

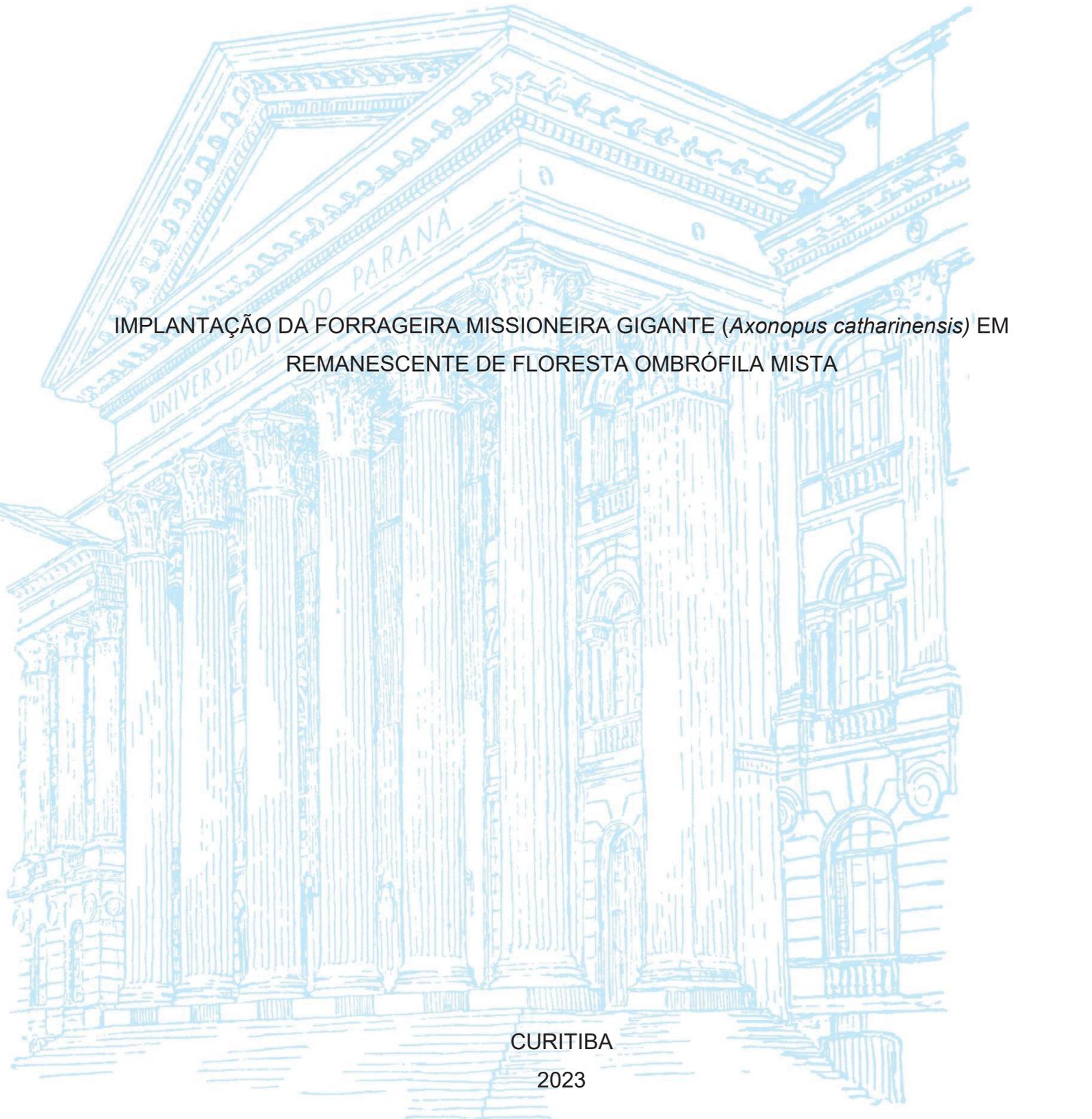
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

TALYTA MYTSUY ZANARDINI GALESKI SENS

IMPLANTAÇÃO DA FORRAGEIRA MISSIONEIRA GIGANTE (*Axonopus catharinensis*) EM
REMANESCENTE DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

CURITIBA

2023



TALYTA MYTSUY ZANARDINI GALESKI SENS

IMPLANTAÇÃO DA FORRAGEIRA MISSIONEIRA GIGANTE (*Axonopus catharinensis*) EM
REMANESCENTE DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Bittencourt de Oliveira

Coorientadores: Eng. Dra. Ana Lucia Hanisch
Prof. Dr. Sebastião Brasil Campos Lustosa
Prof. Dr. Luciano Farinha Watzlawick

CURITIBA

2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Sens, Talyta Mytsuy Zanardini Galeski

Implantação da forrageira missioneira gigante (*Axonopus catharinensis*) em remanescente de floresta ombrófila mista/ Talyta Mytsuy Zanardini Galeski Sens. – Curitiba, 2023.

1 recurso online: PDF.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal).

Orientador: Prof. Dr. Leandro Bittencourt de Oliveira
Coorientadores: Dr^a Ana Lucia Hanisch, Prof. Dr. Sebastião Brasil Campos Lustosa, Prof. Dr. Luciano Farinha Watzlawick

1. Plantas forrageiras. 2. Agricultura sustentável. 3. Sistemas agroflorestais. I. Oliveira, Leandro Bittencourt de. II. Hanisch, Ana Lucia. III. Lustosa, Sebastião Brasil Campos. IV. Watzlawick, Luciano Farinha. V. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal). VI. Título.

Bibliotecária: Telma Terezinha Stresser de Assis CRB-9/944



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AGRONOMIA
(PRODUÇÃO VEGETAL) - 40001016031P6

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **TALYTA MYTSUY ZANARDINI GALESKI SENS** intitulada: **IMPLANTAÇÃO DA FORRAGEIRA MISSIONEIRA GIGANTE (*Axonopus catharinensis*) EM REMANESCENTE DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA**, sob orientação do Prof. Dr. LEANDRO BITTENCOURT DE OLIVEIRA, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutora está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 15 de Setembro de 2023.

Assinatura Eletrônica

18/09/2023 13:01:02.0

LEANDRO BITTENCOURT DE OLIVEIRA

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

02/10/2023 12:53:24.0

SEBASTIÃO BRASIL CAMPOS LUSTOSA

Coorientador(a)

Assinatura Eletrônica

19/09/2023 15:11:01.0

ANIBAL DE MORAES

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

19/09/2023 13:37:03.0

MARCOS LEANDRO GARCIA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO)

Rua dos Funcionários, 1540 - CURITIBA - Paraná - Brasil

CEP 80035-050 - Tel: (41) 3350-5601 - E-mail: pgapv@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 316073

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://siga.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 316073

Ao vento, ao sol, a chuva, o frio, os animais, a pastagem e principalmente as folhas caindo embaixo das árvores, que me fizeram lembrar o tempo todo: Deus existe e ele é bom. Dedico...

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois só ele sabe o quanto as paredes do poço foram difíceis de escalar até chegar aqui.

Ao professor Sebastião Brasil, pois quando ninguém mais estava lá, ele esteve.

Ao seu Nelson e a dona Renilda, por terem me acolhido, como pesquisadora, pessoa e família.

A Capes, pela bolsa que foi essencial para que eu me mantivesse no doutorado.

Ao Maneco e ao Sushi, por suportarem minha ausência, minha tristeza, meu luto, minha decepção e mesmo na minha pior fase, ainda me olharem com os olhos cheios de amor e compreensão.

As mais de 40 pessoas, que no decorrer desses quatro anos dedicaram o seu pensamento, o seu trabalho, ou a sua atenção ao meu sonho:

Jaque Schran, Katyussa, Ana Lucia Hanisch, Margit Hauer, Raquel Negrelle, Leo Hyczi, Gabriel Bueno, Gui 1, Lucão, Leandro Rampim, Ari, Celsinho, Lucas Neves, Bugrão, Allan Spiees, Taynara, Luiz Valtrin, Elizana, Seu Carlos, Chiquinho, Gu Stora, Ester, Gui 2, Pai, Mãe, Léozinho, Sebastião, Deonisia, Jacques, Heleninha, Jobim, Carla, Ale, Fabi, Joyce, Carvão, Tony, Barbara, Camila, Geovana, Leandro Oliveira, Cymelio, Jessica, Yuri, Samuel, Equipe Tec Solo e Equipe COAMIG.

Tem uma frase bem legal, que diz “O tempo não existe para ser contado, ele deve ser vivido.” Ester, Cristina, Léo, Gui 1, Lucão, Gui 2 e não menos importante Jobim... eu não sei quanto tempo ao certo os nossos caminhos se cruzaram, mais eu fico feliz por tudo o que vivi junto de vocês.

Aos pesquisadores que encontrei pelo caminho, que me mostraram o quanto é inútil saber interpretar todas as multivariadas do universo, mas não ser capaz de interpretar a dificuldade do ser humano que está ao seu lado.

A todos aqueles que entenderam que o propósito da minha pesquisa não é um artigo, é uma mudança de realidade...

Minha gratidão!

