

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

FÁBIO LUÍS WINTER

ACÚMULO DE FORRAGEM E ESTABILIDADE POPULACIONAL EM PASTOS  
MISTOS FORMADOS POR *CENCHRUS CLANDESTINUS* E *LOLIUM  
ARUNDINACEUM*

LAGES – SC

2023

**FÁBIO LUÍS WINTER**

**ACÚMULO DE FORRAGEM E ESTABILIDADE POPULACIONAL EM PASTOS  
MISTOS FORMADOS POR *CENCHRUS CLANDESTINUS* E *LOLIUM***

***ARUNDINACEUM***

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação  
em Ciência Animal, da Universidade do Estado  
de Santa Catarina, como requisito parcial à  
obtenção do título de Doutor em Ciência Animal,  
Área de Concentração: Produção Animal.

**Orientador:** Dr. André Fischer Sbrissia.

**LAGES**

**2023**

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da  
Biblioteca Universitária Udesc,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

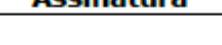
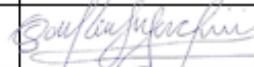
Winter, Fábio Luís  
ACÚMULO DE FORRAGEM E ESTABILIDADE  
POPULACIONAL EM PASTOS MISTOS FORMADOS POR  
CENCHRUS CLANDESTINUS E LOLIUM ARUNDINACEUM /  
Fábio Luís Winter. -- 2023.  
79 p.

Orientador: ANDRÉ FISCHER SBRISSIA  
Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina,  
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação  
em Ciência Animal, Lages, 2023.

1. Manejo de defolha. 2. Coexistência de plantas. 3. Festuca. 4.  
Capim-quicuiu. I. SBRISSIA, ANDRÉ FISCHER . II. Universidade  
do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,  
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. III. Título.

### ATA DE BANCA DE AVALIAÇÃO DE TESE DOUTORADO

Aos vinte e um de julho de dois mil e vinte e três, às 14h00, reuniu-se a Banca de Avaliação da Tese de Doutorado em Ciência Animal do doutorando FABIO LUIS WINTER, intitulada **"Acúmulo de forragem e estabilidade populacional em pastos mistos formados por Cenchrus clandestinus e Lolium arundinaceum"**, sendo a banca composta por: Dr. André Fischer Sbrissia na qualidade de Presidente, Dr. Carlos Augusto Brandão de Carvalho, Dr. Tiago Celso Baldissera, Dr. Paulo Gonçalves Duchini e Dr. Henrique Mendonça Nunes Ribeiro Filho na qualidade de membros. Sendo membros suplentes o Dr. Daniel Schmitt e o Dr. Cassiano Eduardo Pinto. Após defesa pública da referida Tese pelo Doutorando perante a Banca e o público presente, a Banca de Avaliação atribuiu ao mesmo a seguinte avaliação:

<b>Membro da Banca</b>	<b>Assinatura</b>
Dr. André Fischer Sbrissia – UDESC/Lages - SC (presidente)	 Documento assinado digitalmente
Dr. Carlos Augusto Brandão de Carvalho - UFRRJ/Seropédica - RJ (membro externo)	 CARLOS AUGUSTO BRANDAO DE CARVALHO Data: 23/07/2023 22:34:00-0300 Verifique em <a href="https://validar.itb.gov.br">https://validar.itb.gov.br</a>
Dr. Tiago Celso Baldissera - EPAGRI/Lages - SC (membro externo)	
Dr. Paulo Gonçalves Duchini - Profissional autônomo (membro externo)	
Dr. Henrique Mendonça Nunes Ribeiro Filho - UDESC/Lages - SC (membro)	
Dr. Daniel Schmitt - UDESC/Lages - SC (suplente)	
Dr. Cassiano Eduardo Pinto - EPAGRI/Lages - SC (suplente)	

Avaliação Final - Parecer da Banca:

- Aprovação  
 Aprovação mediante correções  
 Reprovação

**Observações:**

---

---

Lages, 21 de julho de 2023.

Visto do Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal:

Despacho para Secretaria em:



## Assinaturas do documento



Código para verificação: **5KB703YS**

Este documento foi assinado digitalmente pelos seguintes signatários nas datas indicadas:

- ✓ **CARLOS AUGUSTO BRANDAO DE CARVALHO** (CPF: 886.XXX.606-XX) em 23/07/2023 às 22:34:00  
Emitido por: "AC Final do Governo Federal do Brasil v1", emitido em 29/09/2022 - 18:08:41 e válido até 29/09/2023 - 18:08:41.  
(Assinatura Gov.br)
- ✓ **ANDRE FISCHER SBRISSIA** (CPF: 021.XXX.359-XX) em 25/07/2023 às 15:43:34  
Emitido por: "SGP-e", emitido em 30/03/2018 - 12:41:11 e válido até 30/03/2118 - 12:41:11.  
(Assinatura do sistema)
- ✓ **HENRIQUE MENDONCA NUNES RIBEIRO FILHO** (CPF: 504.XXX.900-XX) em 25/07/2023 às 15:48:24  
Emitido por: "SGP-e", emitido em 30/03/2018 - 12:42:16 e válido até 30/03/2118 - 12:42:16.  
(Assinatura do sistema)
- ✓ **TIAGO CELSO BALDISSERA** (CPF: 057.XXX.029-XX) em 27/07/2023 às 09:36:30  
Emitido por: "SGP-e", emitido em 25/10/2019 - 11:38:04 e válido até 25/10/2119 - 11:38:04.  
(Assinatura do sistema)

Para verificar a autenticidade desta cópia, acesse o link <https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo/conferencia-documento/VURFU0NfMTIwMjJfMDAwMzA3OTNfMzA4MjBfMjAyM181S0I3MDNZUw==> ou o site <https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo> e informe o processo **UDESC 00030793/2023** e o código **5KB703YS** ou aponte a câmera para o QR Code presente nesta página para realizar a conferência.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pelo dom da vida, discernimento e principalmente, pela força que tem me concedido para caminhar até aqui.

Agradeço a minha família, pelo amor e carinho, pelo incentivo e apoio nas minhas escolhas e entendimento de minhas constantes ausências. Agradeço aos amigos que sempre me apoiaram, incentivaram e me ouviram nestes últimos quatro anos. Tiago, Daniel, Laiz e Fernanda, vocês são irmãos que a vida me apresentou. Sou grato por todos os aprendizados e momentos compartilhados.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. André Fischer Sbrissia pela majestosa orientação e dedicação para com minha formação acadêmica.

Agradeço aos integrantes do NUPEP (núcleo de pesquisa em pastagens) que sempre colaboraram, das discussões de ideias ao trabalho árduo de campo. Este manuscrito foi possível devido ao empenho e dedicação de cada um de vocês. Aos amigos e colegas da UDESC com os quais desfrutei momentos e colhi aprendizados neste período.

Agradeço à UDESC pelo ensino gratuito e de qualidade ofertado e ao PPG Ciência Animal pela oportunidade. À UDESC e FAPESC pela concessão de bolsa de estudos e financiamento da pesquisa e à UNIEDU pela concessão de bolsa de estudo.

**A todos, meu eterno agradecimento.**

“A verdadeira viagem de descobrimento não consiste em procurar novas paisagens, mas em ter novos olhos.”

*Marcel Proust*

## RESUMO

WINTER, Fábio Luís. **Acúmulo de forragem e estabilidade populacional em pastos mistos formados por *Cenchrus clandestinus* e *Lolium arundinaceum*.** 2023. 78p. Tese (Doutorado em Ciência Animal – Área: Produção Animal). Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Ciência Animal. Lages, 2023.

A utilização de diferentes espécies afim de compor um ambiente pastoril diverso tem ganhado espaço pelos benefícios produtivos, econômicos e ecológicos prestados. Neste cenário, as gramíneas ocupam um papel importante como constituintes dessa diversidade pela sua maior capacidade produtiva, entregando maior acúmulo de forragem. Em ambientes de clima temperado, o cultivo misto de espécies de clima tropical e temperado é possível, contudo, o manejo atua como modulador dos processos ontogênicos de crescimento e persistência do pasto. O objetivo deste trabalho foi de determinar uma estratégia de manejo em pastos mistos formados por *Cenchrus clandestinus* e *Lolium arundinaceum* que possibilite aumentos na produção anual de forragem e garanta estabilidade populacional das espécies na mistura. Foi conduzido um protocolo experimental em arranjo fatorial 2 x 2, acrescido de três repetições, onde o fator A representa as alturas de manejo: 15 e 20 cm em pré-pastejo (severidade de desfolha de 40%) e o fator B indica a presença ou a ausência de um único rebaixamento do pasto a 6 cm em meados da primavera. O pasto foi formado por *L. arundinaceum* (espécie de clima temperado) e *C. clandestinus* (espécie de clima tropical) estabelecidos desde 2014. Mensalmente, de novembro de 2017 a novembro de 2020 foram coletadas, a cada ciclo de pastejo, amostras em quadros metálicos de 0,24 m<sup>2</sup> de área para estimar os constituintes botânicos do pasto e aferido a massa pré e pós pastejo com uso do *Rising Plate Meter* para estimar o acúmulo de forragem, com calibração própria. Mensalmente foram identificados e contabilizados os perfilhos surgidos e sobreviventes em dois anéis de PVC de raio 10 cm, alocados em cada unidade experimental. Os dados foram agrupados em épocas de crescimento e submetidos ao teste F, com médias estimadas pelo LSMEANS do SAS e testadas pelo teste de tukey, a 5% de significância. Não houve efeito de ano para o acúmulo de forragem, no entanto houve efeito de altura e manejo primaveril. Pastos manejados em 20 cm, ou que foram submetidos a uma desfolha severa na primavera apresentam um maior acúmulo anual de forragem. As espécies – *L. arundinaceum* e *C. clandestinus* – são complementares em seus padrões demográficos e coexistem harmonicamente ao longo do tempo. Manejar os pastos em 20 cm em pré pastejo associado ao rebaixamento primaveril favorece o retorno antecipado do *C. clandestinus* na primavera, aumenta o índice de nutrição nitrogenada da *L. arundinaceum* no verão por uma substituição de perfilhos velhos por novos perfilhos e aumenta a DPP de *L. arundinaceum* no inverno. Nossos resultados sugerem que a combinação das espécies perenes *L. arundinaceum* e *C. clandestinus* em um ambiente pastoril é possível e viável, contudo, deve-se optar por manejo do pasto em pré pastejo em altura de 20 cm com a utilização de um rebaixamento estratégico de primavera, manejo que associa maior equilíbrio nos padrões populacionais e maior produtividade. Pastos manejados em 15 cm propiciam a ocorrência de plantas invasoras e admitem um menor acúmulo de forragem, por adentrar em uma altura de manejo inferior à flexibilidade de manejo da *L. arundinaceum*.

**Palavras-chave:** manejo de desfolha; coexistência de plantas; festuca; capim-quicuiu.

## ABSTRACT

WINTER, Fábio Luís. **FORAGE ACCUMULATION AND POPULATION STABILITY IN MIXED PASTURES COMPOSED OF *CENCHRUS CLANDESTINUS* AND *LOLIUM ARUNDINACEUM*.** 2023. 78p. Thesis (Doctorate in Animal Science – Area: Animal Production). Santa Catarina State University. Post Graduate Program in Animal Science. Lages, 2023.

The use of different species to create a diverse pastoral environment has gained attention because of the productive, economic, and ecological benefits provided. Grasses play an important role as constituents of this diversity because of their greater productive capacity and greater forage accumulation. In temperate climates, mixed cultivation of species from tropical and temperate climates is possible; however, management acts as a modulator of the ontogenetic processes of pasture growth and persistence. The objective of this study was to determine a management strategy for mixed pastures formed by *Cenchrus clandestinus* and *Lolium arundinaceum* that allows increases in annual forage production and guarantees population stability of the species in the mixture. An experimental protocol was conducted in a  $2 \times 2$  factorial arrangement, with three replications, where factor A represents the management heights: 15 and 20 cm in pre-grazing (defoliation severity of 40%), and factor B indicates the presence or absence of a single management of pasture to 6 cm in mid-spring. The pasture was composed of *L. arundinaceum* (a temperate climate species) and *C. clandestinus* (a tropical climate species) established in 2014. From November 2017 to November 2020, samples were collected in tables for each grazing cycle. metal plates of 0.24 m<sup>2</sup> of area to estimate the botanical constituents of the pasture and measured the pre- and post-grazing mass using the Rising Plate Meter to estimate forage accumulation, with its own calibration. The emerged and surviving tillers were identified and counted monthly in two PVC rings with a radius of 10 cm, allocated to each experimental unit. The data were grouped into growth periods and subjected to the F test, with means estimated by SAS LSMEANS and tested using the Tukey test at 5% significance. There was no effect of year on forage accumulation; however, height and spring management had an effect. Pastures managed at 20 cm or those subjected to severe defoliation in the spring have a greater annual accumulation of forage. *L. arundinaceum* and *C. clandestinus* are complementary in their demographic patterns and coexist harmoniously over time. Managing pastures at 20 cm in pre-grazing associated with spring management favors the early return of *C. clandestinus* in spring and increases the nitrogen nutrition index of *L. arundinaceum* in summer by replacing old tillers with new tillers and increasing the DPP of *L. arundinaceum* in winter. Our results suggest that the combination of the perennial species *L. arundinaceum* and *C. clandestinus* in pastoral environments is possible and viable. However, one must opt for pre-grazing pasture management at a height of 20 cm, using strategic spring management that combines a greater balance in population patterns and greater productivity. Pastures managed at 15 cm favor the occurrence of invasive plants and allow for less forage accumulation, as they enter at a management height lower than the management flexibility of *L. arundinaceum*.

**Keywords:** grazing management; plants coexistence; tall fescue; kikuyu grass.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Precipitação (mm) e temperatura do ar (°C) observadas ao longo do período experimental e suas respectivas médias históricas de 1948 a 2016. ....	29
Figura 2 - Metas de manejo em pré e pós pastejo, para pastos mistos formados por <i>C. clandestinus</i> e <i>L. arundinaceum</i> , ao longo de três anos experimentais. ....	31
Figura 3 - Acúmulo anual de forragem (Kg. ha <sup>-1</sup> de matéria seca) de pasto misto formado por <i>C. clandestinus</i> e <i>L. arundinaceum</i> submetidos a diferentes manejos de desfolha (A), ao longo de três anos experimentais (B). ....	35
Figura 4 - Índice de nutrição nitrogenada (INN) de <i>C. clandestinus</i> e <i>L. arundinaceum</i> nas estações de verão, inverno e primavera, ao final do período experimental (2020). ....	38
Figura 5 - Precipitação (mm) e temperatura do ar (°C) observadas ao longo do período experimental e suas respectivas médias históricas de 1948 a 2016. ....	47
Figura 6 - Alturas de manejo em pré e pós pastejo de um pasto misto composto de <i>C. clandestinus</i> e <i>L. arundinaceum</i> , ao logo de três anos experimentais. ....	49
Figura 7 - Diagrama populacional de perfilhos de <i>C. clandestinus</i> e <i>L. arundinaceum</i> cultivados em mistura, ao longo de três anos experimentais. ....	52
Figura 8 - Taxa de aparecimento, mortalidade e índice de estabilidade linear de perfilhos de <i>L. arundinaceum</i> , quando cultivado em pasto misto formado por <i>C. clandestinus</i> e <i>L. arundinaceum</i> e submetido a diferentes manejos de desfolha: A – 15AR; B – 15PR; C – 20AR e D – 20PR. ....	53
Figura 9 - Taxa de aparecimento, taxa de mortalidade e índice de estabilidade linear de perfilhos de <i>C. clandestinus</i> , quando cultivado em pasto misto formado por <i>C. clandestinus</i> e <i>L. arundinaceum</i> e submetido a diferentes manejos de desfolha: A – 15AR; B – 15PR; C – 20AR e D – 20PR. ....	54
Figura 10 - Mensuração da massa de forragem com uso de <i>Rising Plate Meter</i> , em pasto formado por <i>L. arundinaceum</i> e <i>C. clandestinus</i> , no final da primavera do ano de 2018. ....	76
Figura 11 - Mosaico dos manejos de desfolha em pasto misto formado por <i>L. arundinaceum</i> e <i>C. clandestinus</i> , ao final de três anos experimentais (novembro de 2020). ....	77
Figura 12 - Evolução de um pasto misto formado por <i>L. arundinaceum</i> e <i>C. clandestinus</i> ao longo das estações verão/outono (A), inverno (B) e primavera (C). ....	78
Figura 13 - Coleta de massa de forragem para mensuração da composição botânica em um pasto formado por <i>L. arundinaceum</i> e <i>C. clandestinus</i> cultivados em mistura. ....	79

Figura 14 - Anéis de PVC delimitando a área de contabilização da demografia do perfilhamento (A) e geração de numerosos perfilhos (identificados na cor laranja) de *L. arundinaceum* no inverno (B) em pasto misto formado por *L. arundinaceum* e *C. clandestinus*, após eventos de geada (C).....80

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características físico-químicas de amostra de solo proveniente da área experimental coletada no perfil 0 – 20 cm.....	30
Tabela 2 - Composição botânica no inverno de uma mistura binária composta por <i>C. clandestinus</i> (Cc) e <i>L. arundinaceum</i> (La), submetida a diferentes manejos de desfolha, ao longo de três anos.....	35
Tabela 3 - Composição botânica na primavera de uma mistura binária composta por <i>C. clandestinus</i> (Cc) e <i>L. arundinaceum</i> (La), submetida a diferentes manejos de desfolha, ao longo de três anos.....	36
Tabela 4 - Composição botânica no verão de uma mistura binária composta por <i>C. clandestinus</i> (Cc) e <i>L. arundinaceum</i> (La), submetida a diferentes manejos de desfolha, ao longo de três anos .....	37
Tabela 5 – Características físico-químicas no perfil 0-20 cm de solo proveniente da área experimental, na camada 0 a 20 cm.....	47
Tabela 6 - Características populacionais de <i>C. clandestinus</i> e <i>L. arundinaceum</i> no verão/outono em pastos de <i>C. clandestinus</i> e <i>L. arundinaceum</i> cultivados mistos ao longo de três anos experimentais (2018 – 2020). .....	55
Tabela 7 - Características populacionais de <i>L. arundinaceum</i> no inverno em pastos de <i>C. clandestinus</i> e <i>L. arundinaceum</i> cultivados mistos ao longo de três anos experimentais (2018 – 2020).....	56
Tabela 8 - Características populacionais de <i>L. arundinaceum</i> e <i>C. clandestinus</i> na primavera em pastos de <i>C. clandestinus</i> e <i>L. arundinaceum</i> cultivados mistos ao longo de três anos experimentais (2018 – 2020). .....	57

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
2.1. PRODUÇÃO DE FORRAGEM BIODIVERSA .....	17
2.2. PERFILHAMENTO COMO ESTRATÉGIA DE PERENIZAÇÃO .....	19
2.3. INFLUÊNCIA DO MANEJO NA COMPETIÇÃO ENTRE PLANTAS .....	21
<b>3. HIPÓTESES .....</b>	<b>24</b>
3.1. GERAL .....	24
3.2. ESPECÍFICAS .....	24
<b>4. OBJETIVOS .....</b>	<b>25</b>
4.1. GERAL .....	25
4.2. ESPECÍFICOS .....	25
<b>5. ESTRATÉGIAS DE DESFOLHA EM UM PASTO MISTO COMPOSTO POR <i>L. ARUNDINACEUM</i> E <i>C. CLANDESTINUS</i>. I. ACÚMULO DE FORRAGEM E COMPOSIÇÃO BOTÂNICA.....</b>	<b>26</b>
5.1. RESUMO .....	26
5.2. ABSTRACT .....	26
5.3. INTRODUÇÃO .....	27
5.4. MATERIAL E MÉTODOS .....	29
5.4.1. Massa e acúmulo de forragem .....	31
5.4.2. Composição botânica .....	32
5.4.3. Índice de nutrição nitrogenada .....	33
5.4.4. Análise estatística .....	33
5.5. RESULTADOS .....	34
5.5.1. Acúmulo de forragem .....	34
5.5.2. Composição botânica .....	35
5.5.3. Índice de nutrição nitrogenada .....	37
5.6. DISCUSSÃO .....	38
5.7. CONCLUSÃO .....	42

<b>6. ESTRATÉGIAS DE DESFOLHA EM UM PASTO MISTO COMPOSTO POR <i>L. ARUNDINACEUM</i> E <i>C. CLANDESTINUS</i>. II. DINÂMICA POPULACIONAL .....</b>	<b>43</b>
6.1. Resumo.....	43
6.2. Abstract .....	43
6.3. INTRODUÇÃO .....	44
6.4. MATERIAL E MÉTODOS .....	46
<b>6.4.1. Local e condições do experimento .....</b>	<b>46</b>
<b>1.4.2 Delineamento experimental e tratamentos .....</b>	<b>48</b>
<b>6.4.3. Variáveis analisadas.....</b>	<b>49</b>
<b>6.4.4. Análise estatística .....</b>	<b>51</b>
6.5. RESULTADOS.....	51
6.6. DISCUSSÃO .....	57
6.7. CONCLUSÃO .....	60
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>63</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>76</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As pastagens são responsáveis por fornecer a maior parte da alimentação para a produção de ruminantes e ocupam uma grande extensão territorial no setor agrícola (DELABY et al., 2020; JERRENTRUP et al., 2020; LAMBIN; MEYFROIDT, 2011). Contudo, com a crescente preocupação quanto ao uso de recursos naturais e a necessidade de otimizar a utilização das áreas agricultáveis, torna-se imprescindível o emprego de sistemas de produção mais sustentáveis. Para compreender os processos que norteiam a produção animal, é necessário entender a interação entre planta-animal-ambiente e estabelecer sistemas produtivos que estejam em consonância com as boas práticas ambientais. Nesse contexto, pastagens multiespecíficas têm ganhado espaço no setor, devido aos serviços ecossistêmicos que prestam (a exemplo da ciclagem de nutrientes, sequestro de carbono e maior biomassa) (ALLAN et al., 2013) e à maior estabilidade produtiva, especialmente em regiões subtropicais (SUTER; HUGUENIN-ELIE; LÜSCHER, 2021).

