiliser application and in comparison with perennial ryegrass (*Lolium perenne*). **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 47, p. 1349-1359, 1996.
- SBRISSIA, A. F.; DUCHINI, P. G.; ZANINI, G. D.; SANTOS, G. T.; PADILHA, D. A.; SCHMITT, D. Defoliation strategies in pastures submitted to intermittent stocking method: underlying mechanisms buffering forage accumulation over a range of grazing heights. **Crop Science**, v. 58, n. 2, p. 945-954, 2018.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6<sup>a</sup> ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- VAN SOEST, P. J. **Nutricional ecology of the ruminant**. 2<sup>a</sup> ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583–3597, 1991.

WILSON, J. R. Organization of forage plant tissues. In: JUNG, H.G., BUXTON, D.R. HATFIELD, R.D. et al. (Eds.). **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: ASA-CSSASSSA, 1993. p. 1-27.

WILSON, J. R. Variation of leaf characteristics with level of insertion on a grass tiller. II. Anatomy. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 27, p. 355–364, 1976.

WILSON, J. R.; ANDERSON, K. L.; HACKER, J. B. Dry matter digestibility *in vitro* of leaf and stem of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) and related species and its relation to plant morphology and anatomy. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 40, p. 281-291, 1989.

WILSON, J. R.; BROWN, R. H.; WINDHAM, W. R. Influence of leaf anatomy on the dry matter digestibility of C3, C4, and C3/C4 intermediate types of *Panicum* species. **Crop Science**, v. 23, p. 141-146, 1983.

WINTER, F. L. **Dinâmica do perfilhamento em pastos de capim-quicuiu e festuca cultivados em associação**. 2019. 78p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2019.

ZHANG, J. M.; HONGO, A.; AKIMOTO, M. Physical strength and its relation to leaf anatomical characteristics of nine forage grasses. **Australian Journal of Botany**, v. 52, p. 799–804, 2004.