*“Tá chorando por quê?
Se você tem um Deus
Que cuida de você
E jamais te esqueceu
Ele sabe de tudo
Que você está passando
E mandou te dizer
Que Ele está cuidando
Lembra de onde você veio
E aonde que você chegou
Lembra de todos os livramentos
Que você já passou
Nem era para você estar aqui
Mas Deus falou assim
Esse aí vou levantar
E onde colocar a mão Eu vou abençoar
Não chore, quem cuida de você não dorme
Levanta, tem muita gente que te ama
Deus mandou te dizer que vai acontecer
Deus mandou te falar que tudo vai passar...”*

Filipe Costa da Silva

RESUMO

Os sistemas silvipastoris (SSP) com árvores nativas existentes no estado do Paraná, representam uma paisagem natural única, desempenhando papel ecológico, cultural e econômico peculiar e pouco estudado, sendo promissores para propostas de intensificação sustentável e no aumento do sequestro de carbono. Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da implantação da pastagem perene *Axonopus catharinensis* (missioneira-gigante), a partir de diferentes manejos de solo, em comparação com a melhoria da pastagem natural existente nesses SSPs sobre indicadores produtivos e ambientais. O experimento foi conduzido em uma propriedade rural, no município de Turvo, Paraná, em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com três tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram formados por diferentes manejos do solo para implantação da missioneira-gigante: RO - roçada mecânica; DQ - dessecação com herbicida; RE - revolvimento de solo, com sobressemeadura e adubação. A pastagem foi implantada por meio de mudas, com espaçamento de 0,50 x 0,50 m. Foram avaliados a produção de biomassa da pastagem (a cada 28 dias por 10 meses), o crescimento arbóreo (DAP 1,30m), os atributos químicos do solo, a deposição de serapilheira nos anos de 2019, 2021 e 2023 e a regeneração arbórea no ano de 2023. Todos os manejos de solo se mostraram efetivos para a implantação da missioneira-gigante. Ao longo do estudo o tratamento DQ destacou-se positivamente em relação a ocorrência de plantas daninhas, maior produção de massa seca instantânea e teor de C armazenado na serapilheira. Quanto aos demais atributos avaliados, os tratamentos não exerceram influência significativa sobre eles. A partir disto conclui-se que o tratamento DQ foi capaz de integrar estabelecimento adequado, produção forrageira e manutenção do sistema produtivo. Contudo resultados que evidenciem a efetividade dos tratamentos no fornecimento de benefícios quanto a serviços ecossistêmicos permanentes, como o aumento de teores de C no solo, são recomendados, já que estes ambientes apresentam uma dinâmica diferenciada, onde o processo de ciclagem, principalmente aquele relacionado ao componente arbóreo, demora anos para apresentar resultados significativos.

Palavras-chave: carbono do solo; biomassa forrageira; sistemas integrados de produção; sistemas agroflorestais; pastagens; agricultura sustentável.

ABSTRACT

Silvopastoral systems (SSP) with native trees in the state of Paraná represent a unique natural landscape, playing a peculiar and little-studied ecological, cultural and economic role, and are promising for sustainable intensification proposals and increasing carbon sequestration. The aim of this study was to evaluate the effect of implementing the perennial pasture *Axonopus catharinensis* (missioneira-gigante), using different soil managements, compared to improving the existing natural pasture in these SSPs, on production and environmental indicators. The experiment was conducted on a rural property in the municipality of Turvo, Paraná, in a completely randomized experimental design, with three treatments and three replications. The treatments consisted of different soil managements for planting the giant mission tree: MM - mechanical mowing; CD – chemical desiccation with herbicide; TS – turned soil with over-seeding and fertilization. The pasture was planted using seedlings, with a spacing of 0.50 x 0.50m. The biomass production of the pasture was assessed (every 28 days for 10 months), tree growth (DBH 1.30m), soil chemical attributes, litter deposition in 2019, 2021 and 2023 and tree regeneration in 2023. All the soil treatments proved to be effective for planting the giant mission tree. Throughout the study, the CD treatment stood out positively in terms of the occurrence of plants invaders. The treatments did not have a significant influence on the other attributes evaluated, such as greater instantaneous dry mass production and the content of C stored in the litter. As for the other attributes evaluated, the treatments had no significant influence on them. From this it can be concluded that the DQ treatment was able to integrate adequate establishment, forage production and maintenance of the production system. However, results that show the effectiveness of the treatments in providing benefits in terms of permanent ecosystem services, such as an increase in C levels in the soil, are recommended, since these environments have different dynamics, where the cycling process, especially that related to the tree component, takes years to show significant results.

Keywords: carbon; biomass; soil management; integrated systems; sustainable agriculture.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1 – Localização geográfica do Município de Turvo, Paraná, Brasil e imagem aérea da propriedade destacando-se a significativa cobertura florestal da mesma e, em amarelo, a área experimental (Paraná, 2023).23
- Figura 2.2 – Procedimento metodológico representando as análises realizadas durante o período de estudo, para elaboração dos capítulos da tese, no município de Turvo, Paraná, Brasil.24
- Figura 2.3 – Aplicação de calcário em cobertura (a) e semeadura do azevém com semeadora de plantio direto, sem revolvimento do solo (b).27
- Figura 2.4 – Vista geral do azevém sobressemeado aos 30 dias pós semeadura (momento da aplicação da adubação em cobertura) (a) e no momento da entrada dos animais para pastejo, com 30cm de altura (b).27
- Figura 2.5 – Vista geral da parcela com o tratamento dessecação logo após a aplicação do herbicida (a) e vista geral do tratamento revolvimento, no momento do uso do subsolador (b).28
- Figura 2.6 – Mudanças vegetativas de missioneira-gigante (a) e abertura de covas com espaçamento 0,50x0,50m para plantio das mudas, nos tratamentos DQ = dessecação e RO = roçada (b).28
- Figura 2.7 – Alocação da gaiola para avaliação do crescimento mensal da pastagem de missioneira-gigante em áreas de SSP com árvores nativas (a) e desenvolvimento da pastagem com 28 dias dentro da gaiola (b).30
- Figura 2.8 – Medidor de PAR digital portátil instalado para medição (a) e visão geral da copa das árvores em uma parte do SSP com árvores nativas (b).31
- Figura 2.9 – Média da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), medida em três estações do ano, dentro de um SSP com árvores nativas e a pleno Sol (Paraná, 2023).33
- Figura 2.10 – Número de espécies herbáceas forrageiras e não forrageiras, em junho e em novembro de 2021 em um SSP com árvores nativas, após a implantação dos tratamentos de melhoria da pastagem (Paraná, 2023).34

Figura 2.11 – Diagrama de ordenação e eixo de componentes principais, com as principais espécies de contribuição na análise de novembro/21 (Paraná, 2023).	36
Figura 2.12 – Vista geral da área experimental com pastejo das vacas no azevém sobressemeado sobre a missioneira-gigante implantada no verão, em um SSP com árvores nativas (Paraná, 2023).	38
Figura 2.13 – Cobertura do solo (a) e pastejo de uniformização na missioneira-gigante (b), um ano após sua implantação em um SSP com árvores nativas (Paraná, 2023).	39
Figura 2.14 – Valores de pH e teores de alumínio, cálcio, magnésio, fósforo, potássio, CTC e saturação de bases de um solo de um SSP com espécies nativas, com diferentes estratégias de melhoria da pastagem, nos anos de 2021 e 2022 (Paraná, 2023).	42
Figura 3.1 - Croqui ilustrativo da distribuição dos tratamentos de implantação de pastagem perene, na área experimental no sistema silvipastoril com árvores nativas em Turvo, Paraná, Brasil.	50
Figura 3.2 - Gabarito para amostragem de serapilheira (a) separação de serapilheira em resíduos, folhas, galhos finos e casca (b).....	52
Figura 3.3 - Detalhe das parcelas de regeneração demarcadas com fitilho no dia da avaliação, para registro fotográfico em um SSP com arvores nativas (Paraná, 2023).....	53
Figura 3.4 - Evolução da distribuição diamétrica nos anos de 2019, 2021 e 2023 em um SSP com árvores nativas (Paraná, 2023).....	58
Figura 3.5 - Alterações no teor de C da biomassa viva acima do solo, no período de 2019 a 2023 em um sistema silvipastoril com árvores nativas, em diferentes manejos de solo (Paraná, 2023).....	60
Figura 3.6 - Deposição de folhas e frutos de Guabiroba em um SSP com árvores nativas, evidenciando a influência da serapilheira na superfície do solo (Paraná, 2023).....	61
Figura 3.7 - Teor de C na serapilheira no período de três anos, em um SSP com arvores nativas sob diferentes manejos de solo para implantação da pastagem perene (Paraná, 2023).....	62

Figura 3.8 - Detalhe de uma semente de *Ocotea porosa* em início de germinação encontrada na área de estudo (Paraná, 2023).....64

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Equações utilizadas para os cálculos relativos à biomassa arbórea. . .	51
Quadro 3.2 – Equação utilizada para cálculos relativos à deposição de serapilheira florestal.	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Cronograma e atividades desenvolvidas durante a fase de implantação de diferentes métodos de plantio da grama missioneira-gigante em um sistema silvipastoril tradicional com árvores nativas (Paraná, 2023). DQ = dessecação química; RO = roçada; RE = revolvimento do solo.	26
Tabela 2.2– Acúmulo e total de biomassa seca da vegetação herbácea de um SSP com árvores nativas, sobressemeada com azevém e submetida a diferentes estratégias para melhoria da pastagem perene. Turvo/PR, 2022.....	39
Tabela 2.3 - Teor de carbono no solo (g.dm-3) em três diferentes profundidades, na média de dois anos de avaliação, em um SSP com árvores nativas, submetido a diferentes estratégias de melhoria da pastagem (Paraná, 2023).....	41
Tabela 3.1 – Composição florística de um SSP com árvores nativas, no período de 2019 a 2023, no município de Turvo, Paraná. Classificação das espécies encontradas de acordo com seu grupo ecológico (GE), síndrome de dispersão (SD), densidade absoluta (DA) em indivíduos por hectare e valor de cobertura (VC).....	56
Tabela 3.2 – Quantificação de biomassa viva acima do solo (Paraná, 2023).	59
Tabela 3.3 – Biomassa florestal e porcentagem de acúmulo da biomassa ao longo dos anos de 2019 a 2023, em um SSP com árvores nativas, a partir da implantação de pastagem perene (Paraná, 2023).	59
Tabela 3.4 – Contribuição dos componentes da serapilheira no teor de carbono, ao longo dos levantamentos de 2020 a 2022 (Paraná, 2023).....	62
Tabela 3.5 – Número de indivíduos (Ni) do estrato regenerante sob diferentes manejos de solo para implantação de pastagem perene, em SSP com árvores nativas e índices de diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (D) (Paraná, 2023).	63