A região sul do Brasil é predominantemente subtropical, com influência dos climas Cfa e Cfb (ALVARES et al., 2013), o que proporciona condições climáticas favoráveis para o cultivo de espécies tropicais no período quente e de espécies de clima temperado no período mais ameno do ano. Assim, o uso concomitante de espécies perenes com picos de crescimento em épocas distintas é uma opção viável para aumentar a produção de biomassa vegetal anual, garantir cobertura vegetal ao longo do ano e maximizar a eficiência de captação de recursos (FRANZLUEBBERS; SEMAN; STUDEMANN, 2013), entre outras vantagens. Apesar disso, a associação de espécies perenes de clima quente e clima frio ainda é pouco explorada no modelo produtivo, com a predominância do uso de espécies anuais de clima temperado, como aveia e azevém anual. A integração de espécies perenes de clima quente e de clima frio em consórcio traz a perspectiva de estabilizar a produção forrageira intra-anual em regiões subtropicais favoráveis ao cultivo de ambas as espécies. No entanto, ainda é necessário compreender os processos relacionados à coexistência e produção de espécies perenes quando cultivadas em associação, principalmente suas respostas a diferentes manejos de desfolhação. Isso é crucial, tendo em vista que as pastagens ocupam uma parcela significativa da área agricultável e correspondem a 26% do território global (BOVAL; DIXON, 2012), onde regiões importantes de produção animal a pasto são em regiões de clima Cfa ou Cfb, a exemplo da Nova Zelândia, sul da Austrália, sul dos Estados Unidos, parte da Europa, Uruguai e região Sul do Brasil. Regiões estas que desempenham um papel importante não apenas na produção animal, mas também na conservação do meio ambiente.

O manejo adequado das pastagens tem como objetivo maximizar a colheita de folhas através da herbivoria, o que requer pastos com proporção reduzida de colmos e material senescido. Em pastagens cultivadas com mais de uma espécie em associação, é necessário compreender os processos relacionados ao crescimento e desenvolvimento das plantas sob pastejo, uma vez que o crescimento de uma espécie pode afetar o desenvolvimento de outra em função da competição interespecífica. Portanto, em sistemas formados por gramíneas cultivadas em associação, é fundamental entender os processos envolvidos na coexistência e perenização das espécies utilizadas e em suas capacidades produtivas. Para tanto, estudos que avaliem a dinâmica populacional e produtiva de pastos mistos podem fornecer uma visão geral do potencial de utilização da forragem e dos efeitos do manejo sobre essas pastagens.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. PRODUÇÃO DE FORRAGEM BIODIVERSA

Pastagens multiespecíficas têm sido amplamente estudadas e adotadas no setor produtivo, devido aos benefícios ecossistêmicos associados ao aumento da diversidade de espécies no sistema (GRACE et al., 2019; LEHMAN; TILMAN, 2000; MOLONEY et al., 2021; TILMAN; POLASKY; LEHMAN, 2005; TILMAN; REICH; KNOPS, 2006), o que leva a uma maior estabilidade na produção de forragem. No entanto, a simples adição de espécies ao sistema não garante benefícios produtivos, já que espécies com funções semelhantes competem entre si, sem contribuir de forma complementar para o sistema. Porém, a adição de espécies com características produtivas e competitivas distintas pode gerar resultados satisfatórios para o sistema. Portanto, a escolha de espécies forrageiras com atributos funcionais distintos é mais importante do que o número de espécies em si (NIU; LIU; WAN, 2008; TRACY; SANDERSON, 2004).

Em um estudo realizado por Sanderson et al. (2005), diferentes combinações de plantas forrageiras foram avaliadas e verificou-se que o aumento de 3 para 15 espécies em uma mistura não resultou em incrementos produtivos de biomassa, possivelmente devido à redundância funcional. Resultados semelhantes foram encontrados por Skinner et al. (2006) e Medeiros-neto et al. (2023), que não observaram aumento na produção de forragem em uma mistura mais complexa, apesar de haver uma maior produção de massa radicular (o que poderia ser um atributo desejável em situações de estresse hídrico). Deak et al. (2007) observaram que, em misturas de duas, três, seis ou nove espécies forrageiras, os melhores resultados em produção estiveram relacionados não à maior diversidade de espécies necessariamente, mas à escolha de espécies mais competitivas. Nesse caso, espécies como alfafa, cornichão e *Poa pratensis* tiveram pouca contribuição na massa de forragem.

Assim, é mais importante priorizar a escolha de espécies mais bem adaptadas às condições do local (FERNANDES et al., 2020; SANDERSON et al., 2005; TAHIR et al., 2022) e funcionalmente distintas (BARRETA et al., 2023; DODD; BARKER; WEDDERBURN, 2004) do que escolher um número maior de espécies, uma vez que as espécies com melhor adaptação às condições locais (SODER et al., 2006) e ao manejo empregado (FRANZLUEBBERS; SEMAN; STUDEMANN, 2013; MIQUELOTO et al., 2020a) tendem a dominar a área e contribuir na maior fração da produção de forragem.

A utilização de espécies com atributos arquitetônicos complementares confere uma maior capacidade de captação de recursos acima (NAEEM et al., 1994; SPEHN et al., 2000) e abaixo do solo (LANGE et al., 2015; TILMAN; WEDIN; KNOPS, 1996; TOMAZELLI et al., 2023), devido a uma melhor exploração tridimensional do espaço. Para maximizar a ocupação espacial ao longo do tempo, é desejável que as espécies apresentem ainda flutuações populacionais distintas ao longo do ano, conferindo assim uma melhor captação dos recursos (HECTOR et al., 2010), uma vez que cada espécie poderá explorar sua época de crescimento e reduzir as oscilações produtivas ao longo do ano. No entanto, uma das estratégias para evitar a supressão de uma espécie por outra, é necessário regular o crescimento das plantas (por exemplo, por meio da desfolha), a fim de controlar a competição por luz e favorecer a manutenção da diversidade florística (BORER et al., 2014; FIDELIS et al., 2012; MIQUELOTO et al., 2020a).

Alguns autores já alertaram sobre o efeito do manejo, principalmente da desfolha, na persistência das espécies em pastos mistos. Isso foi relatado para misturas de *Lolium arundinaceum* e *Cynodon dactylon* (FRANZLUEBBERS; SEMAN; STUEDEMANN, 2013; FRANZLUEBBERS; STUEDEMANN; SEMAN, 2013) e *Lolium arundinaceum* e *Cenchrus clandestinus* (BERNARDON et al., 2021; MIQUELOTO et al., 2020a). Em ambos os estudos, o manejo de uma desfolha leniente (<40% de severidade de desfolha e pouco frequentes) proporcionou uma tendência à dominação de *L. arundinaceum* na área (direcionando a um monocultivo de *L. arundinaceum*). Foram utilizadas apenas duas espécies forrageiras (gramíneas) que se enquadram em grupos funcionais distintos, sendo a *L. arundinaceum* pertencente ao grupo de espécies conservadoras de recursos e o *C. clandestinus* e *Cynodon dactylon* (cv. Tifton 85). pertencentes ao grupo de espécies competidoras de recurso, de acordo com as características descritas por Grime (1974). Em ambos os casos, a presença de temperaturas abaixo da temperatura basal das espécies C4 utilizadas nos estudos e eventuais ocorrências de geadas limitam a competição da espécie de clima quente na mistura, o que, aliado à característica estresse tolerante da *L. arundinaceum* (espécie C3), às temperaturas mais elevadas do verão e possíveis períodos de déficit hídrico, promove a espécie como dominante na mistura. Assim, adotar um manejo que module a composição botânica da mistura pode ser o fator chave para o sucesso do sistema.

## 2.2. PERFILHAMENTO COMO ESTRATÉGIA DE PERENIZAÇÃO

Ao contrário das espécies vegetais anuais, que possuem ciclos de crescimento definidos e se perpetuam através da produção de sementes (EHRLEN; LEHTILA, 2002), as gramíneas perenes utilizam outras estratégias de crescimento para garantir sua manutenção ao longo do tempo na área em que estão inseridas. Entre essas estratégias, destaca-se a deposição de material vegetativo, especialmente de gemas (HENDRICKSON; BRISKE, 1997; OTT; HARTNETT, 2015). A produção de gemas é resultado do processo de diferenciação do fitômero (BRISKE, 1991), e a emissão de sucessivos fitômeros aumenta a produção de gemas capazes de originar novos perfilhos (MOORE; MOSER, 1995). Esse processo de renovação constante de perfilhos é fundamental para a perenização das gramíneas na área em questão (JEWISS, 1972). Em uma comunidade de plantas estabelecidas, é essencial que cada perfilho origine um novo perfilho durante seu período de vida, a fim de manter a população estável (PARSONS; CHAPMAN, 2000).

Para gramíneas perenes, uma das estratégias para perpetuação da espécie na área é a deposição de material propagativo, em forma de gemas basais ou axilares, para garantir a manutenção de sua população ao longo do tempo. A produção de gemas é decorrente do processo de diferenciação do fitômero, e a emissão de sucessivos fitômeros aumenta a produção de gemas capazes de originar novos perfilhos, sendo mais eficiente que a reprodução via sementes (OTT; HARTNETT, 2011). Este processo de constante renovação de perfilhos é a chave para a perenização de gramíneas na área, no entanto, uma porção considerável de gemas não originam novos perfilhos em um período de dois anos após a morte do perfilho “mãe” (HENDRICKSON; BRISKE, 1997).

Apesar de haver uma constante produção de gemas axilares, é improvável que o “*site usage*”, que é expresso pela razão entre a quantidade de perfilhos surgidos e o potencial de perfilhos que podem ser emitidos, atinja 100%. Neste sentido, Neuteboom e Lantinga (1989) propuseram um *site usage* de 0,69 para pastos já estabelecidos de azevém perene. A emissão de perfilhos a partir das gemas existentes é dependente de uma série de fatores intrínsecos e extrínsecos à planta, como luz, temperatura, umidade, fatores hormonais e de dominância apical, e fatores relacionados ao manejo de desfolha (YUAN; LI; YANG, 2020).

No entanto, mesmo com essas condições atendidas, há grande competição intraespecífica, principalmente por luz, onde a limitação luminosa pode diminuir a persistência dos perfilhos mais jovens, que acabam se tornando dreno de fotoassimilados em

dosséis sombreados. Neste cenário, a remoção da área foliar por meio da desfolha é um fator importante na regulação de incidência luminosa na base do dossel, onde se encontram grandes quantidades de gemas, e em consequência, um aumento momentâneo na densidade populacional de perfilhos (MATTHEW et al., 2000). Com um incremento populacional momentâneo, é possível recompor o IAF removido pelo pastejo, melhorando assim a captação do recurso luminoso pela comunidade de plantas e assegurar o potencial produtivo (MARTINS et al., 2021). Em pastos mistos, nos momentos de transição de estações de crescimento, a utilização de estratégias que favoreçam a entrada de luz no dossel pode ser um manejo de sucesso na manutenção das espécies na área, proporcionando um ambiente favorável à população de plantas mais adaptada à condição climática que segue (MIQUELOTO et al., 2020b).

O ligeiro incremento populacional subsequente à ocorrência de eventos de desfolha pode ser entendido como uma resposta de resiliência das espécies frente aos distúrbios (limitação do crescimento devido à perda de tecidos fotossintetizantes) ou estresses (limitação do crescimento resultante de variações sub ou supra ótimas de fatores abióticos necessários ao crescimento vegetal) (HENDRICKSON; BRISKE, 1997) a que os pastos são submetidos em ambientes naturais. A resiliência das plantas frente aos estresses e distúrbios foi descrita por Grime (1977), onde plantas cultivadas sob elevado estresse e severo distúrbio apresentam persistência reduzida. As plantas ruderais estão adaptadas a ambientes com baixo estresse e elevado distúrbio.

Algumas espécies vegetais possuem mecanismos de adaptação a estresses, como evidenciado por Volaire, Norton e Lelièvre (2009) para a espécie *L. arundinaceum rubra*, que apresenta dormência durante períodos de estresse hídrico como estratégia de persistência na área. Outra estratégia para proteção das gemas axilares em caso de incêndios florestais é a deposição das mesmas abaixo do solo e a proteção das bainhas, como observado em *Sartina argentinensis* (FELDMAN; LEWIS, 2007). Já para espécies cujas estruturas de propagação ficam acima do solo, como *Andropogon semiberbis*, a presença de fogo pode comprometer a persistência da espécie, inviabilizando suas estruturas de propagação (SILVA; CASTRO, 1989).

No estudo das espécies vegetais, a exposição a diferentes níveis de fertilidade do solo pode influenciar nas estratégias de manutenção das plantas na área, especialmente para espécies competitivas e conservadoras de recursos. As plantas conservadoras de recurso

apresentam características como alta eficiência na utilização de minerais, crescimento lento, maior longevidade de folhas e fenologia mais tardia. Por outro lado, as plantas competidoras de recurso possuem maior capacidade de absorver nutrientes do solo, apresentam fenologia mais precoce e menor teor de matéria seca (CRUZ et al., 2002; PONTES et al., 2012). Em gramíneas perenes, por exemplo, a longevidade dos perfilhos é maior como forma de economizar energia, enquanto as espécies competidoras requerem uma renovação constante de perfilhos menores e menos longevos (DUCHINI et al., 2018).

Segundo Cruz et al. (2002), a persistência das gramíneas perenes depende da elevada taxa de sobrevivência de perfilhos em espécies conservadoras de recursos ou da elevada taxa de aparecimento em espécies competidoras. Duchini et al. (2018), García e Zamora (2003) e Matthew et al. (2000) enfatizam a importância de compreender os processos relacionados à manutenção da população na área para o desenvolvimento de estratégias de manejo que viabilizem a produção forrageira e a manutenção das espécies na área, sem comprometer a estabilidade populacional do pasto e a diversidade florística.

### 2.3. INFLUÊNCIA DO MANEJO NA COMPETIÇÃO ENTRE PLANTAS

A competição entre plantas é um fenômeno complexo que ocorre tanto entre espécies diferentes quanto entre indivíduos da mesma espécie. Um dos principais fatores que influenciam a competição é a relação entre o tamanho e a densidade das plantas, como afirmado por Firbank e Watkinson (1990). Plantas com menor peso médio por perfilho tendem a apresentar populações mais densas, enquanto plantas maiores são observadas em dosséis menos populosos, como observado em estudos de Hernández Garay, Matthew e Hodgson (1999) e Sbrissia e Da Silva, (2008).

Em ambientes pastoris, a adoção de menores alturas de manejo leva a uma maior densidade de perfilhos, o que aumenta a competição, conforme observado em estudos de Matthew et al. (1995) e Miqueloto et al. (2020b). Nesse caso, a estratégia de manejo de desfolha é aplicada para mudar a arquitetura do dossel da planta, removendo o tecido foliar e permitindo uma penetração maior de luz no estrato vertical do pasto. Essa maior incidência de luz estimula a emissão de perfilhos oriundos de gemas basais e axilares que se encontram no estrato inferior do dossel, conforme demonstrado por Deregibus, Sanchez e Casal, (1983); Toyota et al., (2014).

Duchini et al. (2018) conduziram um experimento com o objetivo de avaliar a dinâmica populacional de três gramíneas perenes, cultivadas puras ou em mistura, e entender os mecanismos adaptativos em ambientes com competição interespecífica. A pesquisa foi conduzida com *L. arundinaceum* (conservadora de recursos), aveia perene (competidora por recursos) e *dáctylis* (espécie intermediária aos grupos), as quais foram manejadas em uma altura de 20 cm. As gramíneas avaliadas são de clima temperado, com perfilhamento predominantemente durante o período frio do ano. Os resultados obtidos pelos autores demonstraram que não houve alterações significativas nos padrões populacionais das espécies quando cultivadas em mistura.

A competição entre plantas pode ser afetada pela severidade da desfolha em pastos biodiversos. Pitman (1999) investigou a persistência e produção de pastos compostos por uma mistura de *L. arundinaceum* e capim-bermuda, e observou que a aplicação de uma severidade de desfolha que deixava um resíduo de 10 cm ocasionou uma redução na participação da *L. arundinaceum* na mistura. Além disso, a abertura do dossel causada pela remoção dos tecidos vegetais permitiu que espécies de crescimento prostrado ocupassem uma maior área. Tannas, Hewins e Bork (2015) obtiveram resultados semelhantes ao trabalhar com uma mistura de *L. arundinaceum* e *Poa pratensis*. Eles observaram que desfolhas severas foram determinantes para a redução da participação da *L. arundinaceum* na mistura (espécie conservadora de recursos). Os autores também notaram que o fornecimento de nitrogênio favoreceu a recuperação da *Poa pratensis* na área (espécie competitória).

Em um estudo realizado por Read, Lang e Adeli (2014), que avaliaram misturas binárias de *L. arundinaceum* e grama bermuda em diferentes épocas de aplicação de nitrogênio durante sete anos, foi observado que o uso de um cultivar de *L. arundinaceum* dormente no verão, associado a uma adubação nitrogenada no início da época quente, melhorou o desempenho produtivo da gramínea C<sub>4</sub>. Em uma abordagem semelhante, Franzluebbers, Seman e Stuedemann (2013) conduziram um experimento que consistiu em uma mistura binária de grama bermuda (C<sub>4</sub>) e *L. arundinaceum* (C<sub>3</sub>). Os autores observaram que uma remoção severa do dossel (fenação neste caso) resultou nas menores produções anuais de forragem, independentemente da adubação utilizada. Além disso, os autores constataram uma maior participação de *L. arundinaceum* em tratamentos com pastejos lenientes ou na ausência de desfolha. No entanto, ao aplicar uma maior severidade de desfolha, as espécies compuseram o dossel forrageiro de forma mais equilibrada ao final dos

sete anos de experimento. Esses resultados destacam a importância do manejo adequado (como adubação e dinâmica de desfolha) na modulação da composição botânica.

Miqueloto et al. (2020a) observaram em um pasto binário formado por *L. arundinaceum* e *C. clandestinus* que a dominância da *L. arundinaceum* na área foi obtida com o manejo dos pastos em 17 cm (lotação contínua) e adubação apenas para esta espécie conservadora de recursos. Os autores submeteram os pastos manejados a 12 e 17 cm a um rebaixamento estratégico no outono, com a expectativa de que a massa da gramínea tropical (competidora) pudesse interferir negativamente na população da gramínea de clima frio. Entretanto, a população de *L. arundinaceum* se sobressaiu independentemente do manejo aplicado. Bernardon et al. (2021) observaram uma maior taxa de acúmulo anual de forragem nos pastos rebaixados no outono, em que a *L. arundinaceum* foi a gramínea predominante na mistura, quando associada com *C. Clandestinus*. Os autores sugerem que uma estratégia de adubação nitrogenada no período quente do ano associada a uma perturbação na *L. arundinaceum* (como uma desfolha severa) poderia conferir maior estabilidade na mistura e minimizar os efeitos da sazonalidade produtiva.

### **3. HIPÓTESES**

#### **3.1. GERAL**

A adoção de uma desfolha à um resíduo de 6 cm em meados da primavera aumenta a produção anual de forragem e a estabilidade populacional em um pasto misto formado por *L. arundinaceum* e *C. clandestinus*, porém esse efeito é dependente da altura de manejo em pré-pastejo utilizada ao longo do ano.

#### **3.2. ESPECÍFICAS**

A aplicação de um rebaixamento mais severo na metade da primavera favorece um incremento populacional e produtivo do *C. clandestinus* na estação quente.

As estratégias de manejo primaveril e alturas em pré-pastejo não alteram o acúmulo de forragem da *L. arundinaceum* na estação fria.

Pastos manejados com 15 cm em pré-pastejo não apresentam efeito de rebaixamento primaveril em sua produção e na participação populacional das espécies ao longo do ano.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. GERAL

Determinar uma estratégia de manejo da desfolhação, baseado em alturas, em pastos mistos de *C. clandestinus* e *L. arundinaceum* que maximize a produção anual de forragem e garanta estabilidade populacional da mistura.

### 4.2. ESPECÍFICOS

Determinar uma altura e um rebaixamento primaveril que proporcione maior produção na estação quente, sem prejudicar o retorno da *L. arundinaceum* na estação fria.

Determinar uma altura de manejo e um rebaixamento primaveril que mantenha a estabilidade populacional do pasto formado por *C. clandestinus* e *L. arundinaceum*.

Identificar os mecanismos que determinam a estabilidade populacional de um pasto formado por *C. clandestinus* e *L. arundinaceum*.

## 5. ESTRATÉGIAS DE DESFOLHA EM UM PASTO MISTO COMPOSTO POR *L. ARUNDINACEUM* E *C. CLANDESTINUS*. I. ACÚMULO DE FORRAGEM E COMPOSIÇÃO BOTÂNICA

### 5.1. RESUMO

Um dos produtos mais importantes em ambientes pastoris é o acúmulo de forragem. Em ambientes de clima temperado, há condições climáticas adequadas ao cultivo misto de espécies de clima tropical e de clima temperado em mistura, no entanto alguns autores indicam que a festuca, quando manejadas de forma leniente, tende a dominar a área e comprometer a produção da espécie de clima tropical. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi de verificar a existência de um manejo de desfolha que permita uma mistura harmônica entre *L. arundinaceum* e *C. clandestinus* e que garanta a manutenção da produção de forragem. Conduziu-se um experimento desenhado em arranjo fatorial 2 x 2, com três repetições, onde os fatores indicam: A – altura de manejo do pasto em pré-pastejo (15 e 20 cm) e B – Adoção ou não de um rebaixamento estratégico a um resíduo de 6 cm, aplicado uma única vez em meados da primavera de cada ano experimental. Ao longo dos três anos experimentais (2018 – 2020) foram coletadas informações acerca do acúmulo de forragem (utilizando-se a técnica indireta de acúmulo de forragem utilizando o *rising plate meter* com calibração própria para a mistura) e determinando os componentes botânicos da mistura (através da separação manual das espécies e suas frações contidas em um quadro amostral de 0,24 m<sup>2</sup>). Os dados foram submetidos a análise de variância pelo PROC MIXED e as médias estimadas pelo LSMEANS do SAS e suas diferenças testadas pelo teste de tukey ( $p=0,05$ ). Os resultados indicaram que não houve efeito de ano no acúmulo de forragem, no entanto, houve aumento no acúmulo de forragem em pastos submetidos ao rebaixamento primaveril. Manejar os pastos em 20 cm pré pastejo confere maior acúmulo de forragem anual, enquanto pastos manejados em 15 cm apresentam maior incidência de plantas invasoras e apresentam uma redução no acúmulo anual de forragem por adentrar em um limite inferior de manejo para a *L. arundinaceum* que confere perdas produtivas. Utilizar um protocolo de adubação nitrogenada ao longo do ano é fundamental para manutenção do status de nutrição nitrogenada do pasto e garantir a manutenção e produção das espécies que compõe o sistema.

**Palavras-chave:** Alturas de manejo; manejo primaveril; índice de nutrição nitrogenada.

### 5.2. ABSTRACT

One of the most important products in pastoral environments is the accumulation of forage. In temperate climate environments, there are suitable climatic conditions for the mixed cultivation of species from tropical and temperate climates in a mixture, however some authors indicate that tall fescue, when managed leniently, tends to dominate the area and compromise the production of the tropical species. The objective of this study was to verify the existence of a defoliation management that allows a harmonious mixture between *Lolium arundinaceum* and *Cenchrus clandestinus*, which guarantees the maintenance of forage production. An experiment was designed in a 2 x 2 factorial arrangement, with three

replications, where the factors indicate: A – pre-grazing pasture management height (15 and 20 cm) and B – Adoption of a strategic management to a residue of 6 cm, applied once in mid-spring of each experimental year. Over the three experimental years (2018 – 2020), information was collected regarding forage accumulation (using the indirect forage accumulation technique using the rising plate meter with its own calibration for the mixture) and determining the botanical components of the mixture (through manual separation of species and their fractions contained in a 0.24 m<sup>2</sup> sampling frame). The data were subjected to analysis of variance by PROC MIXED and the means estimated by LSMEANS of SAS, and their differences were tested using the Tukey test (p=0.05). The results indicated that there was no effect of year on forage accumulation; however, there was an increase in forage accumulation in pastures subjected to spring management. Managing pastures at 20 cm pre-grazing confers greater annual forage accumulation, while pastures managed at 15 cm present a higher incidence of invasive plants and a reduction in annual forage accumulation due to entering a lower management limit for *L. arundinaceum*, which results in productive losses. Nitrogen fertilization throughout the year is essential for maintaining the nitrogen nutrition status of the pasture and ensuring the maintenance and production of the species that make up the system.

**Keywords:** Height management; spring management; nitrogen nutrition index.

### 5.3. INTRODUÇÃO

Estudos com pastagens biodiversas tem ganhado espaço nos últimos anos, pelos benefícios ecossistêmicos prestados (FINN et al., 2013; LÜSCHER et al., 2022; MARQUARD et al., 2009; WANG et al., 2021). No entanto, a maioria dos trabalhos que estudam a dinâmica de gramíneas cultivadas em mistura, avaliam espécies com o mesmo ciclo metabólico (C3 apenas ou C4 apenas) (DUCHINI et al., 2019; MEDEIROS-NETO et al., 2023; MEZA et al., 2022; NUNES et al., 2019; ZIELEWICZ et al., 2021) ou em mistura com leguminosas (DE ANDRADE et al., 2021; HESHMATI; TONN; ISSELSTEIN, 2020; LIU et al., 2022; SANTOS et al., 2021; SOLLENBERGER; DUBEUX, 2022). Naturalmente, estes estudos ocorrem em regiões geográficas que apresentam condições climáticas favoráveis a apenas um dos grupos metabólicos. Por outro lado, regiões de clima temperado, do tipo Cfb e Cfa, apresentam estações do ano bem definidas e sem ocorrência de períodos de secas definido (ALVARES et al., 2013), possibilitando assim o cultivo de gramíneas perenes de clima tropical e de clima temperado (SBRRISSIA et al., 2017), inclusive na mesma área (CORBIN et al., 2019; HOVELAND; MCCANN; HILL, 1997; PLATA-REYES et al., 2023; READ; LANG; AIKEN, 2017).

Alguns autores têm demonstrado sucesso no manejo de mistura binária entre espécies C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>, pela complementariedade na produção de forragem (BERNARDON et al., 2021;

FRANZLUEBBERS; SEMAN; STUDEMANN, 2013; PLATA-REYES et al., 2023) o que, consequentemente, diminui a estabilidade de produção. Entretanto, desfolhações lenientes ou pouco frequentes são facilitadores de uma dominância da espécie conservadora de recursos (FRANZLUEBBERS; SEMAN; STUDEMANN, 2013), uma vez que estas espécies tendem a se adaptar melhor a ambientes de maior competição por recursos, a exemplo da competição por recursos luminosos. Por outro lado, a utilização de espécies competitivas de recurso confere maior produção em ambientes sem restrição de recursos (PONTES et al., 2012). Com isso, a coexistência e produção de uma mistura composta por espécies competitivas e conservadoras de recurso fica condicionada a utilização de estratégias de manejo que não sejam limitantes para ambas as espécies e abranjam sua dissimilaridade (Borer et al., 2014).

Em ambientes com crescimento livre ou intervalos de desfolha longevos, o arranjo espacial das plantas favorece ao aumento na produção de colmo (ROSCHER et al., 2007), muito possivelmente pela necessidade de competir por luz (DEREGIBUS; SANCHEZ; CASAL, 1983a). Por isso, efetuar os eventos de desfolha quando os pastos não interceptam mais que 95% da luz incidente auxilia no controle do alongamento de colmo e favorece a produção de folhas (BRUNETTI et al., 2023; CARNEVALLI et al., 2021; KORTE, 1986). Ademais, o manejo de desfolha modula a dinâmica populacional, de modo que pastos mantidos mais baixos aumentam a população de perfilhos (perfilhos menores) enquanto pastos mantidos mais altos apresentam perfilhos maiores, porém com uma população menor (SILVA et al., 2020b). Este mecanismo garante que haja uma homeostase entre tamanho e densidade de perfilhos de modo a manter constante o índice de área foliar (IAF) e consequentemente garantir a manutenção da produção de forragem em uma faixa de altura de manejo do pasto (HERNÁNDEZ GARAY; MATTHEW; HODGSON, 1999; SBRISIA et al., 2003). Dado que o IAF pode ser transcrito na forma de altura de manejo, há uma faixa de altura que assegura a produção de forragem dentro de uma amplitude de alturas de manejo do pasto (SBRISIA et al., 2018) e esta amplitude pode ser espécie-dependente desde que a estrutura removida seja inferior a 50 % da altura de pré pastejo (MARTINS et al., 2021).

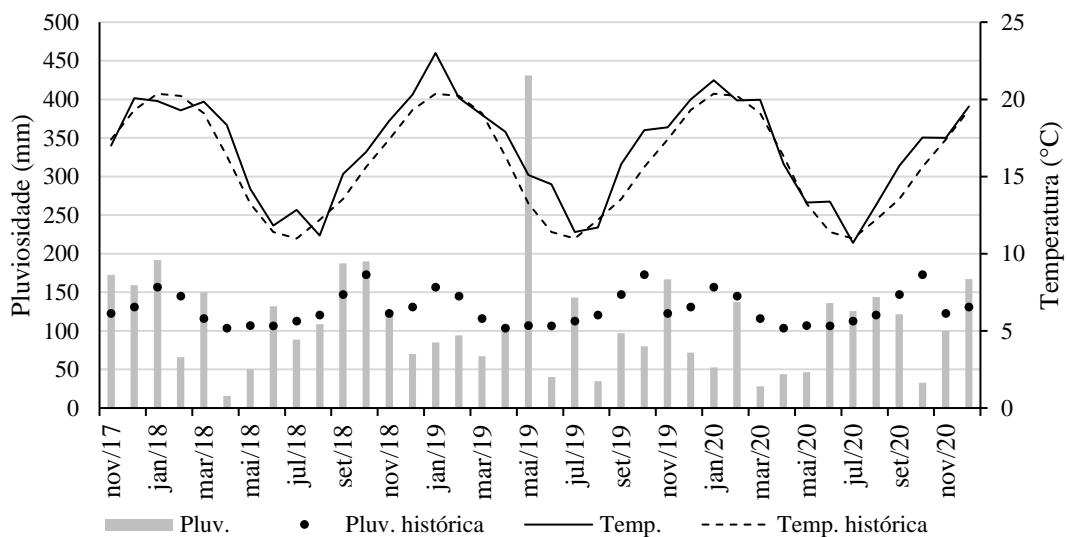
A *L. arundinaceum* (C<sub>3</sub>) e o *C. clandestinus* (C<sub>4</sub>) são espécies que apresentam recomendação de altura de manejo entre 15 e 20 cm (SBRISIA et al., 2018), podendo assim comporem o mesmo sistema pastoril. Neste sentido, foi estabelecido um experimento com o objetivo de determinar uma estratégia de manejo de desfolhação que possibilite a coexistência de *L. arundinaceum* e *C. clandestinus* que maximize a produção de forragem e a estabilidade produtiva sob a hipótese que o rebaixamento primaveril aumenta a participação de *C.*

*clandestinus* no verão, principalmente em pastos manejados em 20 cm de altura em pré-pastejo, permitindo maior produção de forragem anual e estabilidade produtiva

#### 5.4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV-UDESC), Lages – SC – Brasil, marcado pelas coordenadas geográficas  $27^{\circ} 48' 58''$  latitude sul e  $50^{\circ} 19' 34''$  longitude oeste e situado a 930 metros acima do nível do mar, com clima do Cfb (clima subtropical, sem estação seca definida e com verões amenos) (ALVARES et al., 2013) durante o período de novembro de 2017 à novembro de 2020. As variáveis climáticas de precipitação mensal (mm) e temperatura média do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) durante o período experimental e médias históricas de 85 anos estão apresentadas na Figura 1.

Figura 1 - Precipitação (mm) e temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) observadas ao longo do período experimental e suas respectivas médias históricas de 1948 a 2016.



Fonte: Empresa de pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI/CIRAM, 2020.

O local do experimento possui solo classificado como Cambissolo Húmico Alumínico Típico (EMBRAPA, 2006), que apresentava no início do período experimental, na camada 0 a 20 cm de profundidade, as características apresentadas na tabela 1. A área experimental foi implantada em julho de 2014 por meio da sobressemeadura de *L. arundinaceum* (cv. Rizomat) sobre uma pastagem de *C. clandestinus* já estabelecida na área desde a década de 90. Entre 2014 e 2017 os pastos foram utilizados em outro protocolo experimental (BERNARDON et al., 2021; MIQUELOTO et al., 2020a) manejados em sistema de lotação

contínua em alturas médias de 12 e 17 cm e, a partir de novembro de 2017, foram estabelecidos os tratamentos.

Tabela 1 - Características físico-químicas de amostra de solo proveniente da área experimental coletada no perfil 0 – 20 cm.

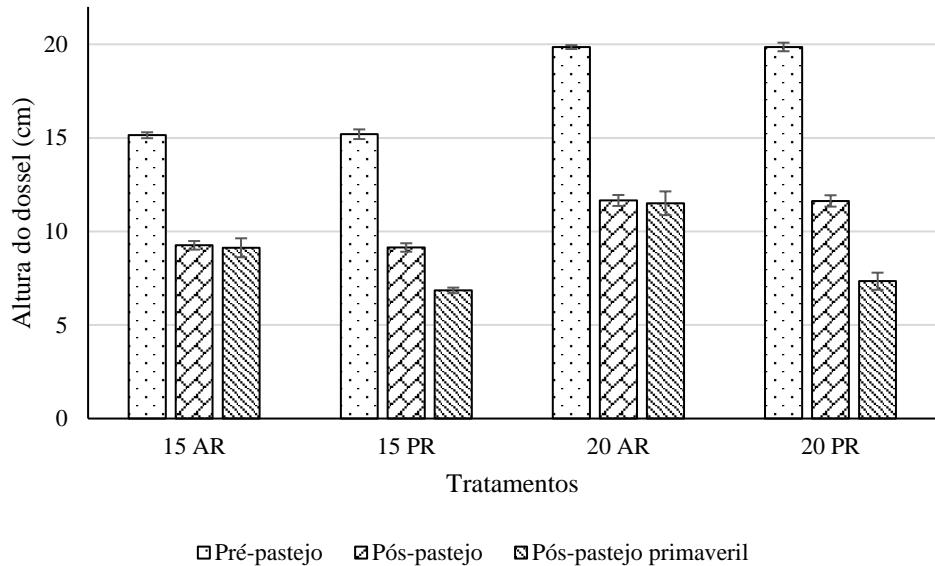
pH	MO	Argila	Sat. Bas.	Ca	Mg	H+Al	CTC*	P	K	
	-----%	-----	-----	-----cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> -----	-----	-----	-----mg.dm <sup>-3</sup> -----	-----		
<b>0 – 20cm</b>	4,8	4,1	32	62	37,3	23,4	7,4	19,8	11,8	117

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

\*CTC em pH 7,0;

O experimento foi conduzido em blocos completos casualizados, em arranjo fatorial 2 x 2 com três repetições. Cada unidade experimental (piquete) possuía 140 m<sup>2</sup>, totalizando uma área útil de parcelas de 1680 m<sup>2</sup>. Os pastos foram manejados sob lotação intermitente, sendo adotadas duas alturas de manejo em pré-pastejo de 15 e 20 cm de altura média do dossel, associadas a um rebaixamento de 40% (fator A, respeitando a severidade de desfolha sugerida por Martins et al. (2021) para espécies C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>), resultando, portanto, em 9 e 12 cm de altura em pós-pastejo, respectivamente. O fator B representou a adoção ou não de uma maior severidade de desfolha aplicada pontualmente em meados da primavera (segunda quinzena de novembro) de cada ano, resultando em um resíduo de 6 cm. Após esse rebaixamento os pastos foram novamente manejados com 40 % de severidade de desfolha até a primavera seguinte, ou seja, com resíduos de 9 e 12 cm de altura. A aferição da altura dos pastos foi realizada com o auxílio de uma régua graduada, registrando-se a altura de 30 pontos aleatórios dentro de cada unidade experimental (Figura 1). O monitoramento das alturas foi realizado periodicamente a fim de manter o controle sobre a altura do dossel e assegurar as metas de manejo. Ao atingir as alturas em pré-pastejo, dois bovinos da raça holandesa, pertencentes ao plantel do tambo leiteiro da UDESC/CAV, com peso médio de 460 kg, eram alocados em cada piquete (uso animal aprovado pela comissão de ética no uso de animais sob protocolo 6241030918) para efetuarem a desfolha do pasto, sendo estes retirados dos piquetes quando as alturas de resíduo foram alcançadas.

Figura 2 - Metas de manejo em pré e pós pastejo, para pastos mistos formados por *C. clandestinus* e *L. arundinaceum*, ao longo de três anos experimentais.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023). PR – Presença de rebaixamento primaveril. AR – Ausência de rebaixamento primaveril.

Não foram efetuadas calagens e adubações para correção de acidez e fertilidade do solo, sendo realizada apenas adubações nitrogenadas que totalizaram 360 kg. ha<sup>-1</sup> de N por ano. Essa quantidade foi fracionada em seis doses de 60 kg. ha<sup>-1</sup> de N, aplicadas a cada 60 dias ao longo de cada ano, em condições climáticas adequadas, na qual a primeira aplicação foi realizada no início do período experimental (20 de novembro de 2017), em pós pastejo.

#### 5.4.1. Massa e acúmulo de forragem

A massa de forragem foi quantificada pelo método indireto, com a utilização do prato ascendente (*rising plate meter* - RPM). Para validar a utilização deste método em pastos formados por festuca e capim-quicuiu cultivados em mistura, procedeu-se a técnica de calibração de disco, que consistiu na coleta de pontos com altura – em unidades de disco – conhecida (unidade de medida do *rising plate meter*) e mensurando a massa seca da área de contato do disco, conforme descrito por Ferraro et al. (2012). Durante os três anos experimentais, nos momentos pré e pós pastejo, foram realizadas coletas em duplicata, em cada unidade experimental, aferindo-se a altura do pasto, em unidades de disco, e em seguida o material contido abaixo do RPM foi cortado com auxílio de tesouras, armazenado em sacos de papel, identificado e levado a estufa com circulação forçada de ar, a 65°C, por 72 horas. Após este período, o peso seco do material foi aferido em balança analítica para quantificação da matéria seca. Com isso, após o término do experimento, foi possível construir equações de regressão entre as alturas em unidades de disco e a massa de forragem. Foram obtidas

equações de calibração, compostas pelas amostragens pré e pós pastejo, para a estação verão/outono:  $y = 1024 + 95H$ , com  $R^2 = 50,1\%$ ; para a estação inverno:  $y = 115 + 122,2H$ , com  $R^2 = 71,7\%$ ; e para a estação da primavera:  $y = 127 + 97,9H$ , com  $R^2 = 55,5\%$ , onde  $y$  é a massa de forragem estimada em  $\text{kg. ha}^{-1}$  de matéria seca e  $H$  é a altura do pasto em cm. Feito isso, a média da altura em unidades de disco oriundas de 30 pontos aleatórios em cada unidade experimental foi substituída na equação de regressão da respectiva época e assim pode-se estimar a massa de forragem para os momentos pré e pós pastejo.

Com base na diferença entre a massa pré-pastejo previamente à entrada dos animais e a massa pós-pastejo do ciclo anterior estimou-se a quantidade de biomassa acumulada no respectivo ciclo de pastejo. Dividindo-se o acúmulo de forragem pelo intervalo de dias transcorridos entre as avaliações, obteve-se a taxa de acúmulo diária. Para estimar o acúmulo anual de forragem, foram somados os acúmulos de cada ciclo de pastejo, durante todo o ano experimental.

#### 5.4.2. Composição botânica

Para mensurar a composição botânica do pasto foram coletadas amostras em três quadros metálicos de área individual de  $0,24 \text{ m}^2$  ( $0,8 \times 0,3 \text{ m}$ ) os quais foram alocados em áreas representativas da unidade experimental, seguindo-se do corte das plantas ao nível do solo. As amostras coletadas foram levadas ao laboratório para quantificação da composição botânica. A amostra oriunda dos quadros foi fracionada nos componentes: *L. arundinaceum*, *C. clandestinus*, material morto e outras plantas (denominadas de plantas invasoras), por meio da separação manual. Para as espécies de interesse, *L. arundinaceum* e *C. clandestinus*, os perfilhos de cada espécie foram contabilizados para estimativa da densidade populacional de perfilhos (DPP) de cada espécie e do pasto ( $\text{DPP}_{L. arundinaceum} + \text{DPP}_{C. clandestinus}$ ) e posteriormente separados em lâminas foliares e colmo + pseudocolmo. Assim fracionados, os componentes da amostra foram secos em estufa de circulação forçada de ar ( $65^\circ\text{C}$ ) por 72 horas e posteriormente pesados. Dessa forma, a massa seca de forragem dos componentes botânicos e morfológicos de cada amostra ( $0,24 \text{ m}^2$ ) pode ser estimada para as unidades usuais ( $\text{kg. ha}^{-1}$  de massa seca), bem como as densidades populacionais de perfilhos (perf.  $\text{m}^{-2}$ ). Dividindo-se o peso de cada amostra (folha + colmo e pseudocolmos) pelo número de perfilhos contidos na amostra, foi possível obter o peso médio por perfilho (PMP).