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

ANOVA	- Análise de Variância
DAP	- Diâmetro a Altura do Peito
DIC	- Delineamento inteiramente casualizado
DQ	- Dessecação química
EPAGRI	- Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão Tecnológica
FOM	- Floresta Ombrófila Mista
IPA	- Incremento Periódico Anual
IPCC	- Intergovernmental Panel on Climate Change
IPg	- Incremento Periódico em Área Basal
PAR	- Photosynthetically Active Radiation
PN	- Pastagem naturalizada
RE	- Revolvimento de solo
RFA	- Radiação Fotossinteticamente Ativa
RO	- Roçada
SAF	- Sistemas Agroflorestal
SSP	- Sistema Silvistoril
m.s.n.m.	- metros sobre o nível do mar

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 ESTRATÉGIAS PARA AUMENTO DA PRODUÇÃO DA PASTAGEM EM SISTEMA SILVIPASTORIL COM ÁRVORES NATIVAS NO SUL DO BRASIL.....	18
2.1 INTRODUÇÃO	20
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	22
2.2.1 Caracterização da área de estudo	22
2.2.2 Delineamento experimental e implantação dos tratamentos	24
2.2.3 Avaliações	29
2.2.3.1 Avaliação do estrato herbáceo	29
2.2.3.2 Produção mensal e total de massa seca da pastagem	29
2.2.3.3 Teor de carbono do solo	30
2.2.3.4 Monitoramento da Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA)	31
2.2.3.5 Monitoramento dos atributos químicos do solo	31
2.2.3.6 Análise de dados	31
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
2.3.1 Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA).....	32
2.3.2 Estrato herbáceo	33
2.3.3 Produção de massa seca da pastagem	37
2.3.4 Carbono e demais atributos do solo	40
2.4 CONCLUSÃO	43

3 ALTERAÇÕES NA BIOMASSA E NA REGENERAÇÃO DO COMPONENTE FLORESTAL EM SISTEMA SILVIPASTORIL COM ARVORES NATIVAS: O IMPACTO DA IMPLANTAÇÃO DA PASTAGEM PERENE	45
3.1 INTRODUÇÃO	47
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	49
3.2.1 Caracterização da área de estudo	49
3.2.2 Avaliações	50
3.2.2.1 Composição florística e biomassa arbórea	50
3.2.2.2 Deposição de serapilheira florestal.....	51
3.2.2.3 Estrato regenerante	52
3.2.2.4 Análise de dados	54
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
3.3.1 Composição florística	54
3.3.2 Biomassa viva acima do solo	58
3.3.3 Deposição de serapilheira	60
3.3.4 Composição do estrato regenerante	63
3.4 CONCLUSÃO	65
3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
3.6 REFERÊNCIAS GERAIS	67
APÊNDICE 1	78
APÊNDICE 2.....	79
APÊNDICE 3.....	79
APÊNDICE 4.....	80
APÊNDICE 5.....	80

1 INTRODUÇÃO

Estudos regionalizados que viabilizem o uso intensivo de sistemas de produção de maneira sustentável, são necessários para assegurar a manutenção e o abastecimento de recursos e insumos para o atendimento das demandas das sociedades nas quais os sistemas estão inseridos

Os sistemas silvipastoris (SSP's) tradicionais, desenvolvidos em áreas de remanescentes de florestas nativas, que existem no estado do Paraná representam uma paisagem natural bastante peculiar e se assemelham aos faxinais existentes no estado (com exceção do uso coletivo do ambiente) e às caívas no estado de Santa Catarina. Além do seu papel na geração de renda para pequenas propriedades, possuem uma ocupação territorial significativa, especula-se cerca de 150.000 ha¹ só no Paraná e mais 100.000 ha¹ em Santa Catarina, contribuindo para a conservação da cobertura florestal desses Estados. Sendo responsáveis pela manutenção e conservação de remanescentes da Floresta Ombrófila Mista ou Floresta de Araucária.

Esse tipo de sistema silvipastoril localizado na região sul e centro-oeste do Paraná desempenham um papel significativo social e ecológico, já que muitas destas áreas só têm continuidade devido a sua função produtiva para as comunidades onde estão localizadas. Em sua maioria a produção é voltada à pecuária tendo o componente florestal como fonte secundária de renda, a partir da exploração da erva-mate, já que a maioria das espécies nativas deste ambiente possuem restrições legais quanto a sua exploração comercial, como a Imbuia [*Ocotea porosa* (Nees & Mart) Barroso] e a Araucária [*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze].

Em geral as áreas onde localizam-se estes sistemas, são aquelas marginais, de baixa fertilidade dentro da propriedade, com certo grau de declividade, impedindo a entrada de maquinário agrícola e/ou com restrições à mecanização agrícola, o que justifica manter-se nas condições de remanescente.

Os remanescentes encontrados na região centro-oeste do Paraná, predominam na formação de “ervais” em sua maioria de ocorrência natural, assim como as outras espécies florestais que aparecem nesta formação. São formações que diferem da floresta natural, devido as alterações ao longo do tempo, pela sua evolução conjunta com a exploração pelo homem, em contrapartida, só persistem pela viabilidade da extração da produção florestal e a criação de gado, em consórcio, reforçando a sua importância social, principalmente como fonte de renda.

O sistema silvipastoril composto por espécies nativas apresenta um conjunto de vantagens em relação a aqueles cuja espécie florestal é implantada, como a manutenção equilibrada da fauna e da flora, a adaptação das espécies ao ambiente e a melhoria da macro e microfauna do solo, que se reflete em benefícios para a pastagem. O uso de árvores nativas, possui algumas diferenças em relação àqueles onde as espécies são plantadas, pois o desenvolvimento da espécie é mais lento, acarretando uma série de cuidados específicos em relação ao manejo, visando principalmente o produto que se deseja obter.

Estes sistemas se encontram em regiões onde as comunidades sofrem pressão constante das grandes propriedades, já que aquelas que dependem de produtos advindos da exploração da Floresta Ombrófila Mista, tendem a se fragmentar pela ausência de proposição de uso sustentável e a baixa viabilidade econômica. Esta descaracterização das áreas atrelada à perda de diversidade ecológica e baixo rendimento econômico levaram a busca de possibilidades de evolução e perspectivas, para identificar-se quais são as tecnologias de produção disponíveis para emprego nestas áreas, que conciliem a conservação de um bioma fragmentado e complexo que fez e faz parte da economia do Paraná. Há cada vez mais evidências que mostram a importância destas comunidades na manutenção e promoção da continuidade desses ambientes, sendo que encontrar um equilíbrio entre o impacto produtivo da floresta na produtividade da pastagem e a utilização dos recursos de maneira sustentável, desempenharia um papel fundamental na proteção destas áreas.

Nestes sistemas, o componente pastoril existente sob o dossel florestal é frequentemente formado por espécies de pastagens nativas e/ou naturalizada, as quais pouco se sabe sobre o potencial produtivo. Ainda, a inexistência da aplicação de estratégias de intensificação acaba por limitar o desempenho dos componentes do sistema: a produção animal, o fornecimento de serviços ambientais, a cobertura de solo, incorporação de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e estocagem de carbono – atributos funcionais, que em tempos de aquecimento global e mudanças climáticas, podem ser e serão cada vez mais valiosos.

Além do foco produtivo destas áreas, deve se levar em consideração a necessidade do desenvolvimento de uma pecuária sustentável, que promova a melhoria das condições ambientais, do solo e da água, construindo ainda uma imagem positiva sobre estes sistemas de produção. A presença do componente

florestal desempenha um papel fundamental no bem-estar animal, proporcionando melhorias produtivas, reprodutivas a partir da redução da insolação e temperatura.

Inúmeros estudos tendo como precursores a Epagri (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão Tecnológica) de Santa Catarina, baseados nas caívas, que é um sistema silvipastoril típico da região, têm servido como norte na busca por alternativas de melhorias dos SSP's no estado. Algumas das tecnologias já desenvolvidas em caívas, como melhoria do estrato herbáceo a partir da implantação da missioneira-gigante, uma espécie de gramínea adaptada ao sombreamento, podem garantir a produção forrageira a assegurar a continuidade destas áreas, reduzindo a pressão pelo desmatamento, ou mesmo pelo "raleio" de espécies florestais (Hanisch *et al.*, 2014; Hanisch *et al.*, 2016; Hanisch e Dalgallo, 2020).

A semelhança existente entre as caívas e os sistema silvipastoril tradicional encontrado no estado do Paraná apontam a adoção de estratégias de intensificação do sistema catarinense como uma alternativa promissora na melhoria produtiva sustentável destes ambientes.

Assim, a partir da adoção de tecnologias que auxiliam a conservação e ainda contribuam para intensificação sustentável do sistema silvipastoril tradicional, propôs-se o presente estudo, como continuidade dos trabalhos desenvolvidos no Sul do Brasil a partir da validação da metodologia Epagri para caívas.

Objetivou-se avaliar a eficiência da implantação da pastagem perene *Axonopus catharinensis* Valls. cv. SCS315 Catarina-gigante em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista com árvores nativas na região central do estado do Paraná, utilizando-se de três métodos de preparo de solo, contemplaram-se as seguintes análises:

- A implantação da pastagem missioneira-gigante com a utilização de dessecação química;
- A utilização unicamente do controle a partir da roçada mecânica com o rebaixamento da biomassa;
- O revolvimento de solo, visando facilitar a abertura das covas para o plantio das mudas;

Desse modo, essa tese está estruturada em dois capítulos, onde são apresentados os resultados da pesquisa, distribuídos da seguinte forma:

- Capítulo 1: Estratégias para aumento da produção da pastagem em sistema silvipastoril com árvores nativas no sul do Brasil;

- Capítulo 2: Alterações na biomassa e regeneração do componente florestal em sistema silvipastoril: o impacto da implantação da pastagem perene.

As condições iniciais de solo e a interação entre os métodos de implantação e as características da pastagem perene desempenham um papel crucial no sucesso a longo prazo do estabelecimento da pastagem. Acredita-se que o método de implantação de pastagem perene terá impactos significativos no estabelecimento inicial e no desenvolvimento subsequente da pastagem, além de influenciar os teores de carbono armazenados nos demais componentes do sistema.

2 ESTRATÉGIAS PARA AUMENTO DA PRODUÇÃO DA PASTAGEM EM SISTEMA SILVIPASTORIL COM ÁRVORES NATIVAS NO SUL DO BRASIL

RESUMO

A conservação de remanescentes florestais no Sul do Brasil está intimamente relacionada ao seu uso histórico para extração de erva-mate e produção animal extensiva nas propriedades rurais. Desenvolver tecnologias que aumentem a produtividade desses sistemas é uma das alternativas que podem contribuir para sua valorização. Neste contexto, essa pesquisa teve o objetivo de avaliar estratégias de melhoria da pastagem em um sistema silvipastoril (SSP) com árvores nativas. Para isso, foi realizado um experimento, em uma propriedade rural no município de Turvo/PR, em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições e, três tratamentos, formados por métodos de implantação da pastagem perene missioneira-gigante em substituição à pastagem naturalizada existente: DQ - uso de dessecação química; RO - uso de roçada mecânica; e RE - revolvimento do solo com escarificador. Durante o inverno foi realizada a sobressemeadura com azevém em todos os tratamentos. Para avaliar a eficiência de cada método foram avaliados: incidência de plantas espontâneas, produção de massa seca da pastagem e carbono orgânico do solo. Os dados foram analisados por meio de ANOVA sendo todos os resultados testados para normalidade e homogeneidade e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5%). O nível de infestação de plantas espontâneas foi variável entre os tratamentos, sendo observado maior número de espécies no tratamento “RE” durante a primavera. O método “DQ” apresentou maior correlação com a presença da grama missioneira-gigante em relação às plantas daninhas e maior produção de massa seca instantânea da pastagem. A produção total de massa seca da pastagem no período de maio a novembro de 2022, não diferiu entre os três métodos de implantação da grama missioneira-gigante, sendo em média de 7t/ha. Não foram observados efeitos sobre o teor de C do solo, em nenhum tratamento, dois anos após a implantação. Os resultados observados indicam potencial das estratégias avaliadas no aumento da produtividade da pastagem, contribuindo para o desenvolvimento de tecnologias adaptadas ao esses sistema silvipastoril com árvores nativas no Sul do Brasil.

Palavras-chave: Sistemas integrados de produção animal; Floresta Ombrófila Mista; sistemas agroflorestais, *Ilex paraguariensis*, *Axonopus catharinensis*, caívas, faxinais.

ABSTRACT

The conservation of forest remnants in southern Brazil is closely related to their historical use for yerba mate extraction and extensive animal production on rural properties. Developing technologies that increase the productivity of these systems is one of the alternatives that can contribute to their valorization. In this context, this research aimed to evaluate pasture improvement strategies in a silvopastoral system (SSP) with native trees. For this, an experiment was carried out on a rural property in the municipality of Turvo/PR, in a completely randomized design, with three replications and four treatments, three of which formed by methods of implantation of the perennial pasture missionary grass replacing the pasture existing naturalized: CD - use of chemical desiccation; MC - use of mechanical mowing; TS - soil turning with scarifier; and NP - maintenance of naturalized pasture. Overwintering was carried out with ryegrass in all treatments. To evaluate the efficiency of each method, the following were evaluated: incidence of weeds, pasture dry mass production and soil organic carbon. Data were analyzed using ANOVA, with all results tested for normality and homogeneity and means compared using Tukey's test (5%). The level of weed infestation varied between treatments, with a greater number of species being observed in the "TS" treatment during spring. The "CD" method showed a greater correlation with the presence of giant missionary grass in relation to invasive plants and a greater production of instantaneous dry mass of the pasture. The total dry mass production of the pasture from May to November 2022 did not differ between the three methods of implantation of the giant missionary grass, being on average 7t/ha, but it was higher than the production of "NP" with overseeding in winter, 4.9t/ha. No effects were observed on the soil C content, in any treatment, two years after implantation. The observed results indicate the potential of the evaluated strategies to increase pasture productivity, contributing to the development of technologies adapted to these silvopastoral systems with native trees in southern Brazil.

Keywords: Integrated livestock production systems; Mixed Ombrophilous Forest; agroforestry systems, *Ilex paraguariensis*, *Axonopus catharinensis*, caívas, faxinais.

2.1 INTRODUÇÃO

A prática agroflorestal silvipastoril se caracteriza pela combinação intencional animais pastadores (bovino, ovino, caprino, entre outros) com árvores e forragens, na mesma unidade produtiva, ao mesmo tempo (Jose; Dollinger, 2019). A ocorrência de sistemas silvipastoris (SSP) com árvores nativas é observada nos mais diversos ambientes ao redor do planeta, desde as savanas na África, as *dehesas* na Espanha e os *montados* em Portugal, os faxinais e as caívas no sul do Brasil, até os sistemas silvipastoris tradicionais na América Central (Antoneli; Thomaz; Bednarz, 2019; Hanisch *et al.*, 2020; Jose; Dollinger, 2019; Cárdenas *et al.*, 2019). Por serem sistemas que contribuem para a manutenção de espécies arbóreas nativas e pela prestação de diversos serviços ecossistêmicos relacionados à manutenção da biodiversidade e ao sequestro de carbono (tanto no estrato arbóreo, quanto no solo) esses SSP apresentam potencial como estratégias de mitigação das mudanças climáticas (Mauro *et al.*, 2022; Rodríguez *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2020; Cárdenas *et al.*, 2019; De Stefano; Jacobson, 2017; Aryal *et al.*, 2022).

No Sul do Brasil, em remanescentes de Floresta Ombrófila Mista (FOM) registra-se a ocorrência de SSP tradicionais, praticados historicamente em propriedades rurais, onde conjuga-se a manutenção de dossel arbóreo de FOM, à extração da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) e à criação animal (Mello; Peroni, 2015; Antoneli; Thomaz; Bednarz, 2019; Lacerda; Hanisch; Nimmo, 2020; Tomporoski Dallabrida; Marchesan, 2019). Esses SSP tradicionais são mantidos, inclusive, para além da obrigatoriedade das áreas de reserva legal ou áreas de proteção permanente nas propriedades rurais e tem chamado a atenção de técnicos e pesquisadores pelo potencial de conciliar produção pecuária e conservação ambiental (Sá *et al.*, 2018; Hanisch *et al.*, 2020; Marques; Reis; Denardin, 2019; Sangalli *et al.*, 2022).

Embora sejam sistemas produtivos de inquestionável importância cultural, histórica e ambiental, sua existência tem sido ameaçada pelo baixo rendimento econômico, o que tem pressionado as famílias proprietárias desses SSP pela sua substituição por cultivos mais rentáveis, como reflorestamentos de espécies exóticas ou áreas de lavouras anuais (Pinotti; Hanisch; Negrelle, 2018; Marques; Reis; Denardin, 2019; Hanisch *et al.*, 2020). Um dos limitantes à manutenção destes sistemas é a baixa produtividade animal, que está associada, entre outros fatores, à ausência de um manejo adequado da pastagem naturalizada existente.

Recentemente, tecnologias desenvolvidas em “caívas”, indicam aumento significativo da produção animal, sem prejuízos à regeneração florestal ou à manutenção do estrato arbóreo. Essas tecnologias incluem a adoção de técnicas como correção e adubação do solo, sobressemeadura com forrageiras anuais hibernais, controle da desfolha e introdução de espécies forrageiras cultivadas em substituição às pastagens naturalizadas que, geralmente, compõem o estrato herbáceo desses SSP (Pinotti; Hanisch; Negrelle, 2018; Hanisch; Dalgallo, 2020; Hanisch *et al.*, 2020).

A presença de espécies arbóreas nativas, com densidades variáveis, como ocorre nos SSP tradicionais no Sul do Brasil, é um desafio significativo, em especial em função do sombreamento heterogêneo existente nessas áreas. Dessa forma, o aumento da produção forrageira e, conseqüentemente da produção animal, passa necessariamente pela escolha da forrageira adaptada, que deve ser escolhida de acordo com as restrições do sistema.

A grama missioneira-gigante (*Axonopus catharinensis*), uma espécie nativa do sul do Brasil, tem mostrado produtividade e persistência adequadas em silvipastoralismo (Baldissera *et al.*, 2016; Krahl *et al.*, 2022). Sua implantação, no entanto, ocorre somente via vegetativa, o que exige controle da vegetação herbácea no período de estabelecimento, inclusive, das gramíneas naturalizadas existentes nestes sistemas. Entre as estratégias para controle da vegetação herbácea espontânea tem sido sugerido o uso de herbicidas não seletivos como a dessecação da área (Hanisch; Dalgallo, 2020); o revolvimento do solo por meio da aração, subsolagem ou escarificação; ou ainda a redução da biomassa promovida pelo roçada da vegetação herbácea. Outra estratégia que tem se destacado para aumento da produção forrageira em pastagens naturalizadas tem sido a introdução de técnicas como adubação, correção do solo e sobressemeadura (Murgueitio *et al.*, 2011; Pinotti; Hanisch; Negrelle, 2018; Camacho *et al.*, 2023).