Para a avaliação do índice de área foliar (IAF) dos pastos, as lâminas foliares de cada espécie de interesse, previamente separadas na composição botânica, foram destacadas e

integradas em aparelho integrador de área foliar modelo LI-3100C (LICOR®, Lincoln, Nebraska, EUA) antes de serem secadas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas, e, após secas, pesadas. Dividindo-se a área foliar pela área do quadro amostrador, em cm<sup>2</sup>, foi calculado o índice de área foliar para cada espécie de interesse. Somando-se o IAF *L. arundinaceum* e o IAF *C. clandestinus* obteve-se o IAF do pasto.

#### 5.4.3. Índice de nutrição nitrogenada

Após secadas as amostras oriundas da separação botânica, foram moídas em moinho Wiley, com peneiras de 1mm, e o teor de N na amostra foi estimado com base na metodologia de Dumas, com auxílio do Analisador de Nitrogênio, modelo FP-528, LECO (Corporation St. Joseph, MI, USA). A concentração crítica de nitrogênio para mistura binária composta por espécies com ciclos metabólicos distintos foi estimada com base na equação desenvolvida por Bedoussac (2006) e apresentada por Louarn et al. (2021).

$$\%Nc_{esp.i} = p_{esp.i}(4,8MStot^{-0,32}) + (1 - p_{esp.i})(3,6MStot^{-0,34})$$

Onde  $Nc_{esp.i}$  é a concentração crítica de nitrogênio na espécie *i*, em pastos mistos,  $p_{esp.i}$  é a participação de massa de foragem da espécie *i* na mistura, MStot é a massa seca total das espécies na mistura (Mg. ha<sup>-1</sup>) e 4,8 e 3,6 são as concentrações críticas de nitrogênio para 1Mg ha<sup>-1</sup> de matéria seca (coeficiente  $a_c$ ) para a espécie *L. arundinaceum* e *C. clandestinus*, respectivamente. -0,32 e -0,34 são os expoentes da diluição crítica de nitrogênio (coeficiente  $b$ ) para espécies C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>, respectivamente.

O índice de nutrição nitrogenada (INN) pode ser então calculado para cada espécie

$$INN_{esp.} = \frac{\%Nc_{esp.i}}{\%Nc_{esp.i}}$$

Onde,  $\%Nc_{esp.i}$  é o teor de nitrogênio na amostra de forragem da espécie *i* na mistura.

#### 5.4.4. Análise estatística

Os dados foram agrupados em diferentes épocas de manejo de acordo com o comportamento das espécies, sendo definido a estação de verão/outono compreendida entre o rebaixamento primaveril até a primeira geada (a primeira geada para cada ano ocorreu nos meses de maio de 2018, julho de 2019 e junho de 2020), o inverno entre a primeira geada e

meados de setembro, e a estação primaveril compreendida entre meados de setembro até o rebaixamento primaveril, que ocorria em novembro.

Após assim agrupados, os dados de acúmulo de forragem foram submetidos à análise de variância pelo procedimento MIXED ( $p<0,05$ ), do pacote estatístico SAS. Foram considerados efeito fixo a altura de manejo (A), o rebaixamento primaveril (B), o ano (C) e suas interações, como efeito aleatório o bloco e o erro experimental, conforme descrito na equação:

$$Y_{ijkl} = \mu + fA_i + fB_j + fC_k + (fA \times fB)_{ij} + (fA \times fB \times fC)_{ijk} + b_l + \varepsilon_{ijkl}$$

Considerando os resultados obtidos para o acúmulo de forragem e considerando a ausência de efeito de ano, as demais variáveis analisadas passaram a ser estimadas considerando o ano como fator aleatório, uma vez que não houve diferença entre ano experimental. Assim, o modelo utilizado está apresentado a seguir:

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

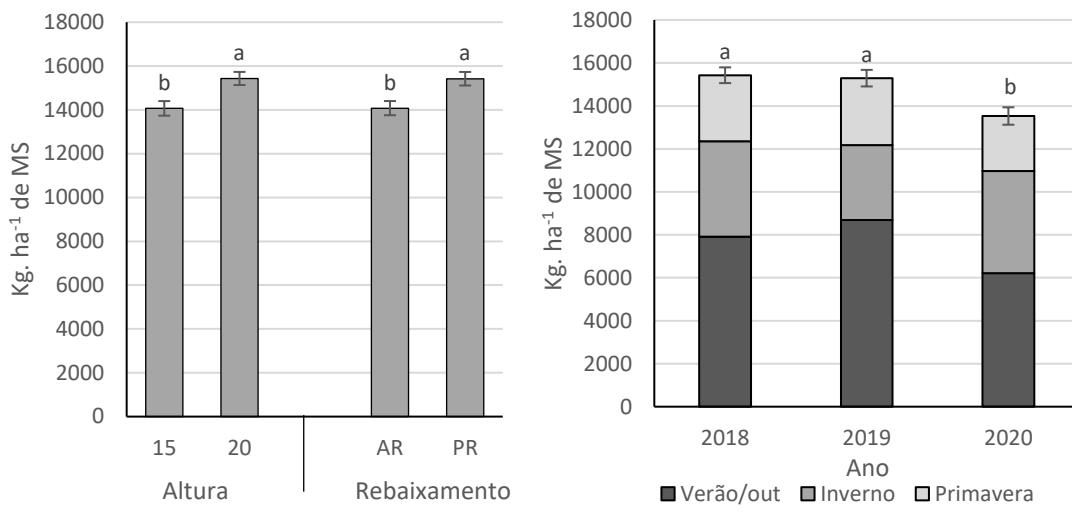
Em ambos os casos, os ciclos de coletas dentro de cada época foram considerados como medida repetida, onde sua matriz de covariância foi determinada pelos critérios de informação de Akaike (AIC). As médias foram estimadas pelo LSMEANS do SAS e testadas pelo teste de tukey com 5% de probabilidade de erro.

## 5.5. RESULTADOS

### 5.5.1. Acúmulo de forragem

Houve efeito de ano para o acúmulo de forragem, onde os anos de 2018 e 2019 foram 1,13 vezes mais produtivos, quando comparados ao ano de 2020, que apresentou um acúmulo anual de 13,5 toneladas ( $p=0,0033$ ; Figura 3B). Também houve efeito de altura de manejo e de rebaixamento primaveril para o acúmulo anual de forragem, nos quais pastos manejados a 20 cm ou quando submetidos ao rebaixamento de primavera, apresentaram uma produção anual 10% superior aos pastos manejados a 15cm ou não rebaixados na primavera, respectivamente ( $p=0,0053$  e  $p=0,0062$ , respectivamente; Figura 3A).

Figura 3 - Acúmulo anual de forragem (Kg. ha<sup>-1</sup> de matéria seca) de pasto misto formado por *C. clandestinus* e *L. arundinaceum* submetidos a diferentes manejos de desfolha (A), ao longo de três anos experimentais (B).



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

### 5.5.2. Composição botânica

Durante a estação fria, a ocorrência de geadas e as baixas temperaturas limitaram a participação da espécie C<sub>4</sub> na composição da massa de forragem, sendo apenas apresentados os valores para a *L. arundinaceum*, que compunha de forma majoritária o pasto. O rebaixamento primaveril não influenciou a MF, IAF, DPP e PMP de *L. arundinaceum* no inverno ( $p>0,05$ ), no entanto, quando os pastos foram manejados em 20 cm, houve um incremento de 48% na MF, 28% no IAF e 32% no tamanho de perfilhos, sendo que neste, a densidade populacional de perfilhos não foi alterado pela altura de manejo (Tabela 2).

Tabela 2 - Composição botânica no inverno de uma mistura binária composta por *C. clandestinus* (Cc) e *L. arundinaceum* (La), submetida a diferentes manejos de desfolha, ao longo de três anos.

	15		20		EPM*	Significância (p)		
	AR	PR	AR	PR		Alt	Reb	Alt*reb
MF La	1460	1520	2205	2200	272	0,0001	0,7872	0,7482
IAF La	1,88	2,12	2,69	2,43	0,39	0,0002	0,9521	0,0766
DPP La	1611	2057	1819	1845	242	0,9843	0,0618	0,0929
PMP La	0,0945	0,0771	0,1114	0,1154	0,005	0,0004	0,3578	0,1402

\*EPM – Erro padrão da média; MF La – massa de forragem de *L. arundinaceum* (kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca); IAF La – Índice de área foliar de *L. arundinaceum*; DPP La – Densidade populacional de perfilhos de *L. arundinaceum* (perf. m<sup>-2</sup>); PMP La – Peso médio por perfilho (g perf<sup>-1</sup>).

A adoção de rebaixamento primaveril resultou em uma massa de forragem e DPP de *C. clandestinus* 1,21 vezes superior àquela observada na ausência de rebaixamento na primavera (Tabela 3). Já a massa de forragem de *L. arundinaceum* foi 18% menor nos pastos rebaixados.

Tabela 3 - Composição botânica na primavera de uma mistura binária composta por *C. clandestinus* (Cc) e *L. arundinaceum* (La), submetida a diferentes manejos de desfolha, ao longo de três anos.

	15		20		EPM*	Significância		
	AR	PR	AR	PR		Alt	Reb	Alt*reb
MF La	1404	1184	1981	1595	112	0,0001	0,0072	0,4452
MF Cc	762	918	731	891	359	0,6961	0,0354	0,9754
MF Inv.	342	289	166	210	67	0,0003	0,8780	0,1475
IAF La	1,25	1,22	2,12	1,78	0,4	0,0001	0,2030	0,2867
IAF Cc	0,82	0,91	0,83	1,04	0,31	0,4112	0,0766	0,5100
IAF P	2,09	2,16	2,97	2,85	0,12	0,0001	0,8493	0,5113
DPP Cc	1513	1848	1026	1254	560	0,0004	0,0470	0,6983
DPP P	2707	3109	2548	2577	402	0,0439	0,1991	0,2677
PMP Cc	0,0484	0,0469	0,0635	0,0518	0,8	0,0107	0,0816	0,1836

\*EPM – Erro padrão da média – para a variável; MF – Massa de forragem (kg.ha<sup>-1</sup> de matéria seca) de *L. arundinaceum* (La), *C. clandestinus*(Cc) e espécies invasoras (Inv); IAF – Indice de área foliar de *L. arundinaceum* (La), *C. clandestinus*(Cc) e do pasto (P); DPP – Densidade populacional de perfilhos (perf. m<sup>-2</sup>) de *C. clandestinus*(Cc) e do pasto (P); PMP – Peso médio por perfilho (g.perf<sup>-1</sup>) de *C. clandestinus*(Cc).

No verão, a presença de rebaixamento primaveril proporcionou uma redução de 16% no IAF da *L. arundinaceum* e uma tendência na redução de número de perfilhos de igual valor (Tabela 4). Em contrapartida, rebaixar os pastos na primavera, favoreceu um incremento de 14% no IAF de *C. clandestinus*. Quando os pastos foram manejados mais baixos (15 cm), apresentaram um IAF de *L. arundinaceum* e do pasto 27% e 10% menor, respectivamente. Pastos manejados mais baixos apresentaram uma DPP de *C. clandestinus* 33% superior, no entanto perfilhos com peso médio 49% inferior àqueles manejados em 20 cm. A maior altura de manejo também proporcionou perfilhos de *L. arundinaceum* com maior peso, sendo estes 1,21 vezes mais pesados em comparação aos pastos manejados em 15 cm.

Tabela 4 - Composição botânica no verão de uma mistura binária composta por *C. clandestinus* (Cc) e *L. arundinaceum* (La), submetida a diferentes manejos de desfolha, ao longo de três anos

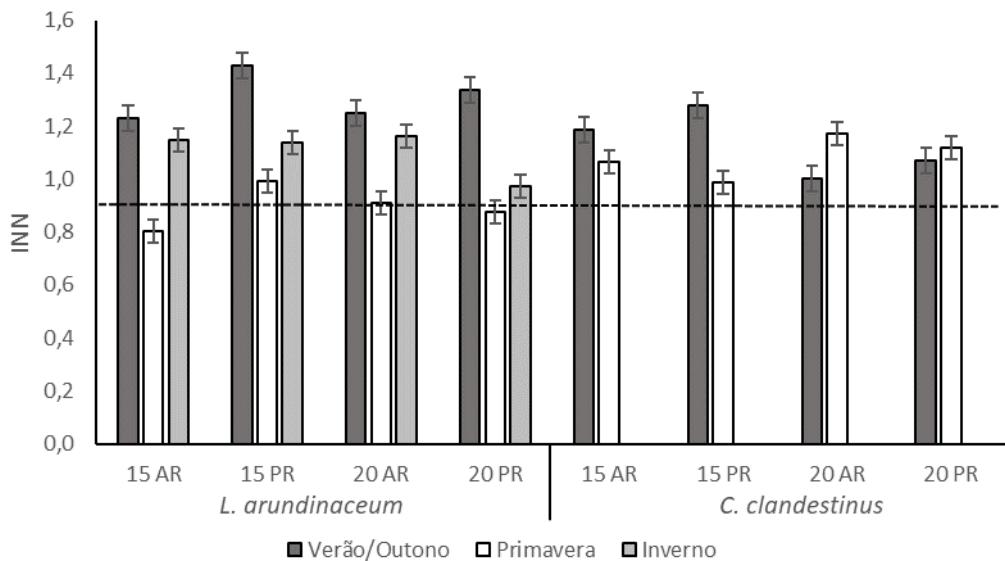
	15		20		EPM	Significância (P)		
	AR	PR	AR	PR		Alt	Reb	Alt*reb
MF La	905	763	1412	940	240	0,0001	0,0002	0,0396
MF Cc	1530	1564	1410	1706	321	0,9089	0,0812	0,1663
MF Inv	420	402	220	402	94	0,0017	0,0092	0,0016
IAF La	0,97	0,90	1,43	1,11	0,33	0,0008	0,0473	0,1827
IAF Cc	1,54	1,62	1,38	1,70	0,11	0,6654	0,0361	0,2108
IAF P	2,53	2,55	2,82	2,83	0,28	0,0079	0,8966	0,9285
DPP La	883	828	953	720	245	0,7938	0,0515	0,2241
DPP Cc	2635	2873	1966	2182	528	0,0001	0,1421	0,9409
DPP P	3517	3700	2918	2900	462	0,0001	0,5628	0,4843
PMP La	0,1240	0,1201	0,1495	0,1457	0,017	0,0211	0,7271	0,9994
PMP Cc	0,0556	0,0586	0,0818	0,0882	0,0046	0,0001	0,2167	0,6598

\*EPM – Erro padrão da média – para a variável; MF – Massa de forragem ( $\text{kg ha}^{-1}$  de matéria seca) de *L. arundinaceum* (La), *C. clandestinus*(Cc) e espécies invasoras (Inv); IAF – Indice de área foliar de *L. arundinaceum* (La), *C. clandestinus*(Cc) e do pasto (P); DPP – Densidade populacional de perfilhos (perf.  $\text{m}^{-2}$ ) de *L. arundinaceum* (La), *C. clandestinus*(Cc) e do pasto (P); PMP – Peso médio por perfilho (g perf $^{-1}$ ) de *L. arundinaceum* (La) e *C. clandestinus*(Cc).

### 5.5.3. Índice de nutrição nitrogenada

Com base nos resultados de INN, constatou-se, de maneira geral, que os pastos apresentaram-se adequadamente supridos com N (INN > 0,9). Apenas para *L. arundinaceum* foi obtido valor de INN inferior a 0,9, no tratamento 15 cm, com ausência de rebaixamento no período da primavera (Figura 4).

Figura 4 - Índice de nutrição nitrogenada (INN) de *C. clandestinus* e *L. arundinaceum* nas estações de verão, inverno e primavera, ao final do período experimental (2020).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

## 5.6. DISCUSSÃO

A produção primária é um dos atributos mais importantes no sistema pastoril e é influenciada por fatores bióticos e abióticos, onde a biodiversidade apresenta um papel importante no sistema produtivo (TILMAN; ISBELL; COWLES, 2014). Pastos mistos apresentam uma maior estabilidade produtiva, uma vez que as espécies utilizadas podem complementar lacunas produtivas (CRAVEN et al., 2016). Em nosso trabalho, com mistura binária de espécies perenes de clima tropical e temperado, não houve efeito de interação tripla entre os fatores e interação entre altura e rebaixamento. No entanto, foi observado efeito de ano para o acúmulo de forragem, cerca de 12% inferior em 2020, comparado a 2018 e 2019, em que a produção média anual de forragem foi de 15360 kg. ha<sup>-1</sup> de matéria seca ao ano. Contudo, vale ressaltar que no ano de 2020, o experimento foi encerrado em meados de novembro, não sendo computado, o acumulado em kg. ha<sup>-1</sup> de massa seca dos últimos 35 dias. Se considerarmos a taxa média de acúmulo diário de MS para o mesmo período dos anos anteriores (34 kg.dia<sup>-1</sup> de massa seca), não encontrariamos diferença no acúmulo de forragem entre os anos avaliados. De posse desta informação, considerou-se a ausência de efeito de ano no acúmulo de forragem, e, portanto, o ano foi utilizado como fator aleatório na análise estatística das variáveis de composição botânica.

Quando comparado o acúmulo de forragem nas alturas de manejo, observou-se um acúmulo de forragem 9% menor nos pastos manejados em 15 cm. Parsons; Johnson; Harvey (1988) demonstraram através de modelos teóricos, a existência de uma flexibilidade de manejo que possibilita obter acúmulo de forragem similar, como demonstrado na prática por Bircham e Hodgson (1983) para um pasto misto e Sbrissia et al (2018) para o *C. clandestinus* em monocultivo. Neste último trabalho, os autores obtiveram taxa de acúmulo de forragem similares para as evidenciam que alturas de 15 e 20 cm em pré pastejo apresentam taxa de acúmulo similar, fato que não foi confirmado em nosso estudo. Contudo, não há evidências de que a mesma flexibilidade (15 a 20 cm) de manejo se aplique à *L. arundinaceum*. Nestas condições, o limite inferior de manejo que garante a manutenção do acúmulo de forragem pode ser superior a 15 cm, indicando que o menor acúmulo de forragem seja decorrente de uma limitação da *L. arundinaceum* na mistura, uma vez que Bernardon et al. (2021) observaram um menor acúmulo de forragem em pastos manejados a 12 cm em regime de desfolha contínua no segundo ano experimental, mesmo havendo maior DPP, quando comparado aos pastos manejados em 17 cm. Somado a isso, Szymczak et al. (2020) observaram que metas de manejo de 14 cm em lotação intermitente também promoveu redução na produção animal enquanto Scheneiter et al. (2019) reiteram que alturas residuais de 7 a 10 cm podem limitar a produção da *L. arundinaceum* na estação quente, suportando nossa hipótese de que a altura de manejo desses pastos em sistema de lotação rotativa deve ser superior a 15 cm. Contudo, é necessário destacar que (I) nossos achados remetem ao acúmulo de forragem anual de um pasto misto, composto por espécie de clima tropical e temperado, (II) houve maior incidência de plantas invasoras nos pastos manejados em 15 cm, principalmente do gênero *Axonopus* (observação visual) ocupando parte da cobertura de solo, conferindo menor massa de forragem (Figura 3), sustentando a hipótese de perda de persistência da *L. arundinaceum* e (III) embora houve aumento na DPP do pasto na primavera e verão nos pastos manejados em 15 cm, o IAF do pasto foi inferior nesta altura de manejo.

Quando submetidos ao rebaixamento primaveril, os pastos acumularam 1,3 toneladas de matéria seca a mais ao longo do ano, quando comparado aos pastos não rebaixados. Esta maior produção de forragem pode estar intimamente ligada com a maior participação de folhas de *C. clandestinus* no período do verão, uma vez que 76% da DPP do pasto era de *C. clandestinus*. Não houve diferença na massa de forragem e população de *C. clandestinus*, contudo, houve um maior IAF nos pastos rebaixados. Como o *C. clandestinus* é responsivo ao nitrogênio, o aumento no acúmulo de forragem nos pastos rebaixados pode ser oriundo de um

aumento nos processos ontogênicos de expansão foliar nos pastos rebaixados e, consequentemente, resultou em um maior acúmulo de forragem ao longo do ano, decorrente da maior deposição de folhas nestes tratamentos. (O *C. clandestinus* ainda antecipa seu povoamento na primavera com 18% mais Perfilhos que os pastos sob AR). Estes achados nos remetem a refutar parcialmente nossa hipótese, uma vez que houve uma maior produção de forragem nos pastos rebaixados, possivelmente não foi oriunda de uma maior população de *C. clandestinus*, já que isso não foi constatado.

Pastos cultivados mistos tendem a aumentar a produção anual de forragem, por apresentarem complementariedade na produção, e este efeito é mais visível quanto mais complementares são as espécies utilizadas. Duffy; Godwin; Cardinale (2017) e Tilman; Isbell; Cowles (2014) observaram que ao incrementar espécies no sistema, a produção de forragem aumenta, no entanto o uso de um elevado número de espécies é menos importante que a escolha de espécies que apresentam dissimilaridades, seja ela espacial ou temporal, intensificando o uso de recursos (TOFINGA; PAOLINI; SNAYDON, 1993). A utilização de espécies com produção temporal distinta tem beneficiado a produção de forragem, quando comparado aos cultivos em monocultura (DUCHINI et al., 2019), sendo que o incremento de espécie exploradora de recursos possibilita aumentar a produção de forragem (GARNIER; NAVAS; GRIGULIS, 2016), se assegurado um índice de nutrição nitrogenada adequado às espécies (BARRETA et al. 2023).

Scheneiter et al. (2019) estudando o efeito de diferentes manejos de desfolha no período de emissão dos pendões florais de *L. arundinaceum*, observaram que a adoção de um único rebaixamento na primavera ou sucessivos rebaixamentos a uma altura residual de 7 a 10 cm, apresentaram redução na população de *L. arundinaceum*. Em nosso trabalho, foi observado uma tendência de redução (cerca de 16%) na população de *L. arundinaceum* na estação seguinte ao rebaixamento de primavera. Neste cenário, a menor população de *L. arundinaceum* pode estar associada a morte de perfilhos decapitados durante o período de desfolha (decapitação do meristema de crescimento) ou associada a redução na emissão de novos perfilhos, processo estimulado pela translocação de assimilados de perfilhos florescidos (SKINNER; NELSON, 1994). O rebaixamento primaveril pode ter auxiliado na manutenção de gemas basais formando *bud banks* (OTT; HARTNETT, 2015), os quais não sendo ativadas no verão, tornaram a aumentar a população de *L. arundinaceum* no inverno (Tabela 2), onde houve uma tendência de aumento populacional de *L. arundinaceum* na estação fria.

A utilização de uma maior severidade de desfolha em meados da primavera demonstrou-se como uma estratégia de manejo importante para antecipar o retorno do capim quicuiu no início da estação de crescimento. Com base em nossos resultados constatou-se que houve um incremento de aproximadamente 21% na massa de forragem, DPP e IAF do *C. clandestinus* na primavera, quando adotado o rebaixamento primaveril. É importante ressaltar que a *L. arundinaceum* não foi penalizada pelo manejo adotado, uma vez que manteve constante sua DPP e IAF ao longo dos três anos experimentais, apenas com redução de sua massa de forragem, decorrente de uma maior desfolha. Estes resultados demonstram a complementariedade temporal que estas espécies apresentam.

Pitman, (1999) e Read; Lang; Adeli (2014) demonstraram que o uso de adubação nitrogenada no outono, aumentou o acúmulo de forragem de *L. arundinaceum*, quando consorciada com grama bermuda. No entanto, estes autores trabalharam com cultivares de *L. arundinaceum* mediterrânea, que apresenta dormência durante o verão e reiteraram que a utilização de adubação com N no período quente e a utilização de espécies que apresentam dormência no verão pode favorecer o crescimento da espécie C<sub>4</sub>. Em trabalho com *L. arundinaceum* consorciada com *C. clandestinus* Miqueloto et al. (2020b) observaram que a utilização de adubação exclusiva no inverno e a utilização de *L. arundinaceum* continental, propiciaram uma menor participação da espécie C<sub>4</sub> no verão. O N é o nutriente mais limitante no crescimento das plantas (GURGEL et al., 2020) e sua deficiência limita o ganho em produção animal (SILVA et al., 2020a) e a eficiência produtiva do sistema (DOMICIANO et al., 2020).

Neste sentido, nossos resultados indicam que a utilização de *L. arundinaceum* continental é possível, desde que sejam realizados manejos que favoreçam o retorno da espécie de C<sub>4</sub>, sendo estes o uso de fertilizantes nitrogenados e a utilização de uma severidade de desfolha maior no início do período quente, favorecendo o retorno da espécie tropical no sistema. A estação quente é o período do ano em que ambas as espécies compõem o dossel forrageiro, e consequentemente competem pelos recursos, e assim necessitam de maiores cuidados (BERNARDON et al., 2021).

No trabalho desenvolvido por Bernardon et al, (2021) a produção de forragem observada foi inferior aos nossos resultados. Naquele caso, os autores observaram uma menor participação de *C. clandestinus* no verão, se comparado aos nossos resultados. Bernardon et al. (2021) observaram baixo teor de INN para *C. clandestinus*, quando os pastos não eram

adubados no verão, sendo rapidamente elevado após as aplicações de N no outono, enquanto em nosso estudo houve suprimento adequado de nitrogênio adotando adubação nitrogenada também durante o período quente. Espécies competitivas (*C. clandestinus*) são naturalmente mais produtivas que espécies conservadoras (*L. arundinaceum*) de recursos (Garnier et al., 2016), no entanto são mais dependente das condições ambientais (GRIME, 1977). Enquanto o IAF do pasto não é alterado em função do rebaixamento, observamos que a utilização de rebaixamento aumenta o IAF de *C. clandestinus*, espécie com maior taxa de crescimento no período quente, e, consequentemente, aumentando o acúmulo de forragem nestes tratamentos. A *L. arundinaceum* não se demonstra penalizada no inverno, quando adotado o rebaixamento primaveril, uma vez que a emissão de perfilhos do seu banco de gemas axilares é regulado pela duração do dia (OFIR; KIGEL, 1999). A adoção de rebaixamento primaveril apresenta-se como um manejo viável ao sistema, intensificando a produção de forragem, sem penalizar as espécies de *C. clandestinus* e *L. arundinaceum*.

### 5.7. CONCLUSÃO

A adoção de uma maior severidade de desfolha pontual em meados da primavera é um manejo promissor para pastos mistos de *L. arundinaceum* e *C. clandestinus*, uma vez que aumentam o acúmulo anual de forragem, sem comprometer a persistência destas espécies.

## 6. ESTRATÉGIAS DE DESFOLHA EM UM PASTO MISTO COMPOSTO POR *L. ARUNDINACEUM* E *C. CLANDESTINUS*. II. DINÂMICA POPULACIONAL

### 6.1. RESUMO

O objetivo deste trabalho foi identificar um manejo de desfolha que mantenha a estabilidade populacional e compreender os mecanismos que determinam a persistência de um pasto misto formado por *Lolium arundinaceum* e *Cenchrus clandestinus*. Um protocolo experimental composto pela mistura binária de *L. arundinaceum* e *C. clandestinus*, foi desenhado em arranjo fatorial 2 x 2, onde o fator A representa duas alturas de manejo em pré-pastejo (15 e 20 cm rebaixados em 40%) e o fator B representa o manejo de primavera (ausência ou presença de um único rebaixamento do pasto ao resíduo de 6 cm em meados da primavera). O experimento foi conduzido ao longo de três anos (2018-2020) no campo experimental da UDESC/CAV. Ao longo de todo o experimento, a densidade populacional de perfilhos foi contabilizada em um quadro de 0,24 m<sup>2</sup>. Foram coletadas mensalmente as informações de surgimento e mortalidade de perfilhos de cada espécie, em anéis de PVC fixados em duplicata em cada unidade experimental, para determinar o padrão demográfico de cada espécie. Os dados foram submetidos à ANOVA pelo pacote MIXED e as médias estimadas pelo LSMEANS do SAS foram testadas pelo teste de tukey ( $p<0,05$ ). Nossos resultados indicaram que as espécies aqui estudadas apresentam uma complementariedade no padrão demográfico, onde a *L. arundinaceum* rapidamente recompõe a área após os eventos de geada que danificam as estruturas aéreas do *C. clandestinus*. A aplicação de uma desfolha severa na primavera não aumenta a DPP de *C. clandestinus* no verão, no entanto antecipa seu retorno na área no início da estação quente, em pastos manejados em 20 cm, enquanto a *L. arundinaceum* apresenta ainda um aumento populacional no inverno, quando submetida ao rebaixamento de primavera. O tempo de meia vida de perfilhos não foi afetada pelos manejos testados. Manejar os pastos em 20 cm pré pastejo e adotar protocolo de rebaixamento estratégico de primavera favorece a dinâmica populacional da mistura.

**Palavras-chave:** densidade populacional de perfilhos, rebaixamento primaveril, perfilhamento.

### 6.2. ABSTRACT

The objective of this study was to identify defoliation management practices that maintain population stability and to understand the mechanisms that determine the persistence of a mixed pasture formed by *Lolium arundinaceum* and *Cenchrus clandestinus*. An experimental protocol composed of a binary mixture of *L. arundinaceum* and *C. clandestinus* was designed in a  $2 \times 2$  factorial arrangement, where factor A represents two pre-grazing management heights (15 and 20 cm lowered by 40%) and Factor B represents spring management (absence or presence of a single pasture grazing at 6 cm residue in mid-spring). The experiment was conducted over three years (2018-2020) in the UDESC/CAV experimental field. Throughout the entire experiment, tiller population density was recorded in a 0.24 m<sup>2</sup> frame. Information on the emergence and mortality of tillers of each species was collected monthly on PVC rings fixed in duplicate in each experimental unit to determine the demographic pattern of each species. The data were subjected to ANOVA using the MIXED package, and the means estimated by LSMEANS of SAS were tested using Tukey's test ( $p<0.05$ ). Our results indicate

that the species studied here presented a complementarity in the demographic pattern, where *L. arundinaceum* quickly replenished the area after frost events that damaged the aerial structures of *C. clandestinus*. The application of severe defoliation in the spring does not increase the DPP of *C. clandestinus* in the summer; however, it anticipates its return to the area at the beginning of the hot season, in pastures managed at 20 cm, while *L. arundinaceum* still shows a population increase in the winter, when subjected to spring management. The half-life of the tillers was not affected by management. Managing pastures at 20 cm pre-grazing and adopting a strategic spring management protocol favored the population dynamics of the mixture.

**Keywords:** Tiller population density, spring management, tillering.

### 6.3. INTRODUÇÃO

Em pastagens perenes estabelecidas a longevidade e persistência dos pastos são marcadas pela constante renovação de perfilhos (MATTHEW et al., 2000), característica importante das gramíneas forrageiras (LANGER, 1963). Para que a população de uma pastagem estabelecida se mantenha populacionalmente estável, é necessário que cada perfilho origine, durante sua vida, ao menos um novo perfilho (PARSONS; CHAPMAN, 2000). A manutenção da população de plantas na área pode estar associada a uma maior duração de vida de cada perfilho, ou ainda por uma maior demanda de emissão de novos perfilhos. Comumente, espécies conservadoras de recursos apresentam perfilhos mais longevos, como é o caso da *L. arundinaceum*, ao passo que espécies competidoras de recursos, apresentam um maior *turnover* de tecidos e, consequentemente, perfilhos menos longevos, a exemplo da aveia perene. Neste sentido, a manutenção da população de plantas na área possui maior dependência da sobrevivência de perfilhos em plantas conservadoras de recurso e do aparecimento de perfilhos em plantas competidoras por recursos (CRUZ et al., 2002; DUCHINI et al., 2018).

Em ambientes pastoris produtivos, fatores bióticos e abióticos (SAXENA et al., 2014; SBRRISSIA et al., 2010; SILVA et al., 2020b; YEH; MATCHES; LARSEN, 1976) estão relacionados à produção de perfilhos e manutenção da população em uma comunidade de plantas. Dentre os fatores abióticos, o manejo de desfolha atua como agente modulador da emissão de perfilhos em gramíneas, pois a abertura do dossel permite a entrada de luz até a base do dossel forrageiro (BALLARÉ et al., 1992), favorecendo um ligeiro incremento na população de perfilhos por unidade de área ([DPP]; (GAUTIER; VARLET-GRANCHER; HAZARD, 1999), oriundos de gemas basais e axilares que se encontram no estrato inferior do

dossel (DEREGIBUS; SANCHEZ; CASAL, 1983b; TOYOTA et al., 2014). Este ligeiro incremento populacional atua como um agente homeostático para equilibrar a cobertura de folhas, buscando recompor rapidamente o IAF removido pelo evento de desfolha (MATTHEW et al., 2000).

Em pastagens multiespecíficas formadas por espécies de crescimento temporal distinto, a entrada de luz no sistema pode ser fundamental para o ajuste populacional das espécies que compõem o sistema. Neste cenário, utilizar espécies com ocupação espacial distinta ao longo do tempo melhora a captação de recursos no sistema (HECTOR et al., 2010), resultando em incrementos na produção de matéria seca por unidade de área em pastos com maior diversidade florística (GRACE et al., 2019; GRANGE; FINN; BROUGH, 2021), além de apresentar uma maior qualidade da forragem (PETERSEN; WRAGE-MÖNNIG; ISSELSTEIN, 2013; SEIP et al., 2012), e consequentemente maior desempenho animal (FRASER et al., 2014; JORDON et al., 2022). Os benefícios de incremento de funcionalidade e produtividade do sistema em pastos mistos (CRAVEN et al., 2016) são ainda mais evidentes em regiões de clima temperado que permite o cultivo de espécies tropicais e temperadas ao longo do ano (SBRISIA et al., 2017).

Neste contexto, Franzluebbers, Seman e Stuedemann (2013) estudando o comportamento de crescimento e produção de duas gramíneas forrageiras de ciclos metabólicos distintos ( $C_3$  e  $C_4$  – *L. arundinaceum* e grama bermuda, respectivamente) observaram que após sete anos de implantação da mistura, a *L. arundinaceum* apresentou uma tendência a dominar a área. Naquele cenário, a ocorrência de um distúrbio na espécie  $C_4$  favoreceu a ocupação da área pela espécie  $C_3$ . Nesse mesmo sentido, Miqueloto et al. (2020b) estudando o padrão demográfico de *L. arundinaceum* ( $C_3$ ) e *C. clandestinus* ( $C_4$ ) cultivados em mistura observaram que a adoção de uma desfolha severa no outono não alterou a população de *L. arundinaceum* na estação fria seguinte. No entanto, é importante destacar que o trabalho de Miqueloto foi conduzido em região de clima Cfb (Alvares et al., 2013), onde a temperatura média do período quente do ano não ultrapassa 22°C e a do mês mais frio pode oscilar entre -3°C e 18°C. Estas condições não limitam o crescimento da *L. arundinaceum* nesta estação (BERNARDON et al., 2021), enquanto a espécie de clima tropical (*C. clandestinus*) tem sua estrutura superior crestada pela ocorrência de geadas na estação fria.

Dessa forma, Miqueloto e colaboradores sugeriram que uma desfolha severa no final da primavera, período que coincide com o início do aumento populacional de *C. clandestinus*

(MIQUELOTO et al., 2020b), e a manutenção de um status de nutrição nitrogenada adequada das espécies no verão (BERNARDON et al., 2021; READ; LANG; ADELI, 2014) promoveriam uma melhor distribuição das espécies na mistura ao longo do ano. Assim, a região espacial ocupada por perfilhos de *L. arundinaceum* emitidos no inverno (gerações numerosas e com perfilhos longevos [DUCHINI et al., 2018]) poderia ser ocupada pela população de *C. clandestinus* durante o verão.

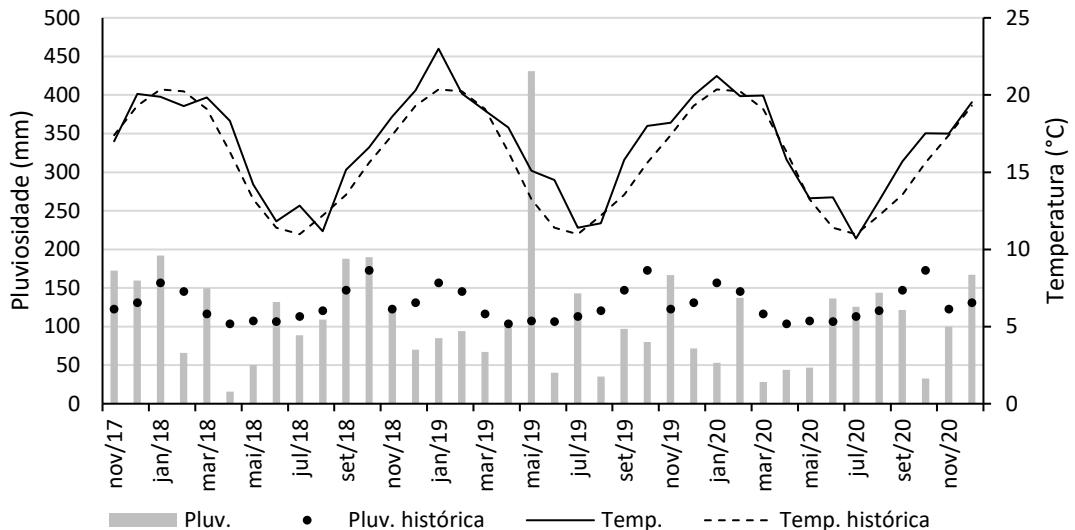
Partindo desse princípio, hipotetizamos que uma mistura binária de *L. arundinaceum* e *C. clandestinus* apresentará um aumento na participação populacional de *C. clandestinus* durante a estação quente, quando submetida a uma desfolha severa na primavera, independentemente da altura de manejo, sem penalizar o retorno da *L. arundinaceum* no outono subsequente. O objetivo deste estudo foi identificar um manejo de desfolha que permita a coexistência das espécies, sem predomínio da *L. arundinaceum* na estação quente.

## 6.4. MATERIAL E MÉTODOS

### 6.4.1. Local e condições do experimento

O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV-UDESC), localizado em Lages, Santa Catarina, Brasil. As coordenadas geográficas do local são 27° 48' 58" de latitude sul e 50° 19' 34" de longitude oeste. O centro está situado a uma altitude de 930 metros acima do nível do mar e possui um clima do tipo Cfb (clima subtropical, sem estação seca definida e com verões amenos) (ALVARES et al., 2013), cujas pluviosidades e temperaturas médias durante o período experimental e de médias históricas são apresentados na Figura 5.

Figura 5 - Precipitação (mm) e temperatura do ar (°C) observadas ao longo do período experimental e suas respectivas médias históricas de 1948 a 2016.



Fonte: Empresa de pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI/CIRAM, 2020.

O experimento foi realizado de novembro de 2017 a novembro de 2020. O solo do local experimental é classificado como Cambissolo Húmico Alumínico Típico, conforme definido pela Embrapa (2006). As características físico-químicas do solo, na camada 0 a 20 cm, estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Características físico-químicas no perfil 0-20 cm de solo proveniente da área experimental, na camada 0 a 20 cm.

pH	MO	Argila	Sat. Bas.	Ca	Mg	H+Al	CTC	P	K	
		%		cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>				mg.dm <sup>-3</sup>		
<b>0 – 20cm</b>	4,8	4,1	32	62	37,3	23,4	7,4	19,8	11,8	117

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

CTC em pH 7,0.

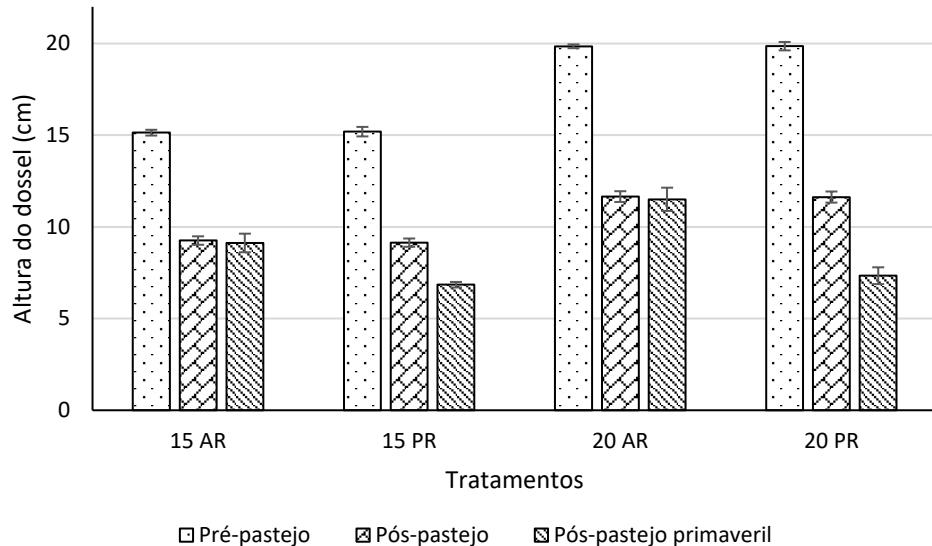
A área experimental foi implantada em julho de 2014 por meio da sobressemeadura de *Lolium arundinaceum* (cv. Rizomat) sobre uma pastagem de *Cenchrus clandestinus* já estabelecida na área desde a década de 90 (maiores informações podem ser observadas em Bernardon et al. (2021) e Miqueloto et al. (2020b, 2020a)). Os pastos foram manejados em sistema de lotação contínua, com diferentes alturas de manejo (12 e 17 cm) ao longo de dois anos e, a partir de novembro de 2017, foram estabelecidos os tratamentos.

#### **1.4.2 Delineamento experimental e tratamentos**

O experimento foi conduzido em um delineamento de blocos completos casualizados, em um arranjo fatorial 2 x 2, com três repetições. Cada unidade experimental, que corresponde a um piquete, tinha uma área de 140 m<sup>2</sup>, totalizando uma área experimental de 1680 m<sup>2</sup>. Os pastos foram submetidos a um manejo de lotação intermitente, utilizando duas alturas de manejo pré-pastejo, com um rebaixamento de 40% (fator A): 15 cm e 20 cm de altura média do dossel, resultando em 9 cm e 12 cm de altura em pós-pastejo, respectivamente. O fator B representou a adoção ou não de uma maior severidade de desfolha aplicada pontualmente no meio da primavera de cada ano, resultando em um resíduo de 6 cm. Após esse rebaixamento, os pastos foram novamente manejados com 40% de severidade de desfolha até a primavera seguinte. Portanto, o arranjo fatorial consistiu em duas alturas de manejo pré-pastejo (15 cm e 20 cm), associadas ou não com um rebaixamento pontual de primavera (resíduo de 6 cm).