A introdução de diferentes técnicas agronômicas pode, no entanto, afetar os componentes do sistema, entre eles o teor de carbono do solo (Camacho *et al.*, 2023), cuja capacidade de estocagem em SSP's é significativa (Aryal *et al.*, 2022). Neste contexto, esse trabalho teve por objetivo avaliar estratégias de preparo de solo para implantação da pastagem perene em um sistema silvipastoril com árvores nativas em remanescente de Floresta Ombrófila Mista, buscando contribuir para a construção de tecnologias que possam ser adotadas por produtores que conservaram

remanescentes florestais por meio do uso produtivo, associando aumento da produção animal à conservação da biodiversidade.

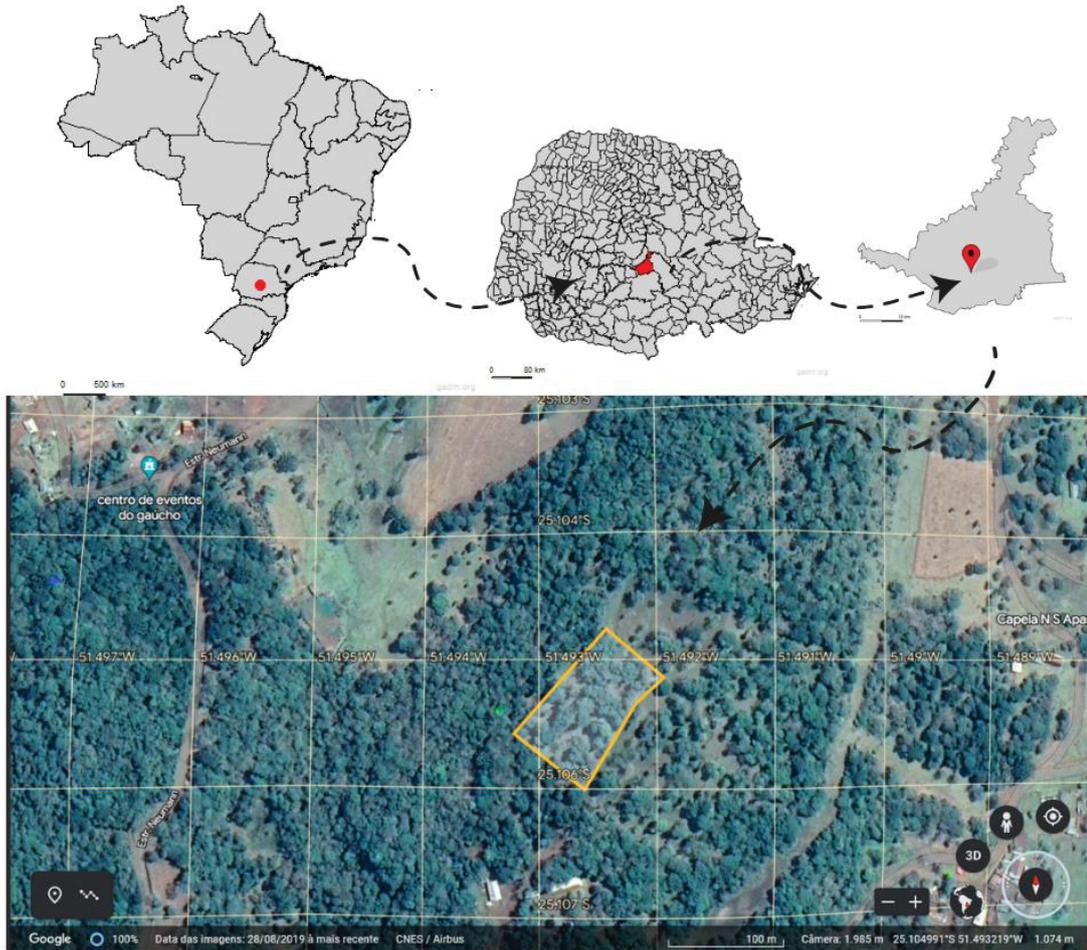
2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em uma propriedade rural localizada, no município de Turvo, na região Centro-Sul do Estado do Paraná (25°06'27.6" S; 51°29'32.9" W). O clima da região é classificado como tipo Cfb, as temperaturas no mês mais frio, em média ficam abaixo dos 18°C, com ocorrência de geadas frequentes na região, os verões são considerados frescos, apresentando médias abaixo dos 22°C. As chuvas se distribuem bem ao longo dos meses, não apresentando estação seca definida (Peel *et al.*, 2007). As características químicas do solo da área experimental, anteriormente à implantação dos tratamentos, na profundidade de 0-20cm foram: pH_{água}= 5,3; (em cmol_c.cm⁻³), K= 0,2; Ca= 3,5; Mg= 1,5; Al= 0,4; MOS= 44g.dm⁻³; P= 3,4mg.dm⁻³; V= 44%.

A maior parte da propriedade de 18 hectares é formada por áreas de remanescentes florestais, utilizados como sistema silvipastoril tradicional desde 2005, para a manutenção de bovinos de leite (Figura 2.1).

Figura 2.1 – Localização geográfica do Município de Turvo, Paraná, Brasil e imagem aérea da propriedade destacando-se a significativa cobertura florestal da mesma e, em amarelo, a área experimental (Paraná, 2023).



FONTE: A autora (2023).

A cobertura florestal da área é composta por espécies típicas da Floresta Ombrófila Mista, com uma densidade arbórea média de 115 árvores/ha (Capítulo II). Atualmente a propriedade mantém um rebanho de 15 vacas das raças Jersey e Holandês, com uma produção média de 350 litros de leite/dia. O estrato herbáceo do sistema silvipastoril é formado, predominantemente por pastagens naturalizadas, com destaque para *Axonopus compressus* (Sw.) P. Beauv., que são pastejadas durante o ano todo.

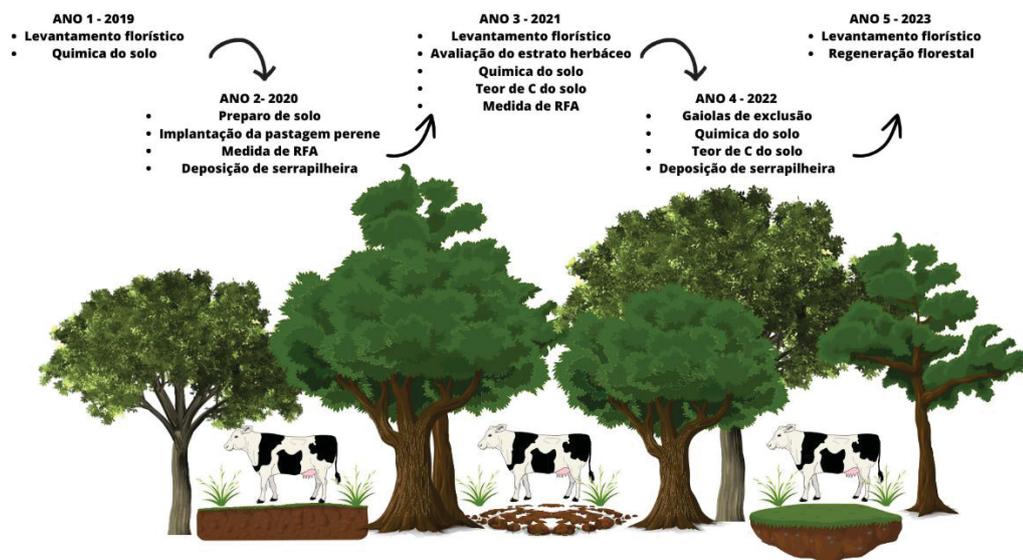
2.2.2 Delineamento experimental e implantação dos tratamentos

O experimento foi implantado em um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e três repetições, em parcelas de 25m x 28m (700m²), totalizando uma área experimental de 6300m². Os tratamentos foram formados por três diferentes métodos de implantação da grama missioneira-gigante (*Axonopus catharinensis* Valls.) cv. SCS315 Catarina-gigante, em áreas de sistema silvipastoril tradicional, a saber:

- Roçada (RO) – corte mecânico da vegetação com roçadeira costal, rente ao solo para implantação de pastagem perene;
- Dessecação química (DQ) – uso de herbicida dessecante para implantação da pastagem, utilizando 890g.ha⁻¹ de N-phosphonomethyl glycine;
- Revolvimento (RE) – mobilização mecânica do solo com arado subsolador a 40cm de profundidade para a implantação de pastagem perene.

A Figura 2.2 ilustra as avaliações e o procedimento metodológico empregado no estudo.

Figura 2.2 – Procedimento metodológico representando as análises realizadas durante o período de estudo, para elaboração dos capítulos da tese, no município de Turvo, Paraná, Brasil.



FONTE: A autora (2023).

- O detalhamento das fases de implantação para cada tratamento está descrito na Tabela 2.1.

Em janeiro de 2020, após a análise inicial do solo, foi realizada a aplicação do calcário dolomítico, em cobertura, em toda a área experimental, com o objetivo de elevar o pH do solo a 5,5 (Figura 2.3a). No mês de abril/maio dos anos de 2020, 2021 e 2022, foi realizada uma roçada da vegetação espontânea e, na sequência, a área experimental foi toda sobressemeada com azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) (Figura 2.3b). Após trinta dias da sementeira, foi aplicada a adubação, em cobertura, durante os três anos de avaliações (Figura 2.4a). A área foi piqueteada em seis divisões, contendo duas parcelas cada. Foi realizado o pastejo horário, sem carga animal definida, preconizando a altura máxima de entrada de 28cm e saída com 15 cm para a missioneira-gigante e entrada com 20cm e saída com 12cm para o azevém (Figura 2.4b). O critério adotado para entrada e saída dos animais, deu-se a partir da disponibilidade forrageira, seguindo como princípio o método rotatínuo adaptado. Os dados de resposta dos animais não foram analisados, sendo considerados, para esta análise, os animais apenas como cortadores de forragem (Feldhake *et al.*, 2010).