A aferição da altura dos pastos foi realizada com o auxílio de uma régua graduada, registrando-se a altura de 30 pontos aleatórios dentro de cada unidade experimental. O monitoramento das alturas foi realizado periodicamente a fim de manter o controle sobre a altura do dossel e assegurar as metas de manejo, observadas na Figura 6. Ao atingir as alturas em pré-pastejo, dois bovinos da raça holandesa, pertencentes ao plantel do tambo leiteiro da UDESC/CAV, com peso médio de 460 kg, eram alocados em cada piquete (uso animal aprovado pela comissão de ética no uso de animais sob protocolo 6241030918) para efetuarem a desfolha do pasto e retirados dos piquetes quando as alturas de resíduo foram alcançadas.

Figura 6 - Alturas de manejo em pré e pós pastejo de um pasto misto composto de *C. clandestinus* e *L. arundinaceum*, ao logo de três anos experimentais.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023). AR – ausência de rebaixamento primaveril; PR – presença de rebaixamento primaveril.

#### 6.4.3. Variáveis analisadas

##### 6.4.3.1. Demografia do Perfilhamento

A demografia populacional de perfilhos foi avaliada em dois anéis de PVC com diâmetro individual de 20 cm (área de 0,0314 m<sup>2</sup>) fixados ao solo em cada piquete no início do período experimental. Mensalmente procedia-se a contagem dos perfilhos de cada espécie presente dentro dos anéis. Na primeira avaliação (novembro de 2017) foram marcados todos os perfilhos presentes no interior de cada anel, denominado “geração zero”. Após 30 dias, foram contabilizados os perfilhos vivos (denominados de perfilhos sobreviventes) e no mesmo momento, identificou-se os perfilhos que surgiram durante este período, denominados de “primeira geração”. No mês seguinte, realizou-se o mesmo procedimento de contagem dos perfilhos sobreviventes de cada geração (G0 e G1) e identificação dos novos perfilhos surgidos durante esse novo período. Assim, seguiu-se durante todos os meses de avaliação. As marcações dos perfilhos eram realizadas com anéis plásticos ou arames de cores e/ou formatos diferentes para cada espécie e gerações distintas.

#### 6.4.3.2. Taxas de aparecimento e mortalidade de perfilhos

A partir das informações coletadas pela demografia populacional de perfilhos foram estimadas as taxas de aparecimento (Tap), mortalidade (Tmp) e sobrevivência (Tsp) de perfilhos de *L. arundinaceum*, *C. clandestinus* e da mistura (*L. arundinaceum* + *C. clandestinus*; considerando a população total do pasto para efetuar os cálculos). As taxas de aparecimento de perfilhos foram obtidas a partir da divisão do número de perfilhos surgidos em um determinado período pelo número total de perfilhos existentes na avaliação anterior. As taxas de sobrevivência foram obtidas a partir da divisão do número total de perfilhos em um determinado momento (excluídos os perfilhos surgidos nesse período) pelo número total de perfilhos contados na avaliação anterior. As taxas de mortalidade foram calculadas subtraindo-se a taxa de sobrevivência de um (1,0).

#### 6.4.3.3. Índice de estabilidade populacional

A partir das taxas de aparecimento e sobrevivência de perfilhos foram calculados os índices de estabilidade populacional linear (IEL) dos pastos. Este índice remete a um panorama geral sobre a estabilidade populacional de perfilhos de uma comunidade de plantas entre duas ou mais avaliações sucessivas. Um índice igual a 1 indica que a população se manteve estável. Índices maiores que 1 indicam aumento populacional, enquanto índices menores que 1 mostram instabilidades populacionais decorrentes da diminuição da população. O IEL foi calculado a partir da equação descrita a seguir (MATTHEW; HAMILTON, 2011).

$$Pt_1 / Pt_0 = (b + s)t_1 - t_0. \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:  $Pt_1 / Pt_0$  representa a proporção entre a população de perfilhos existentes na contagem atual e a população existente na contagem anterior e “b” e “s” indicam, respectivamente, as taxas médias de aparecimento e sobrevivência de perfilhos de todas as gerações.

#### 6.4.3.4. Meia-vida dos perfilhos

De posse do número de perfilhos sobreviventes em sucessivas avaliações, pode-se estimar o tempo de meia-vida de cada geração de perfilhos, com base em seu decaimento exponencial. Com isso, o tempo de meia-vida dos perfilhos de cada espécie foi calculado conforme sugerido por Korte (1986):

$$t_{1/2} = \ln 2/b \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:  $t_{1/2}$  é o período (em dias) para que uma geração apresente a morte de 50% de sua população e  $b$  é o coeficiente da regressão exponencial oriunda da redução no número de perfilhos sobreviventes ao longo das avaliações (tempo).

#### 6.4.4. Análise estatística

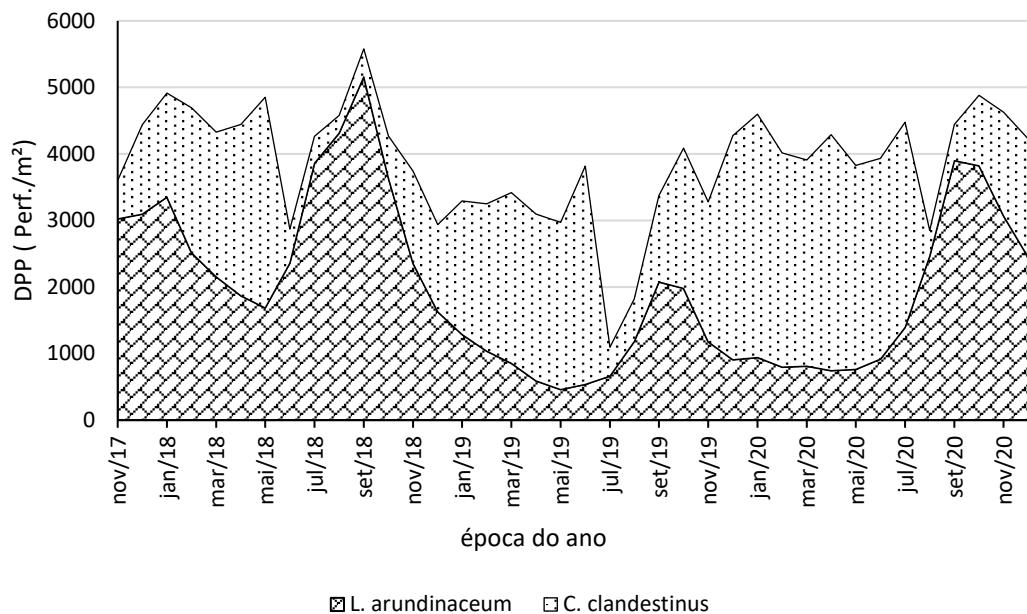
Os dados foram agrupados em diferentes épocas de manejo de acordo com o comportamento das espécies, sendo definido a estação de verão/outono compreendida entre o rebaixamento primaveril até a primeira geada (a primeira geada para cada ano ocorreu nos meses de maio de 2018, julho de 2019 e junho de 2020), o inverno entre a primeira geada e meados de setembro, e a estação primaveril compreendida entre meados de setembro até o rebaixamento primaveril, que ocorria em novembro.

Após assim agrupados, os dados para cada espécie, de forma independente, foram submetidos à análise de variância pelo procedimento MIXED, do pacote estatístico SAS, e as médias estimadas pelo LSMEANS do SAS testadas pelo teste de tukey com 5% de probabilidade de erro. Foram considerados efeito fixo a altura de manejo, o rebaixamento primaveril e a interação altura\*rebaixamento, como efeito aleatório o bloco e o ano, e os ciclos de coletas dentro de cada época considerados como medida repetida, onde sua matriz de covariância foi determinada pelos critérios de informação de Akaike (AIC).

### 6.5. RESULTADOS

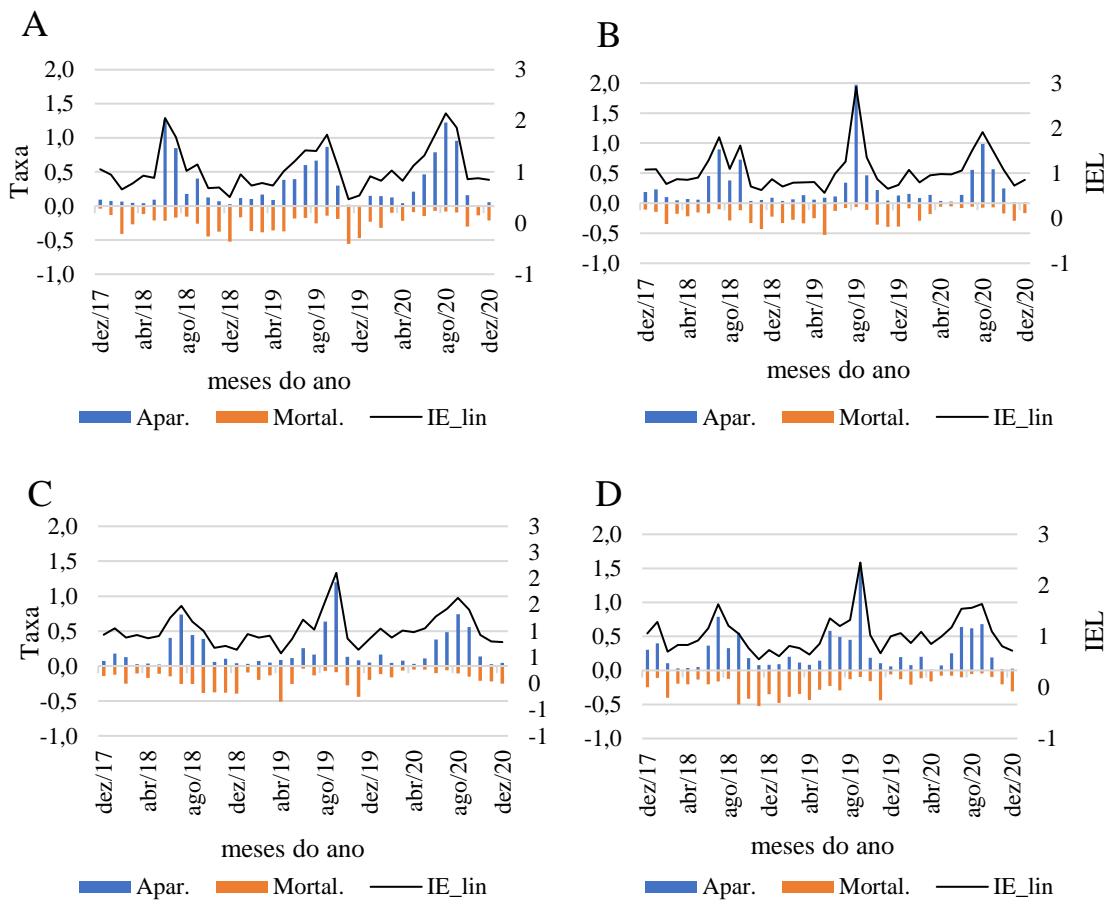
Avaliando a flutuação populacional de perfilhos (perfilhos.  $m^{-2}$ ) de *L. arundinaceum* e *C. clandestinus* ao longo de três anos experimentais, constata-se que houve uma redução drástica na população de *C. clandestinus* após as geadas ocorridas em maio de 2018, julho de 2019 e junho de 2020 (Figura 7). No entanto, essa queda na população de *C. clandestinus* foi parcialmente compensada por um aumento na densidade populacional de *L. arundinaceum* durante os períodos frios dos anos de 2018 e 2020. No ano de 2019, o incremento populacional de *L. arundinaceum* durante o período frio foi menos significativo.

Figura 7 - Diagrama populacional de perfilhos de *C. clandestinus* e *L. arundinaceum* cultivados em mistura, ao longo de três anos experimentais.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 8 - Taxa de aparecimento, mortalidade e índice de estabilidade linear de perfilhos de *L. arundinaceum*, quando cultivado em pasto misto formado por *C. clandestinus* e *L. arundinaceum* e submetido a diferentes manejos de desfolha: A – 15AR; B – 15PR; C – 20AR e D – 20PR.

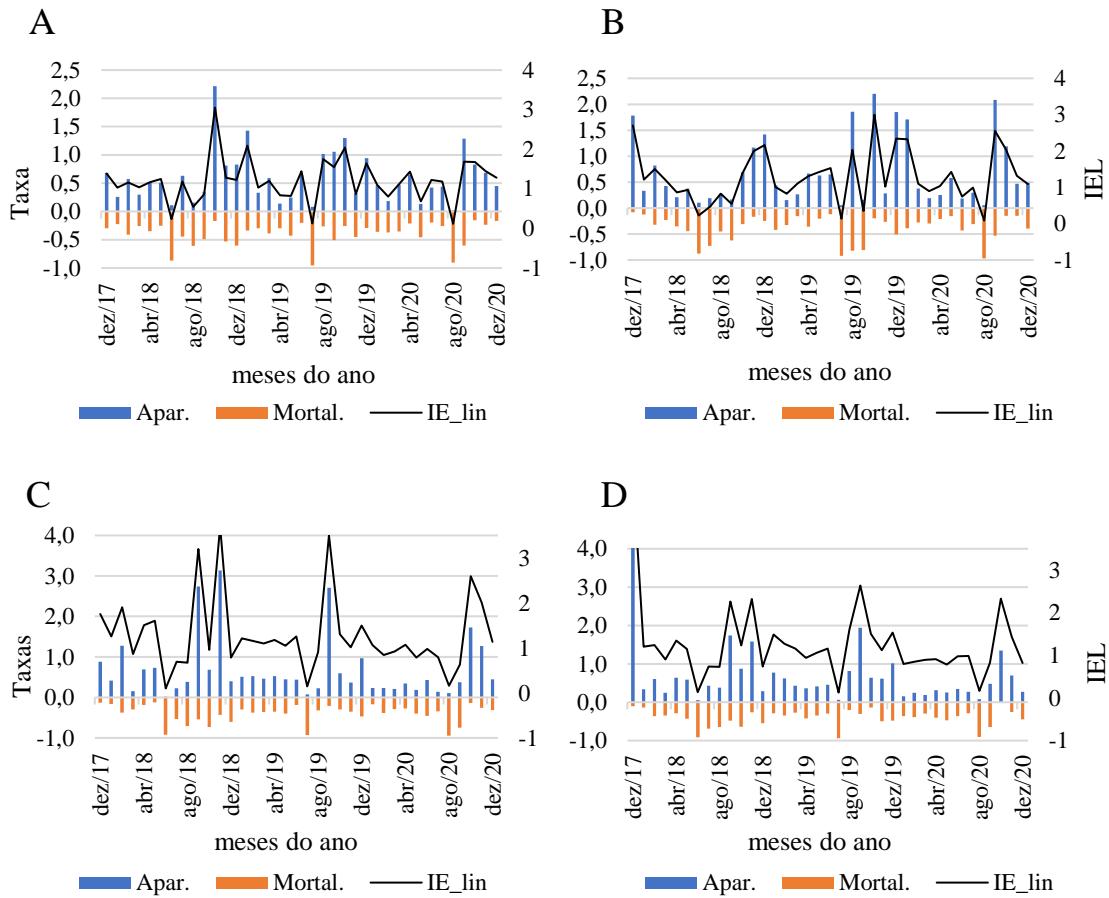


Fonte:

Elaborado pelo autor (2023). AR – Ausência de rebaixamento primaveril; PR – Presença de rebaixamento primaveril.

De modo geral, a *L. arundinaceum* apresentou um maior recrutamento de perfilhos no período frio do ano, e taxas de mortalidade mais significativas no final do inverno e meados de outono, independente do manejo aplicado (Figura 8). O aumento na taxa de aparecimento no inverno elevou o índice de estabilidade do pasto, para valores superiores a 1,0. Nos períodos quentes do ano (final de primavera a meados do outono), a população de *L. arundinaceum* se apresentou instável, com diminuição da população de *L. arundinaceum*, independente da estratégia de manejo.

Figura 9 - Taxa de aparecimento, taxa de mortalidade e índice de estabilidade linear de perfilhos de *C. clandestinus*, quando cultivado em pasto misto formado por *C. clandestinus* e *L. arundinaceum* e submetido a diferentes manejos de desfolha: A – 15AR; B – 15PR; C – 20AR e D – 20PR.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023). AR – Ausência de rebaixamento primaveril; PR – Presença de rebaixamento primaveril.

No início da estação quente (início da primavera), ocorreu um ligeiro aumento nas taxas de aparecimento de perfilhos e consequentemente um maior índice de estabilidade populacional (IEL) de perfilhos de *C. clandestinus*, os quais se estabilizaram próximos a 1,0 no verão e início de outono de cada ano (Figura 9). As taxas de mortalidade de perfilhos são mais expressivas no início do inverno, período que coincide com a ocorrência de geadas.

Houve efeito de interação entre altura de manejo e rebaixamento primaveril para o número médio de perfilhos de *L. arundinaceum* surgidos por mês ( $p=0,0026$ ), onde em pastos manejados a 15 cm de altura pré pastejo a ausência de rebaixamento favorece uma emissão de 2,6 vezes o número de perfilhos emitidos nos demais tratamentos. A adoção de uma desfolha severa na primavera apresentou uma redução de 16 % na população de perfilhos (DPP) de *L.*

*arundinaceum* no verão ( $p=0,0515$ ), embora houve maior número de perfilhos surgidos nesta mesma época (Tabela 6).

Tabela 6 - Características populacionais de *C. clandestinus* e *L. arundinaceum* no verão/outono em pastos de *C. clandestinus* e *L. arundinaceum* cultivados mistos ao longo de três anos experimentais (2018 – 2020).

Variável	15		20		EPM	Significância ( $p=0,05$ )		
	AR	PR	AR	PR		alt	reb	alt*reb
<i>L. arundinaceum</i>								
Perf Surgidos	550	269	152	200	58	0,0001	0,0319	0,0026
PMP	124	120	150	146	19	0,0211	0,7247	0,9993
DPP	883	829	953	720	260	0,7938	0,0515	0,2241
<i>C. clandestinus</i>								
Perf Surgidos	1118	692	992	1109	118	0,1856	0,1791	0,0186
PMP	56	59	82	88	5	0,0001	0,2183	0,6688
DPP	2635	2873	1966	2182	539	0,0001	0,1421	0,9409

\*EPM – Erro padrão da média – para a variável; Perf. Surgidos – Número absoluto de perfilhos surgidos mensalmente (perf.m<sup>-2</sup>); DPP – Densidade populacional de perfilhos (perf.m<sup>-2</sup>); PMP – Peso médio por perfilho (g.perf<sup>-1</sup>).

No período do verão, o *C. clandestinus* apresentou uma população de perfilhos 1,33 vezes superior nos pastos manejados a 15 cm, em relação aos pastos manejados a 20 cm em pré pastejo. Embora o número de perfilhos ter sido menor nos pastos mais altos, estes apresentaram perfilhos com peso 1,48 vezes superior ao peso dos perfilhos dos pastos manejados a 15 cm em pré pastejo. Para o número médio mensal de perfilhos surgidos de *C. clandestinus* no verão, houve efeito de interação entre altura e manejo primaveril ( $p=0,0186$ ), na qual pastos manejados mais baixos e que não sofreram uma desfolha severa na primavera apresentaram maior número de perfilhos surgidos. Por outro lado, nos pastos manejados mais altos, a adoção da desfolha severa na primavera proporcionou um incremento na emissão de perfilhos de *C. clandestinus* no verão (Tabela 6).

Para o período do inverno foram apresentados somente os valores das variáveis para a espécie *L. arundinaceum*, uma vez que a ocorrência de geadas, restringiu a participação do *C. clandestinus* neste período (Tabela 7). Nos pastos submetidos ao rebaixamento primaveril, a densidade populacional de *L. arundinaceum* no inverno foi 1,14 vezes superior aos pastos não rebaixados, independente da altura de manejo, no entanto, os perfilhos com maior peso foram observados nos pastos manejados a 20 cm (1,26 vezes mais pesados, em relação aos pastos manejados em 15 cm [ $p=0,0035$ ]). Houve efeito de interação entre altura de manejo e rebaixamento primaveril ( $p=0,0148$ ) para o número médio de perfilhos surgidos na qual pastos manejados em 15 cm que não foram submetidos a o rebaixamento apresentaram uma

redução de 28% no número de perfilhos surgidos. As demais variáveis não variaram para manejo de altura, rebaixamento primaveril e interação dos fatores.

Tabela 7 - Características populacionais de *L. arundinaceum* no inverno em pastos de *C. clandestinus* e *L. arundinaceum* cultivados mistos ao longo de três anos experimentais (2018 – 2020).

Variável	15				20	EPM	Significância (p=0,05)		
	AR	PR	AR	PR			alt	reb	inte
<i>L. arundinaceum</i>									
Perf. Surgidos	848	1318	1293	960	198	0,7790	0,6736	0,0148	
PMP	95	77	111	106	7	0,0035	0,1230	0,3736	
DPP	1617	2069	1774	1812	243	0,6637	0,0375	0,0759	

\*EPM – Erro padrão da média – para a variável; Perf. Surgidos – Número absoluto de perfilhos surgidos mensalmente (perf. m<sup>-2</sup>); DPP – Densidade populacional de perfilhos (perf. m<sup>-2</sup>); PMP – Peso médio por perfilho (g perf<sup>-1</sup>).