Figura 2.3 – Aplicação de calcário em cobertura (a) e sementeira do azevém com semeadora de plantio direto, sem revolvimento do solo (b).



Figura 2.4 – Vista geral do azevém sobressemeado aos 30 dias pós sementeira (momento da aplicação da adubação em cobertura) (a) e no momento da entrada dos animais para pastejo, com 30cm de altura (b).



No tratamento DQ, as parcelas foram dessecadas em janeiro de 2019 e novamente em outubro de 2020, após o fim do primeiro ciclo do azevém sobressemeado (Figura 2.5a). O plantio da pastagem perene missioneira-gigante (*Axonopus catharinensis* Valls.) cv. SCS315 Catarina-gigante nos tratamentos Dessecação química, Roçada e Revolvimento do solo (Figura 2.5b), foi realizado por meio de mudas vegetativas, em covas espaçadas 0,50×0,50m e teve início em novembro de 2020 (Figura 2.6).

Figura 2.5 – Vista geral da parcela com o tratamento dessecação logo após a aplicação do herbicida (a) e vista geral do tratamento revolvimento, no momento do uso do subsolador (b).



Figura 2.6 – Mudas vegetativas de missioneira-gigante (a) e abertura de covas com espaçamento 0,50x0,50m para plantio das mudas, nos tratamentos DQ = dessecação e RO = roçada (b).



Após o plantio, que ocorreu ao longo de três meses (em função da disponibilidade de mudas), a missioneira-gigante permaneceu em livre crescimento até o inverno, quando a área experimental foi adubada, roçada e sobressemeada com azevém (Tabela 2.1). O pastejo na missioneira já estabelecida teve início em

dezembro de 2021, um ano após o plantio das mudas. Durante o inverno e eventualmente início da primavera (junho a setembro) a área foi sempre mantida com azevém, uma vez que, em função das baixas temperaturas, a missioneira-gigante cessa seu crescimento.

2.2.3 Avaliações

2.2.3.1 *Avaliação do estrato herbáceo*

Considerando-se que a implantação da grama missioneira-gigante é realizada por mudas vegetativas, cujo desenvolvimento leva de seis a oito meses para atingir a completa cobertura do solo, a identificação e quantificação de plantas espontâneas na fase inicial é de suma importância. Em função desse fato, foram quantificadas e identificadas as plantas do estrato herbáceo (pastagens e plantas espontâneas) em duas amostragens após a implantação dos tratamentos (junho e em novembro de 2021), utilizando-se a metodologia Botanal (Gardner, 1986).

A amostragem foi realizada por dois avaliadores treinados, através do lançamento de cinco quadros (50x50cm) por parcela, totalizando 45 quadros por avaliação. As plantas dentro do quadro foram identificadas (Flora, 2023) e simultaneamente, foram atribuídas notas visuais de 1 a 5 com base na contribuição da biomassa (1 = menor quantidade de biomassa, 5 = maior quantidade de biomassa). Para se estimar a massa seca instantânea disponível, foram cortados para cada avaliação 15 quadros a nível de solo e levados para secagem em estufa a 65°C por 72 h. Os valores de massa seca dos 15 quadros e seus respectivos escores visuais deram origem a uma equação de regressão linear, gerando estimativas de produção de massa seca de forragem por hectare e por cada espécie herbácea.

2.2.3.2 *Produção mensal e total de massa seca da pastagem*

A produção forrageira foi avaliada de março a novembro de 2022, ininterruptamente, a partir da utilização de gaiolas de exclusão ao pastejo (Klingman, 1943; Zanine; Santos; Ferreira, 2006). As avaliações foram realizadas em ciclos de 28 dias, sendo que após cada coleta as gaiolas foram realocadas em novo local. O material do interior das gaiolas foi cortado a 5cm de altura, em função da dificuldade

de separação e grande concentração de serrapilheira na camada superficial, bem como de áreas pastejadas externas a gaiolas, ambos colhidos de um quadro de 0,25m², restringindo a amostragem apenas ao material forrageiro (Figura 2.7).

Figura 2.7 – Alocação da gaiola para avaliação do crescimento mensal da pastagem de missioneira-gigante em áreas de SSP com árvores nativas (a) e desenvolvimento da pastagem com 28 dias dentro da gaiola (b).



2.2.3.3 Teor de carbono do solo

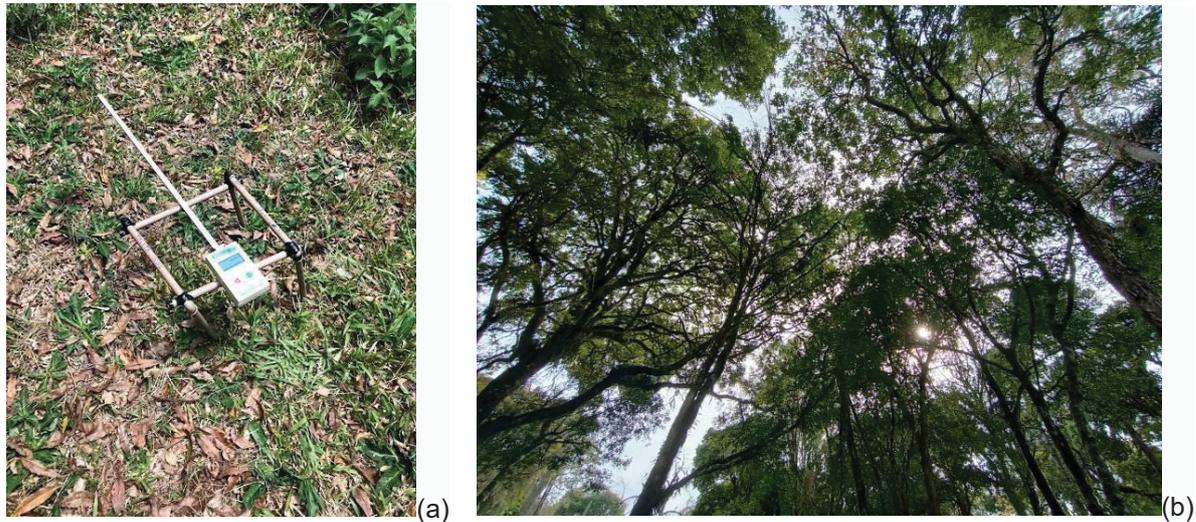
Três sub-amostras de solo foram coletadas aleatoriamente, em cada parcela, nos meses de novembro de 2021 e novembro de 2022, sendo as coletas realizadas em três profundidades: 0-5cm; 5-10cm e 10-20cm. Em cada coleta, as sub-amostras de cada parcela foram agrupadas, para cada profundidade, formando uma amostra composta/parcela. Após a coleta, as amostras compostas foram encaminhadas para o laboratório para análise do conteúdo de carbono. Para avaliação do carbono foi utilizado o método colorimétrico (Nelson; Sommers, 1983). O método baseia-se na leitura colorimétrica da cor verde do íon Cr(III) reduzido pelo carbono orgânico e utilizado o dicromato de sódio (Na₂Cr₂O₇).

A matéria orgânica foi obtida a partir das taxas de absorvância por espectrofotometria das amostras, para avaliação da fração lábil.

2.2.3.4 Monitoramento da Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA)

A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foi medida na área total do experimento em novembro/20; fevereiro/21 e abril/21, sendo um dia em cada mês, com céu claro, entre 11:00 e 13:00 horas, usando um medidor de PAR (*Photosynthetically Active Radiation*) digital portátil e fluxo de fótons fotossintéticos LightScout® (PPF; $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a 30 cm acima do nível do solo (Figura 2.8).

Figura 2.8 – Medidor de PAR digital portátil instalado para medição (a) e visão geral da copa das árvores em uma parte do SSP com árvores nativas (b).



2.2.3.5 Monitoramento dos atributos químicos do solo

Em função de problemas no armazenamento das amostras coletadas em novembro de 2021 e novembro de 2022, os atributos químicos do solo não puderam ser analisados com repetições. Dessa forma, optou-se por um monitoramento dos mesmos, apenas na profundidade de 0-20cm, por meio de uma amostra composta de cada tratamento. As mesmas foram enviadas ao laboratório para as seguintes análises: pH (potenciometria); teor de fósforo (P) solúvel (Mehlich-1/Calorimetria); alumínio trocável (Al); saturação de base (V%); e matéria orgânica do solo (Espectrofotometria de Absorção Atômica).

2.2.3.6 Análise de dados

Os dados da pastagem e do carbono do solo foram comparados por meio de ANOVA com medidas repetidas ao longo do tempo. Todos os resultados foram

testados quanto à normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância (teste de Levene). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey com 5% de significância. As análises foram realizadas com o suporte do programa Sisvar (Ferreira, E. A. *et al.*, 2019). Os dados de RFA e atributos químicos do solo são apresentados graficamente, não tendo sido analisados estatisticamente.

Os resultados da avaliação Botanal do estrato herbáceo foram submetidos à análise de ordenação, pelas coordenadas principais tendo a distância euclidiana como medida de semelhança. Foram selecionadas apenas as variáveis (massa seca das espécies) de correlação maior que 35% com pelo menos um dos eixos da ordenação. Para o conjunto das variáveis foi aplicado o teste multivariado de aleatorização comparando unidades amostrais a partir da distância euclidiana como medida de semelhança dentro das avaliações de junho de 2021 e novembro de 2021, com a utilização do software Multiv.