Durante o período da primavera, o número de perfilhos surgidos de *L. arundinaceum* variou com a interação entre altura e rebaixamento primaveril (p=0,0237), para a qual pastos manejados em 15 cm de altura pré pastejo e sem presença de desfolha severa na primavera apresentaram maior surgimento de perfilhos (Tabela 8). Contudo, os perfilhos de *L. arundinaceum* oriundos de tratamentos que não foram submetidos à desfolha severa na primavera foram menos longevos (p=0,0197), apresentando um tempo de meia vida 42 % menor àquela observada nos tratamentos que foram submetidos a um rebaixamento até 6 cm de resíduo. Os pastos submetidos a altura de manejo de 20 cm apresentaram perfilhos de *L. arundinaceum* 1,22 vezes mais pesados, quando comparados àqueles manejados em 15 cm de altura.

Em relação aos perfilhos de *C. clandestinus* na primavera, houve efeito de altura na densidade populacional de perfilhos (p=0,0013), para a qual pastos manejados em 15 cm apresentaram uma população 49 % superior à observada nos pastos manejados a 20 cm, no entanto, os perfilhos dos pastos manejados em 20 cm foram 1,32 vezes mais pesados que aqueles observados nos pastos manejados em altura pré pastejo de 15 cm (Tabela 8).

Tabela 8 - Características populacionais de *L. arundinaceum* e *C. clandestinus* na primavera em pastos de *C. clandestinus* e *L. arundinaceum* cultivados mistos ao longo de três anos experimentais (2018 – 2020).

Variável	15		20		EPM	Significância (p=0,05)		
	AR	PR	AR	PR		Alt	Reb	Alt*reb
<i>L. arundinaceum</i>								
Perf. Surgidos	806	399	264	308	95	0,0013	0,0674	0,0237
Meia-vida	34	92	76	97	22	0,1356	0,0197	0,2398
PMP*	120	107	131	147	12	0,0185	0,8664	0,1619
<i>C. clandestinus</i>								
Perf. Surgidos	981	491	846	844	157	0,4183	0,0805	0,0832
Meia-vida	39	51	49	36	7	0,6782	0,9858	0,0663
PMP	47	46	66	57	7	0,0002	0,1829	0,3117
DPP	1507	1846	992	1261	574	0,0013	0,0556	0,8192

\*EPM – Erro padrão da média – para a variável; Perf. Surgidos – Número absoluto de perfilhos surgidos mensalmente (perf.m<sup>-2</sup>); Meia-vida – tempo decorrente para morte de 50% da população de determinada geração (dias); DPP – Densidade populacional de perfilhos (perf.m<sup>-2</sup>); PMP – Peso médio por perfilho (g.perf<sup>-1</sup>).

## 6.6. DISCUSSÃO

A adoção do rebaixamento dos pastos na primavera não resultou em aumento na densidade populacional de perfilhos de *C. clandestinus* durante o verão (Tabela 6), enquanto na primavera houve uma tendência de aumento populacional nos pastos rebaixados (Tabela 8). Nossos resultados diferem daqueles obtidos por Bernardon et al. (2021) e Miqueloto et al. (2020), que observaram uma baixa participação do *C. clandestinus* em mistura com *L. arundinaceum*, particularmente no verão. Cabe salientar, entretanto, que os estudos destes autores utilizaram um protocolo de manejo de adubação nitrogenada focado exclusivamente na *L. arundinaceum*, sem adubação do pato misto durante a estação quente como feito no presente estudo e pode ter contribuído para os melhores resultados para o *C. clandestinus*.

Bernardon et al. (2021) observaram que pastos de *C. clandestinus* apresentaram um INN  $\leq 0,60$  no verão, quando os pastos não foram adubados com nitrogênio, ao passo que no outono, com a aplicação de 70 kg. ha<sup>-1</sup> de N em maio, o *C. clandestinus* apresentou um INN  $\geq 0,90$ . Em nosso estudo, a aplicação bimestral de 60 kg. ha<sup>-1</sup> de N promoveu valores de INN  $\geq 1,0$  durante a estação de crescimento do *C. clandestinus*. Com base nisso e considerando a ausência de efeito dos tratamentos em nosso estudo, pode-se sugerir que a adoção de um protocolo de adubação nitrogenada na estação quente foi fundamental para a recolonização da área pelo *C. clandestinus*, sem causar prejuízos à população de *L. arundinaceum* (Figura 8). O *C. clandestinus*, por ser uma planta exploradora de recursos (CRUZ et al., 2002), é dependente de ambientes férteis (MEARS, 1970) e o aporte de N ( $\geq 200$  kg.ha<sup>-1</sup> de N) garante

a manutenção da DPP do pasto (CAMINHA et al., 2010; SILVA et al., 2020b), e consequentemente, tem grande importância para a produção primária (MEJÍA-TABORDA; OCHOA-OCHOA; MEDINA-SIERRA, 2014; VILJOEN; VAN DER COLF; SWANEPOEL, 2020).

A densidade populacional de perfilhos de *C. clandestinus* foi 30% maior em pastos manejados mais baixos, contudo, composta por perfilhos menores e menos pesados (Tabela 6), efeito este já amplamente demonstrado na literatura (Matthew et al. 1995; Sbrissia et al. 2001; Sbrissia e Da Silva 2008). Com base em nossos resultados constata-se ainda que houve uma compensação entre número e tamanho de perfilhos, de modo que o índice de área foliar (IAF) de *C. clandestinus* permaneceu constante (1,6 nas diferentes alturas de manejo; valores apresentados no capítulo anterior), enquanto a interceptação luminosa (IL – dados não apresentados) foi de 92 e 95%, nas alturas de 15 e 20 cm, respectivamente. Contudo, a maior interceptação da luz incidente foi decorrente da maior área foliar da *L. arundinaceum* no verão, que apresentou valores de IAF de 0,9 e 1,2 para os pastos manejados em 15 e 20 cm, respectivamente. Neste sentido, o menor IAF de *L. arundinaceum* observado nos pastos manejados em 15 cm, favoreceram uma maior incidência luminosa na base do dossel, e consequentemente, uma maior população de perfilhos (DEREGIBUS et al., 1985; SACKEVILLE-HAMILTON; MATTHEW; LEMAIRE, 1995) de *C. clandestinus*.

O *C. clandestinus* é uma espécie exploradora de recursos e, com isso, dependente da taxa de aparecimento de perfilhos para manter sua população estável, uma vez que apresenta característica de perfilhos pouco longevos no verão – meia vida de 45 dias, independente do manejo adotado (Tabela 6). Por outro lado, a *L. arundinaceum*, espécie conservadora de recursos, apresenta estabilidade populacional dependente da sobrevivência de perfilhos (Tabela 6 e Figura 9a). Esta característica de manutenção da população por meios distintos em plantas conservadoras de recursos e competidoras por recursos foi observado também por Duchini et al. (2018). Adicionar espécies conservadoras de recursos em um ambiente pastoril, as quais mantem sua população pela longevidade de perfilhos, é uma estratégia eficiente para manutenção da população em condições de estresse. Por outro lado, em ambientes férteis, a utilização de espécies competidoras de recursos permite maiores ganhos por unidade de área. Nessas condições, integrar plantas competidoras (*C. clandestinus*) e conservadoras (*L. arundinaceum*) de recursos permitem alcançar uma maior estabilidade populacional (Figura 7) e produtiva (Bernardon et al., 2021). No entanto, estes ganhos são alcançados unicamente

se o manejo de adubação e de desfolha não forem limitantes à convivência harmônica das espécies (BORER et al., 2014).

Plantas estoloníferas e rizomatosas apresentam capacidade de manter o *bud banks* (banco de gemas) por períodos igual ou superior a um ano após a senescência do perfilho “mãe” (Ott e Hartnett, 2012, 2015) o que permite que, após distúrbios severos, como geadas por exemplo, o *C. clandestinus* retorne na área (Ott, 2019). É importante salientar que o manejo de desfolha do pasto (como o rebaixamento primaveril aplicado neste estudo, aumentando, por exemplo, a DPP de *C. Clandestinus* na primavera) atua como modulador da dinâmica de populações, por permitir uma maior incidência luminosa na base do dossel, permitindo a emissão de novos perfilhos oriundos das gemas basais. A ausência de efeito do rebaixamento primaveril sobre a DPP de *C. clandestinus* no verão pode ter sido oriunda do status de nutrição dos pastos e/ou ainda associado à um ligeiro aumento na incidência luminosa na base do dossel, nos momentos em que os pastos eram rebaixados em 40%. Nestes momentos, a incidência luminosa na base do dossel aumenta, permitindo a emissão de novos perfilhos oriundos de gemas basais, como ferramenta de recomposição do IAF do pasto (CARNEVALLI et al., 2006) e essa ligeira recomposição da população poderia favorecer um aumento na população de perfilhos da espécie C<sub>4</sub>.

Os manejos adotados em nosso estudo não promoveram alterações nos padrões de crescimento populacional e persistência da *L. arundinaceum* durante a primavera, período importante no acúmulo de forragem dessa planta (Bernardon et al., 2021). No entanto, os pastos manejados em 20 cm, apresentaram um menor surgimento de perfilhos de *L. arundinaceum* no inverno. Estas gerações menos populosas foram compensadas pelo maior número de perfilhos surgidos no verão, os quais apresentam tempo de meia vida de aproximadamente 100 dias. Duchini et al. (2018) observaram valores de tempo meia vida de perfilhos de *L. arundinaceum* superiores a 200 dias, independente da época do ano, quando cultivada em monocultivo e manejada em 20 cm de altura em pré-pastejo. Estes resultados indicam que a longevidade das gerações de *L. arundinaceum* pode ser modulada pela competição interespecífica e pela estratégia de manejo utilizada. Isso porque, em cenários em que há um programa de desfolhas frequentes, a população de *L. arundinaceum* tende a ser maior, quando comparado aos ambientes com desfolhas pouco frequentes

## 6.7. CONCLUSÃO

Pastos formados por uma mistura binária de *L. arundinaceum* e *C. clandestinus* apresentam complementaridade populacional ao longo do tempo, para a qual a perda populacional de *C. clandestinus* é rapidamente compensada por um aumento na população de *L. arundinaceum*. A adoção de um pastejo severo na primavera não altera a densidade populacional de *C. clandestinus* no verão, no entanto confere um aumento na população da espécie na primavera, indicando um povoamento antecipado da área. Os benefícios de efetuar uma desfolha severa na primavera estão relacionados principalmente com um aumento na DPP de *L. arundinaceum* no inverno e antecipação na colonização da área por *C. clandestinus* na primavera.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral da tese foi de identificar uma estratégia de manejo que combinasse aumento na produção anual de forragem e manutenção harmônica da densidade de plantas na área. Nossos resultados indicaram que manejar os pastos em altura de 20 cm em pré pastejo no sistema de lotação intermitente e efetuar uma desfolha severa na primavera pode ser fundamental para obter estes resultados a médio e longo prazo.

Analizando de forma conjunta com os resultados apresentados por Bernardon et al. (2021), a adoção de um manejo de adubação nitrogenada no verão foi crucial para assegurar a reocupação de *C. clandestinus* nos pastos durante o verão. É importante destacar ainda, que, pastos rebaixados uma única vez à 6 cm na primavera, obtiveram um aumento na emissão de perfilhos de *L. arundinaceum* no verão, mas com manutenção da população devido a uma maior mortalidade de perfilhos na mesma época, sugerindo uma maior *turnover* de tecidos para esses tratamentos.

Considerando que na primavera a *L. arundinaceum* inicia seu alongamento de colmo para emissão dos botões florais, é possível que durante o processo de desfolha severa na primavera tenham sido decapitados perfilhos velhos, ocasionando a morte destes e em consequência, um ligeiro aumento na emissão de novos perfilhos, característico após o florescimento (MATTHEW; HAMILTON, 2011). Esta inferência tem por base dois cenários: I) Aumento no número de perfilhos de *L. arundinaceum* surgidos no verão, em pastos manejados em 20 cm rebaixados na primavera e aumento na taxa de mortalidade de perfilhos no verão (Tabela 6 e Figura 8) e II) o INN de *L. arundinaceum* no verão foi superior em pastos rebaixados na primavera (Figura 4). Este último sugere que a renovação de perfilhos de *L. arundinaceum* no período do verão pode contribuir ainda, para uma melhoria na qualidade nutricional do pasto (SANTOS et al., 2006).

Por fim, em regiões geográficas de clima Cfb, a utilização de pastos mistos formados por *L. arundinaceum* e *C. clandestinus* é possível e indicada pela sua complementariedade populacional e produtiva. Além disso, o manejo parece ter grande importância, uma vez que, manejar os pastos em 15 cm pode promover uma maior incidência de plantas invasoras e comprometer o acúmulo de forragem, possivelmente por adentrar num limite inferior de manejo da *L. arundinaceum*, que comprometa seus padrões produtivos. Ademais utilizar fontes de nitrogênio é crucial para manutenção das espécies, principalmente do *C.*

*clandestinus*, por ser uma planta exploradora de recursos e consequentemente exigente em fertilidade. Em uma visão ecológica do sistema, modelar protocolos experimentais que visam à introdução de leguminosas ou forbes ao sistema pode trazer resultados interessantes em caráter produtivo e ecológico, principalmente no tangente a FBN, reduzindo a necessidade de aporte de nitrogênio sintético no sistema.

## REFERÊNCIAS

- ALLAN, E. et al. A comparison of the strength of biodiversity effects across multiple functions. **Oecologia**, v. 173, n. 1, p. 223–237, 2013.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- BALLARÉ, C. L. et al. Photomorphogenic Processes in the Agricultural Environment. **Photochemistry and Photobiology**, v. 56, n. 5, p. 777–788, 1992.
- BARRETA, D. A. et al. Managing a mixed sward to maintain species and functional diversity. **European Journal of Agronomy**, v. 149, n. xxxx, p. 126883, Set. 2023.
- BERNARDON, A. et al. Herbage accumulation dynamics in mixed pastures composed of kikuyugrass and tall fescue as affected by grazing management. **Grass and Forage Science**, n. June, p. 1–14, 2021.
- BIRCHAM, J. S.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stoking management. **Grass and Forage Science**, v. 38, p. 323–331, 1983.
- BORER, E. T. et al. Herbivores and nutrients control grassland plant diversity via light limitation. **Nature**, v. 508, n. 7497, p. 517–520, 2014.
- BOVAL, M.; DIXON, R. M. The importance of grasslands for animal production and other functions: A review on management and methodological progress in the tropics. **Animal**, v. 6, n. 5, p. 748–762, 2012.
- BRISKE, D. D. Developmental Morphology and Physiology of Grasses. Em: HEITSCHMIDT, R. K.; J. W. STUTH (Eds.). **Grazing Management and Ecological Perspective**. [s.l.] Portland: Timber Press, 1991. p. 85–108.
- BRUNETTI, H. B. et al. Stem and pseudostem growth play a key role in biomass accumulation of guineagrass in long regrowth cycles. **Crop and Pasture Science**, v. 4, n. 74, p. 353–368, 2023.
- CAMINHA, F. O. et al. Stability of tiller population of continuously stocked marandu

palisade grass fertilized with nitrogen. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 45, n. 2, p. 213–220, 2010.

CARNEVALLI, R. A. et al. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, v. 40, n. 3, p. 165–176, 2006.

CARNEVALLI, R. A. et al. Growth of *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça as affected by grazing strategies and environmental seasonality. II. Dynamics of herbage accumulation. **Crop and Pasture Science**, v. 72, n. 1, p. 66, 2021.

CORBIN, M. D. et al. Alternatives to conventional nitrogen fertilization on tall fescue and bermudagrass. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 1, p. 275–286, 2019.

CRAVEN, D. et al. Plant diversity effects on grassland productivity are robust to both nutrient enrichment and drought. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 371, n. 1694, 2016.

CRUZ, P. et al. Une nouvelle approche pour caractériser les prairies naturelles et leur valeur d'usage Présentation \* Comment évaluer la valeur des prairies, pour mieux les gérer ? **Fourrages**, v. 172, p. 335–354, 2002.

DE ANDRADE, C. M. S. et al. Competitive and spreading abilities of forage peanut in tropical mixed pastures. **Grass and Forage Science**, n. June, p. 1–14, 2021.

DEAK, A. et al. Production and nutritive value of grazed simple and complex forage mixtures. **Agronomy Journal**, v. 99, n. 3, p. 814–821, 2007.

DELABY, L. et al. Pasture-Based Dairy Systems in Temperate Lowlands: Challenges and Opportunities for the Future. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, n. December, p. 1–13, 2020.

DEREGIBUS, V. A. et al. Tillering Responses to Enrichment of Red Light Beneath the Canopy in a Humid Natural Grassland. **The Journal of Applied Ecology**, v. 22, n. 1, p. 199, Abr. 1985.

DEREGIBUS, V. A.; SANCHEZ, R. A.; CASAL, J. J. Effects of light quality on tiller production in *loliu* spp. **Plant Physiology**, v. 72, n. 3, p. 900–902, 1983a.

- 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, 1983b.
- DODD, M. B.; BARKER, D. J.; WEDDERBURN, M. E. Plant diversity effects on herbage production and compositional changes in New Zealand hill country pastures. **Grass and Forage Science**, v. 59, n. 1, p. 29–40, 2004.
- DOMICIANO, L. F. et al. Agroforestry systems: an alternative to intensify forage-based livestock in the Brazilian Amazon. **Agroforestry Systems**, v. 94, n. 5, p. 1839–1849, 14 Out. 2020.
- DUCHINI, P. G. et al. Experimental evidence that the perennial grass persistence pathway is linked to plant growth strategy. **PLOS ONE**, v. 13, n. 11, p. 1–15, 26 Nov. 2018.
- DUCHINI, P. G. et al. 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.
- DUFFY, J. E.; GODWIN, C. M.; CARDINALE, B. J. Biodiversity effects in the wild are common and as strong as key drivers of productivity. **Nature**, v. 549, n. 7671, p. 261–264, 6 Set. 2017.
- EHRLEN, J.; LEHTILA, K. How perennial are perennial plants ? **Oikos**, v. 98, n. 2, p. 308–322, 2002.
- FELDMAN, S. R. ; LEWIS, J. P. . Demographic responses to fire of *Spartina argentinensis* in temporary flooded grassland of Argentina. **Wetlands**, v. 27, n. 4, p. 785–793, 2007.
- FERNANDES, P. B. et al. Dynamics of defoliation of associated grasses Dinámica de la desolación de las hierbas asociadas Dinâmica de desfolhação de gramíneas associadas Gelson dos Santos Difante. v. 2020, n. 9, 2020.
- FERRARO, F. P. et al. Seasonal variation in the rising plate meter calibration for forage mass. **Agronomy Journal**, v. 104, n. 1, p. 1–6, 2012.
- FIDELIS, A. et al. Short-term changes caused by fire and mowing in Brazilian Campos grasslands with different long-term fire histories. **Journal of Vegetation Science**, v. 23, n. 3, p. 552–562, 2012.

FINN, J. A. et al. Ecosystem function enhanced by combining four functional types of plant species in intensively managed grassland mixtures: A 3-year continental-scale field experiment. **Journal of Applied Ecology**, v. 50, n. 2, p. 365–375, 2013.

FIRBANK, L. G.; WATKINSON, A. R. On the effects of competition: from monocultures to mixtures. **On the effects of competition: from monocultures to mixtures.**, p. 165–192, 1990.

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

FRANZLUEBBERS, A. J.; STUDEMANN, J. A.; SEMAN, D. H. Stocker performance and production in mixed tall fescue-bermudagrass pastures of the Southern Piedmont USA. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 28, n. 2, p. 160–172, 2013.

FRASER, M. D. et al. Mixed grazing systems benefit both upland biodiversity and livestock production. **PLoS ONE**, v. 9, n. 2, 2014.

GARCÍA, D.; ZAMORA, R. Persistence, multiple demographic strategies and conservation in long-lived Mediterranean plants. **Journal of Vegetation Science**, v. 14, n. 6, p. 921–926, 2003.

GARNIER, E.; NAVAS, M. L.; GRIGULIS, K. **Plant Functional Diversity: Organism Traits, Community Structure, and Ecosystem Proprieties**. 1. ed. Oxford, UK: OXFORD University Press, 2016.

GAUTIER, H.; VARLET-GRANCHER, C.; HAZARD, L. Tillering Responses to the Light Environment and to Defoliation in Populations of Perennial Ryegrass (*Lolium perenne* L.) Selected for Contrasting Leaf Length. **Annals of Botany**, v. 83, n. 4, p. 423–429, 1999.

GRACE, C. et al. The effect of grazing versus cutting on dry matter production of multispecies and perennial ryegrass-only swards. **Grass and Forage Science**, v. 74, n. 3, p. 437–449, 2019.

GRANGE, G.; FINN, J. A.; BROPHY, C. Plant diversity enhanced yield and mitigated drought impacts in intensively managed grassland communities. **Journal of Applied**

**Ecology**, v. 58, n. 9, p. 1864–1875, 2021.

GRIME, J. P. Vegetation classification by reference to strategies. **Nature**, v. 250, n. 5461, p. 26–31, 1974.