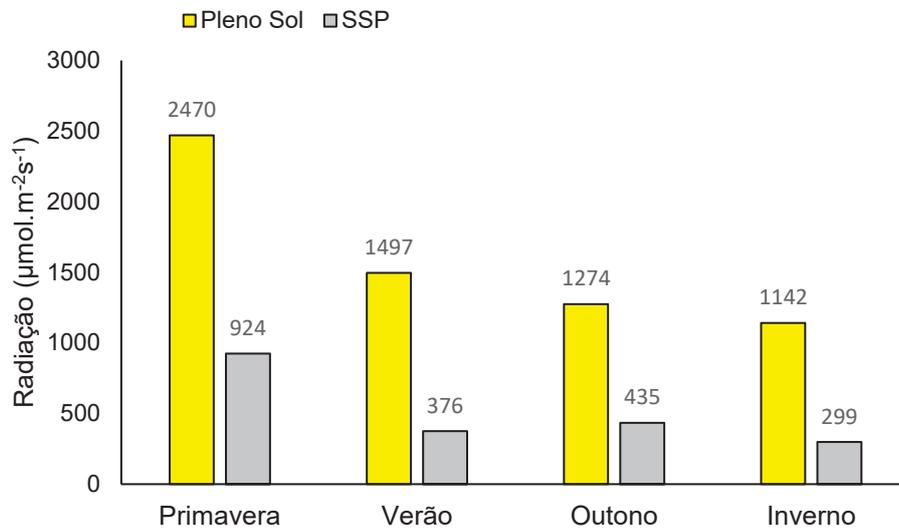
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA)

O monitoramento da radiação fotossinteticamente ativa, confirmou o baixo nível de luminosidade dentro da área experimental, sendo observado, em média, 30% de radiação na área experimental, em relação à radiação nas áreas a pleno Sol (Figura 2.9).

Ambientes cuja restrição luminosa gera modificações nos padrões de RFA, acabam por comprometer a capacidade fotossintética das plantas do sub-bosque, alterando o espectro da luz vermelho e vermelho distante (Santiago-Hernandez *et al.*, 2015). A maior parte do comprimento de onda azul e vermelho são absorvidos pela copa das árvores, alterando a quantidade e qualidade da radiação disponível para as forrageiras, alteração está que ocorre não só durante do dia, mas em diferentes épocas do ano e ao longo do tempo (Santos *et al.*, 2020).

Figura 2.9 – Média da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), medida em três estações do ano, dentro de um SSP com árvores nativas e a pleno Sol (Paraná, 2023).

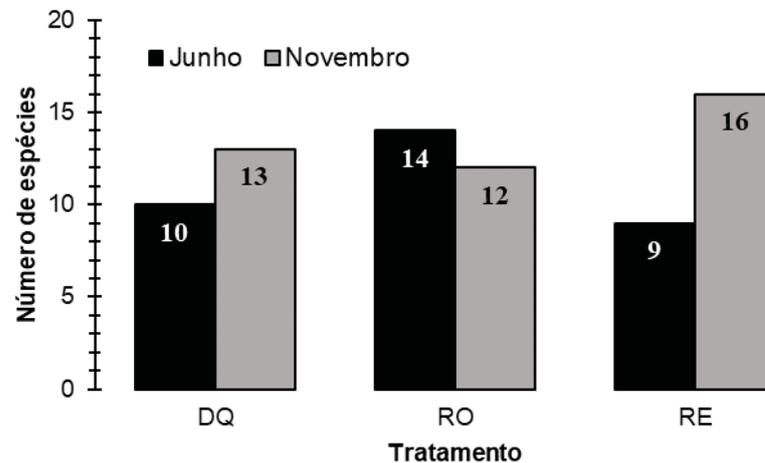


A presença de espécies arbóreas nativas, com densidades heterogêneas, como ocorre nos SSP tradicionais no Sul do Brasil, gera níveis de sombreamento variáveis em quantidade e em qualidade, fornecendo mais complexidade estrutural e funcional por meio de uma paisagem bastante heterogênea (Flinzberger *et al.*, 2020; Tohiran *et al.*, 2023).

2.3.2 Estrato herbáceo

Os resultados da avaliação do estrato herbáceo indicaram efeito dos tratamentos e da época de avaliação no número de espécies herbáceas (Figura 2.10), sendo que no total dos dois períodos de avaliação foram identificadas 21 espécies vegetais, distribuídas em 13 famílias botânicas, com destaque para a família Asteraceae, seguido da família Poaceae (APÊNDICE 1). A predominância de espécies da família Asteraceae no sub-bosque é comum em áreas antropizadas, já que a síndrome de dispersão destas plantas atua a partir de uma produção expressiva de diásporos, o que facilita a sua disseminação (Ferreira, A. G. *et al.*, 2001).

Figura 2.10 – Número de espécies herbáceas forrageiras e não forrageiras, em junho e em novembro de 2021 em um SSP com árvores nativas, após a implantação dos tratamentos de melhoria da pastagem (Paraná, 2023).



Onde: DQ = dessecação química; RO = roçada; RE = revolvimento do solo.

Embora as plantas do estrato herbáceo do interior das florestas sejam sensíveis a distúrbios, sendo um indicador importante para inferir sobre o estado de conservação e aspectos da dinâmica florestal (Gilliam, 2007), são poucos os estudos realizados neste componente nos inventários florestais no Sul do Brasil. No entanto, os resultados obtidos neste levantamento se assemelham aos obtidos por Citadini-Zanette *et al.* (2011) dentro de parcelas de FOM em uma área de preservação, o que contribuiu para fortalecer o papel dos SSP tradicionais no Sul do Brasil como importantes áreas de conservação da biodiversidade vegetal.

O maior número de espécies herbáceas ocorreu durante o levantamento da primavera, à exceção do tratamento com uso de roçadas, que apresentou maior número de espécies no inverno, o que não é esperado, pois durante o outono/inverno, em função das baixas temperaturas, geralmente, não há vegetação herbácea em desenvolvimento nos SSP tradicionais do Sul do Brasil. A missioneira gigante é uma espécie forrageira que utiliza da via metabólica C4 para a fixação do C, possuindo maior capacidade adaptativa, inclusive melhora da qualidade nutricional em ambientes com luminosidade reduzida (<50%) (Santiago-Hernandez *et al.*, 2016).

As plantas C4 apresentam altas taxas fotossintéticas quando expostas a luminosidade e temperaturas altas, ao reduzir a temperatura no período do inverno,

em combinação com a restrição luminosa pelo sombreamento do dossel florestal, há uma redução considerável na atividade metabólica da forrageira (Santos *et al.*, 2020).

Esse é, inclusive, um dos grandes desafios desse sistema, uma vez que, no período de inverno há uma redução significativa na produção forrageira e no número de espécies, levando aos animais a optarem por escolhas alimentares prejudiciais ao seu desenvolvimento, como folhas de erva-mate e brotações arbóreas, que modificam drasticamente o ambiente e os fazem perder peso ou mesmo perecerem (Pinotti; Hanisch; Negrelle, 2020).

Durante a avaliação de inverno foram identificadas 14 espécies no tratamento RO, já no período da primavera o maior número de registros foi para o tratamento RE. O diferencial entre ambos foi a abertura de covas para o plantio da missioneira-gigante no verão. Esse resultado culminou no aumento significativo no número de espécies no estrato herbáceo somente com a roçada como estratégia de controle de daninhas, reforça que esse método tem pouca efetividade no controle inicial da vegetação espontânea, pós plantio das mudas da pastagem.