GRIME, J. P. Evidence for the Existence of Three Primary Strategies in Plants and Its Relevance to Ecological and Evolutionary Theory. **The American Naturalist**, v. 111, n. 982, p. 1169–1194, Nov. 1977.

GURGEL, A. L. C. et al. Nitrogen fertilisation in tropical pastures: what are the impacts of this practice? **Australian Journal of Crop Science**, n. 14(6):2020, p. 978–984, 20 Jun. 2020.

HECTOR, A. et al. General stabilizing effects of plant diversity on grassland productivity through population asynchrony and overyielding. **Ecology**, v. 91, n. 8, p. 2213–2220, Ago. 2010.

HENDRICKSON, J. R.; BRISKE, D. D. Axillary bud banks of two semiarid perennial grasses: Occurrence, longevity, and contribution to population persistence. **Oecologia**, v. 110, n. 4, p. 584–591, 1997.

HERNÁNDEZ GARAY, A.; MATTHEW, C.; HODGSON, J. Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. **Grass and Forage Science**, v. 54, n. 4, p. 347–356, 1999.

HESHMATI, S.; TONN, B.; ISSELSTEIN, J. White clover population effects on the productivity and yield stability of mixtures with perennial ryegrass and chicory. **Field Crops Research**, v. 252, n. March, p. 107802, 2020.

HOVELAND, C. S.; MCCANN, M. A.; HILL, N. S. Rotational vs. continuous stocking of beef cows and calves on mixed endophyte-free tall fescue-bermudagrass pasture. **Journal of Production Agriculture**, v. 10, n. 2, p. 245–250, 1997.

JERRENTRUP, J. S. et al. Diverse Swards and Mixed-Grazing of Cattle and Sheep for Improved Productivity. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 3, n. January, p. 1–14, 2020.

JEWISS, O. R. Tilling in grasses - Its significance and control. **Grass and Forage Science**, v. 27, p. 65–82, 1972.

- JORDON, M. W. et al. Agriculture , Ecosystems and Environment Rotational grazing and multispecies herbal leys increase productivity in temperate pastoral systems – A meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 337, n. February, p. 108075, 2022.
- KORTE, C. J. Tillering in ‘grasslands nui’ perennial ryegrass swards 2. seasonal pattern of tillering and age of flowering tillers with two mowing frequencies. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 29, n. 4, p. 629–638, 1986.
- LAMBIN, E. F.; MEYFROIDT, P. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 108, n. 9, p. 3465–3472, 2011.
- LANGE, M. et al. Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. **Nature Communications**, v. 6, 2015.
- LANGER, R. H. M. Tillering in herbage grasses. A review. **Herbage Abstracts**, v. 33, p. 141–148, 1963.
- LEHMAN, C. L.; TILMAN, D. Biodiversity, Stability, and Productivity in Competitive Communities. **The American Naturalist**, v. 156, n. 5, p. 534–552, 2000.
- LIU, X. et al. Mixture of Alfalfa, Orchardgrass, and Tall Fescue Produces Greater Biomass Yield in Southwest China. **Agronomy**, v. 12, n. 10, 2022.
- LOUARN, G. et al. Plant nitrogen nutrition status in intercrops– a review of concepts and methods. **European Journal of Agronomy**, v. 124, n. July 2020, p. 126229, Mar. 2021.
- LÜSCHER, A. et al. Using plant diversity to reduce vulnerability and increase drought resilience of permanent and sown productive grasslands. **Grass and Forage Science**, v. 2022, n. June, p. 1–12, 2022.
- MARQUARD, E. et al. Plant species richness and functional composition drive overyielding in a six-year grassland experiment Published by : Ecological Society of America content in a trusted digital archive . We use information technology and tools to increase productivity an. **Ecology**, v. 90, n. 12, p. 3290–3302, 2009.
- MARTINS, C. D. M. et al. Defoliation intensity and leaf area index recovery in defoliated swards: Implications for forage accumulation. **Scientia Agricola**, v. 78, n. 2, 2021.

- MATTHEW, C. et al. A Modified Self-thinning Equation to Describe Size/Density Relationships for Defoliated Swards. **Annals of Botany**, v. 76, n. 6, p. 579–587, Dez. 1995.
- MATTHEW, C. et al. Tiller dynamics of grazed swards. **Grassland ecophysiology and grazing ecology**, p. 127–150, 2000.
- MATTHEW, C.; HAMILTON, S. Analysing persistence of grass swards in terms of tiller birth and death. **NZGA: Research and Practice Series**, v. 15, n. February, p. 63–68, 2011.
- MEARS, P. T. Kikuyu\_ (Pennisetum clandestinum) as a pasture grass\_A REVIEW. **Tropical Grasslands**, v. 4, n. 2, p. 139–152, 1970.
- MEDEIROS-NETO, C. et al. Mixtures of grasses: An alternative to traditional pasture monocultures in the tropics. **Grass and Forage Science**, n. January, p. 1–10, 2023.
- MEJÍA-TABORDA, A. C.; OCHOA-OCHOA, R.; MEDINA-SIERRA, M. Effect of different doses of compound fertilizer on the quality of kikuyu grass (Pennisetum clandestinum Hochst. Ex Chiov.). **Pastos y Forrajes**, v. 37, n. 1, p. 31–37, 2014.
- MEZA, K. et al. Grass–Legume Mixtures Show Potential to Increase Above-and Belowground Biomass Production for Andean Forage-Based Fallows. **Agronomy**, v. 12, n. 1, 2022.
- MIQUELOTO, T. et al. Canopy structure of mixed kikuyugrass–tall fescue pastures in response to grazing management. **Crop Science**, v. 60, n. 1, p. 499–506, 2020a.
- MIQUELOTO, T. et al. Population Dynamics in Mixed Canopies Composed of Kikuyu-Grass and Tall Fescue. **Agronomy Journal**, v. 10, n. 684, p. 1–11, 2020b.
- MOLONEY, T. et al. Yield of binary- and multi-species swards relative to single-species swards in intensive silage systems. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, v. 59, n. 1, p. 12–26, 2021.
- MOORE, K. J.; MOSER, L. E. Quantifying Developmental Morphology of Perennial Grasses. **Crop Science**, v. 35, p. 37–43, 1995.
- NAEEM, S. et al. Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems. **Nature**, v. 368, n. 6473, p. 734–737, 21 Abr. 1994.

NEUTEBOOM, J. M.; LANTINGA, E. A. Tillering potential and relationship between leaf and tiller production in perennial ryegrass. **Annals of Botany**, v. 63, n. March, p. 265–270, 1989.

NIU, S.; LIU, W.; WAN, S. Different growth responses of C3 and C4 grasses to seasonal water and nitrogen regimes and competition in a pot experiment. **Journal of Experimental Botany**, v. 59, n. 6, p. 1431–1439, 2008.

NUNES, P. A. DE A. et al. Grazing intensity determines pasture spatial heterogeneity and productivity in an integrated crop-livestock system. **Grassland Science**, v. 65, n. 1, p. 49–59, 2019.

OFIR, M.; KIGEL, J. Photothermal control of the imposition of summer dormancy in *Poa bulbosa*, a perennial grass geophyte. **Physiologia Plantarum**, v. 105, n. 4, p. 633–640, 1999.

OTT, J. P.; HARTNETT, D. C. Bud production and dynamics of flowering and vegetative tillers in *Andropogon gerardii* (Poaceae): The role of developmental constraints. **American Journal of Botany**, v. 98, n. 8, p. 1293–1298, 2011.

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.

PARSONS, A. J.; CHAPMAN, D. F. The principles of pasture growth and utilization. Em: HOPKINS, A. (Ed.). **Grass. Its production and utilization**. 3. ed. Oxford, UK: Blackwell Science Ltd, 2000. p. 31–89.

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

PETERSEN, U.; WRAGE-MÖNNIG, N.; ISSELSTEIN, J. Effects of herbicide application to control sward composition in different management variants. **International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management**, v. 9, n. 2, p. 155–165, 2013.

PITMAN, W. D. Response of a Georgia 5 tall fescue-common bermudagrass mixture to

season of nitrogen fertilization on the Coastal Plain. **Journal of Plant Nutrition**, v. 22, n. 10, p. 1509–1517, 1999.

PLATA-REYES, D. A. et al. Dynamics of tall fescue (*Festuca arundinacea*) and Kikuyu grass (*Cenchrus clandestinus*) pastures associated with white clover (*Trifolium repens*) in small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. **African Journal of Range and Forage Science**, 2023.

PONTES, L. DA S. et al. Impacts of species interactions on grass community productivity under contrasting management regimes. **Oecologia**, v. 168, n. 3, p. 761–771, 2012.

READ, J. J.; LANG, D. J.; ADELI, A. Effects of Seasonal Nitrogen on Binary Mixtures of Tall Fescue and Bermudagrass. **Agronomy Journal**, v. 106, n. 5, p. 1667–1676, Set. 2014.

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, 2017.

ROSCHER, C. et al. Detecting the role of individual species for overyielding in experimental grassland communities composed of potentially dominant species. **Oecologia**, v. 154, n. 3, p. 535–549, 2007.

SACKEVILLE-HAMILTON, N.; MATTHEW, C.; LEMAIRE, G. In Defence of the -3/2 Boundary Rule: a Re-evaluation of Self-thinning Concepts and Status. **Annals of Botany**, v. 76, n. 6, p. 569–577, Dez. 1995.

SANDERSON, M. A. et al. Forage mixture productivity and botanical composition in pastures grazed by dairy cattle. **Agronomy Journal**, v. 97, n. 5, p. 1465–1471, 2005.

SANTOS, E. R. S. et al. Herbage responses and nitrogen agronomic efficiency of bermudagrass-legume mixtures. **Crop Science**, v. 61, n. 5, p. 3815–3829, 2021.

SANTOS, P. M. et al. Tiller cohort development and digestibility in Tanzania guinea grass (*Panicum maximum* cv. Tanzania) under three levels of grazing intensity. **Tropical Grasslands**, v. 40, n. 2, p. 84–93, 2006.

SAXENA, P. et al. Photoperiod and Temperature Effects on Rhizome Production and Tillering Rate in Tall Fescue [ (Schreb.) Darby.]. **Crop Science**, v. 54, n. 3, p. 1205, 2014.

- SBRISSIA, A. F. et al. Tiller size/density compensation in grazed Tifton 85 bermudagrass swards. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 38, n. 12, p. 1459–1468, 2003.
- SBRISSIA, A. F. et al. Tillering dynamics in palisadegrass swards continuously stocked by cattle. **Plant Ecology**, v. 206, n. 2, p. 349–359, 2010.
- SBRISSIA, A. F. et al. Produção animal em pastagens cultivadas em regiões de clima temperado da América Latina. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 25, n. 1–2, p. 45–58, 2017.
- SBRISSIA, A. F. et al. 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.
- SBRISSIA, A. F.; DA SILVA, S. C. Comparison of three methods for estimating leaf area index of marandu palisadegrass swards under continuous stocking. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 2, p. 212–220, Fev. 2008.
- SCHENEITER, J. O. et al. Post-grazing cutting management in tall fescue affects the sward structure, forage and liveweight production. **Grass and Forage Science**, v. 74, n. 4, p. 661–669, 11 Dez. 2019.
- SEIP, K. et al. Ruminal fermentation characteristics and microbial nitrogen assimilation in sheep fed differently composed grass silages. **Archives of Animal Nutrition**, v. 66, n. 3, p. 215–226, 2012.
- SILVA, R. DE O. DA et al. Effects of increasing nitrogen levels in Mombasa grass on pasture characteristics, chemical composition, and beef cattle performance in the humid tropics of the Amazon. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, n. 6, p. 3293–3300, 25 Nov. 2020a.
- SILVA, J. F.; CASTRO, F. Fire, growth and survivorship in a Neotropical savanna grass *Andropogon semiberbis* in Venezuela. **Journal of Tropical Ecology**, v. 5, n. 04, p. 387–400, 10 Nov. 1989.
- SILVA, L. S. et al. Tillering dynamics of 'Mulato II' brachiariagrass under continuous stocking. **Crop Science**, v. 60, n. 2, p. 1105–1112, 2020b.

- SKINNER, R. H. et al. Above- and belowground productivity and soil carbon dynamics of pasture mixtures. **Agronomy Journal**, v. 98, n. 2, p. 320–326, 2006.
- SKINNER, R. H.; NELSON, C. J. Effect of tiller trimming on phyllochron and tillering regulation during tall fescue development. **Crop Science**, v. 34, n. 5, p. 1267–1273, 1994.
- SODER, K. J. et al. Intake and Performance of Lactating Cows Grazing Diverse Forage Mixtures. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 6, p. 2158–2167, 2006.
- SOLLENBERGER, L. E.; DUBEUX, J. C. B. Warm-climate, legume-grass forage mixtures versus grass-only swards: An ecosystem services comparison. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 51, n. October, 2022.
- SPEHN, E. M. et al. Above-ground resource use increases with plant species richness in experimental grassland ecosystems. **Functional Ecology**, v. 14, p. 326–337, 21 Abr. 2000.
- SUTER, M.; HUGUENIN-ELIE, O.; LÜSCHER, A. Multispecies for multifunctions: combining four complementary species enhances multifunctionality of sown grassland. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1–16, 2021.
- SZYMCZAK, L. S. et al. Tall fescue sward structure affects the grazing process of sheep. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1–10, 2020.
- TAHIR, M. et al. Mixture Composition Influenced the Biomass Yield and Nutritional Quality of Legume–Grass Pastures. **Agronomy**, v. 12, n. 6, 2022.
- TANNAS, S.; HEWINS, D. B.; BORK, E. W. Isolating the role of soil resources, defoliation, and interspecific competition on early establishment of the late successional bunchgrass *Festuca campestris*. **Restoration Ecology**, v. 23, n. 4, p. 366–374, 2015.
- TILMAN, D.; ISBELL, F.; COWLES, J. M. Biodiversity and ecosystem functioning. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 45, p. 471–493, 2014.
- TILMAN, D.; POLASKY, S.; LEHMAN, C. Diversity, productivity and temporal stability in the economies of humans and nature. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 49, n. 3, p. 405–426, 2005.
- TILMAN, D.; REICH, P. B.; KNOPS, J. M. H. Biodiversity and ecosystem stability in a

- decade-long grassland experiment. **Nature**, v. 441, n. 7093, p. 629–632, 2006.
- TILMAN, D.; WEDIN, D.; KNOPS, J. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. **Nature**, v. 379, n. 6567, p. 718–720, 22 Fev. 1996.
- TOFINGA, M. P.; PAOLINI, R.; SNAYDON, R. W. A study of root and shoot interactions between cereals and peas in mixtures. **The Journal of Agricultural Science**, v. 120, n. 1, p. 13–24, 1993.
- TOMAZELLI, D. et al. Natural grassland conversion to cultivated pastures increases soil microbial niche specialization with consequences for ecological processes. **Applied Soil Ecology**, v. 188, n. April, p. 104913, Ago. 2023.
- TOYOTA, M. et al. Tillering responses to high red/ far-red ratio of Four Japanese wheat cultivars. **Plant Production Science**, v. 17, n. 2, p. 124–130, 2014.
- TRACY, B. F.; SANDERSON, M. A. Forage productivity, species evenness and weed invasion in pasture communities. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 102, n. 2, p. 175–183, 2004.
- VILJOEN, C.; VAN DER COLF, J.; SWANEPOEL, P. A. Benefits are limited with high nitrogen fertiliser rates in Kikuyu-ryegrass pasture systems. **Land**, v. 9, n. 6, 2020.
- VOLAIRE, F.; NORTON, M. R.; LELIÈVRE, F. Summer drought survival strategies and sustainability of perennial temperate forage grasses in mediterranean areas. **Crop Science**, v. 49, n. 6, p. 2386–2392, 2009.
- WANG, S. et al. How complementarity and selection affect the relationship between ecosystem functioning and stability. **Ecology**, v. 102, n. 6, p. 1–12, 2021.
- YEH, R. Y.; MATCHES, A. G.; LARSEN, R. L. Endogenous Growth Regulators and Summer Tillering of Tall Fescue 1. **Crop Science**, v. 16, p. 409–413, 1976.
- YUAN, J.; LI, H.; YANG, Y. The Compensatory Tillering in the Forage Grass *Hordeum brevisubulatum* After Simulated Grazing of Different Severity. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, n. June, p. 1–11, 2020.
- ZIELEWICZ, W. et al. Effect of forage plant mixture and biostimulants application on the

yield, changes of botanical composition, and microbiological soil activity. **Agronomy**, v. 11, n. 9, 2021.

## APÊNDICES

Figura 10 - Mensuração da massa de forragem com uso de *Rising Plate Meter*, em pasto formado por *L. arundinaceum* e *C. clandestinus*, no final da primavera do ano de 2018.



Figura 11 - Mosaico dos manejos de desfolha em pasto misto formado por *L. arundinaceum* e *C. clandestinus*, ao final de três anos experimentais (novembro de 2020).



Figura 12 - Evolução de um pasto misto formado por *L. arundinaceum* e *C. clandestinus* ao longo das estações verão/outono (A), inverno (B) e primavera (C).

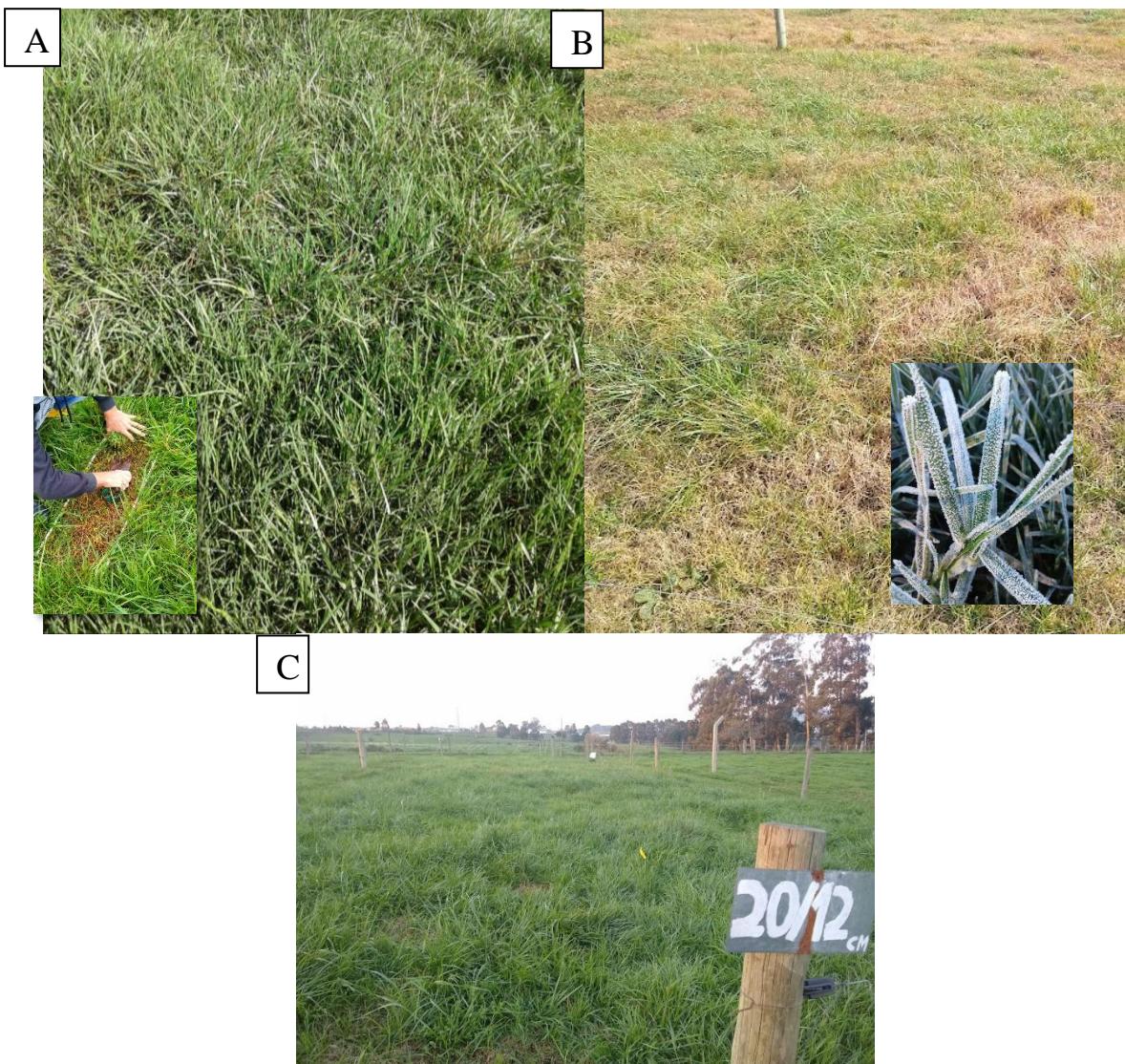


Figura 13 - Coleta de massa de forragem para mensuração da composição botânica em um pasto formado por *L. arundinaceum* e *C. clandestinus* cultivados em mistura.



Figura 14 - Anéis de PVC delimitando a área de contabilização da demografia do perfilhamento (A) e geração de numerosos perfilhos (identificados na cor laranja) de *L. arundinaceum* no inverno (B) em pasto misto formado por *L. arundinaceum* e *C. clandestinus*, após eventos de geada (C).