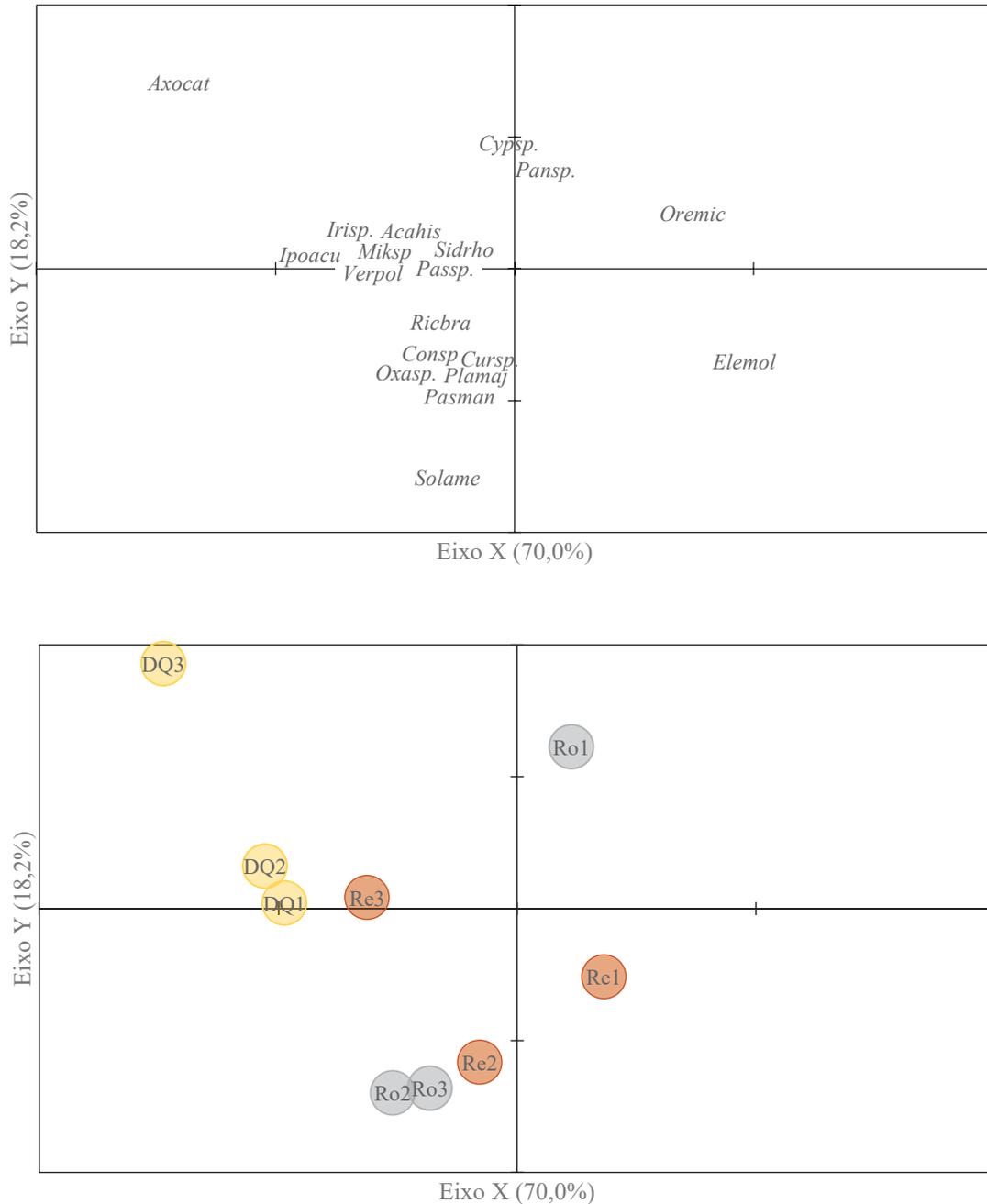
A presença de uma espécie está diretamente condicionada ao fornecimento de um ambiente adequado para a germinação das suas sementes, sendo que a luz atua diretamente neste processo, dependendo do nível de sensibilidade da espécie, pode ser: fotoblásticas positivas, que necessitam da presença da luz; fotoblásticas negativas, não requerem luminosidade para germinação e não fotoblásticas, podendo germinar na presença ou ausência de luz (Mondo *et al.*, 2001; Takaki, 2001).

O preparo do solo (RE), mesmo com uso um implemento com menor mobilização como o subsolador, promoveu o aparecimento do maior número de espécies herbáceas na avaliação de primavera, o que confirma o impacto dessa prática no banco de sementes do solo. Experiências em SSP tradicionais monitoradas pela Epagri tem confirmado o aumento significativo de plantas daninhas após o plantio da missioneira-gigante em áreas com preparo do solo, o que tem dificultado, inclusive a completa cobertura do solo pela gramínea (dados não publicados).

O uso da dessecação (DQ) como estratégia de controle das plantas espontâneas para o adequado estabelecimento da grama missioneira-gigante não diferiu, na primavera, no número de espécies, mas apresentou uma maior correlação com a massa seca da grama missioneira-gigante (Figura 2.11), o que indica que, apesar da presença das outras plantas, a missioneira-gigante apresentou um

crescimento mais vigoroso neste tratamento. Esse resultado reforça a importância do controle de daninhas na fase inicial de implantação dessa forrageira.

Figura 2.11 – Diagrama de ordenação e eixo de componentes principais, com as principais espécies de contribuição na análise de novembro/21 (Paraná, 2023).



Onde: Axocat = *Axonopus catharinensis*; Elemol = *Elephantopus mollis*; Irisp = *Iridaceae* sp.; Pasman = *Paspalum* sp.; VII = *Sida rhombifolia*; VIII = *Solanum viarum*.; DQ = dessecação química; RO = roçada; RE = revolvimento do solo.

Outra espécie que se destacou na análise foi *Elephantopus mollis* Kunth, uma planta altamente relacionada ao efeito antropogênico em remanescentes da FOM

(Kersten; Borgo; Galvão, 2015). Essa capacidade adaptativa à ambientes pastoris sombreados têm tornado essa espécie uma preocupação constante nos trabalhos de melhoria de SSP tradicionais no Sul do Brasil (Borges; Devides, 2021; Hanisch; Pianaro, 2021), uma vez que sua resistência à herbicidas é extremamente alta e sua disseminação é muito eficiente pela via rizomatosa.

A discussão no entorno do uso de herbicidas para alterar a base forrageira de SSP tradicionais impacta na questão da redução da diversidade do estrato herbáceo. E esse é, realmente, o foco da sua utilização. É importante lembrar que, o objetivo desta pesquisa é aumentar a produtividade animal nos SSP tradicionais através do aumento da produção forrageira, cuja base é uma gramínea perene de verão, de alta produtividade, adaptada ao sombreamento. E que após seu estabelecimento ocorre a adoção de uma série de técnicas da pecuária sustentável como adubação, correção do solo, controle do pastejo, sobressemeadura de inverno e uso intensivo do sistema ao longo do ano. Ou seja, essas áreas estão sendo tratadas como sistemas produtivos e não apenas como remanescentes florestais.

Implantar uma espécie forrageira dominante não impede a diversificação do estrato herbáceo. Quanto mais o solo for sendo recuperado, maior a oportunidade de inclusão de leguminosas forrageiras e de outras gramíneas anuais de inverno, que ampliem a biodiversidade acima e abaixo do solo (desenvolvimento de raízes em diferentes profundidades, por exemplo, com aumento da microvida) o que contribuiu para maior resiliência desse sistema e melhoria da dieta dos animais. Além disso, a manutenção do estrato arbóreo desses sistemas contribuiu para a manutenção de altos valores de diversidade, sendo que alguns SSP com espécies nativas com a adoção da melhoria de pastagens, mantêm valores de diversidade próximos a 70% dos valores observados em áreas protegidas de FOM (Hanisch *et al.*, 2020; Lacerda; Hanisch; Nimmo, 2020).

2.3.3 Produção de massa seca da pastagem

A fase mais emblemática do estabelecimento da missioneira-gigante em SSP com árvores nativas é o primeiro ano, uma vez que após a implantação há necessidade de a área permanecer fechada por um período de seis a oito meses para o livre crescimento da pastagem. No entanto, parte desse período, a pastagem cessa

seu crescimento, no Sul do Brasil, em função das baixas temperaturas do inverno. A fim de evitar que a área fique ociosa durante meses, é realizada a sobressemeadura com azevém (Hanisch; Dalgallo, 2020), que neste experimento, ocorreu em maio/21, sendo que os animais pastejaram a área de junho a outubro (Figura 2.12), quando foram retirados para que a missioneira-gigante se desenvolvesse.

Figura 2.12 – Vista geral da área experimental com pastejo das vacas no azevém sobressemeado sobre a missioneira-gigante implantada no verão, em um SSP com árvores nativas (Paraná, 2023).



Três meses após a retirada dos animais, em fevereiro de 2022, foi observado um adequado estabelecimento da pastagem nos três tratamentos, o que permitiu a realização do primeiro pastejo na missioneira-gigante, para uniformização da pastagem (Figura 2.13).

Não houve efeito do método de implantação da missioneira-gigante sobre a produção de massa seca da pastagem ao longo de período de abril a novembro de 2022, sendo que na média, os três tratamentos produziram em torno $7t \cdot ha^{-1}$ de massa seca (Tabela 2.2).

Tabela 2.2– Acúmulo e total de biomassa seca da vegetação herbácea de um SSP com árvores nativas, sobressemeada com azevém e submetida a diferentes estratégias para melhoria da pastagem perene. Turvo/PR, 2022.

	Dessecação	Roçada	Revolvimento	C.V. (%)	P>F
Abril/22	572	457	653	15,99	0,2937
Mai/22	617	600	685	9,26	0,4583
Junho/22	1004	1223	1269	25,57	0,7208
Julho/22	565	452	567	7,63	0,1564
Agosto/22	479	335	420	17,11	0,3210
Setembro/22	905	1370	1244 a	8,11	0,0824
Outubro/22	1172	1439	1013	25,79	0,519
Novembro/22	623	419	411	34,48	0,7847
TOTAL	6926 a	7059 a	7151 a	7,94	0,9246

Médias seguidas de letras iguais nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. C.V.=coeficiente de variação; P=probabilidade do teste F

A produção de forragem é sabidamente maior em sistemas não sombreados, entretanto as pastagens cultivadas sob sistema silvipastoril apresentam teor de proteína superior as pastagens sem sombra (Silva *et al.*, 2020). De acordo com Barros *et al.* (2018) o desempenho da produção forrageira em níveis de 45 a 20% de luz solar, podem ser melhorados, desde que a competição radicular seja reduzida, o que se julga difícil no caso deste estudo, principalmente nos primeiros anos, até que a pastagem perene possa alcançar seu pleno estabelecimento.

Figura 2.13 – Cobertura do solo (a) e pastejo de uniformização na missioneira-gigante (b), um ano após sua implantação em um SSP com árvores nativas (Paraná, 2023).



(a)



(b)

Em função do observado no método Botanal, com a maior correlação entre o tratamento com dessecação e a presença da missioneira-gigante (Figura 2.11), era esperado uma maior produtividade ao longo do primeiro ano no DQ, o que não foi observado.

Neste trabalho não foi possível avaliar a produção da missioneira-gigante durante todo seu período de produção (primavera/verão/outono), o que iria contribuir sobremaneira para a discussão sobre correlação entre impacto inicial das tecnologias x custos de implantação x benefícios do seu uso. No entanto, foi possível verificar que a presença da mesma foi eficiente em aumentar a produtividade no início da primavera, provavelmente por já iniciar seu crescimento nesse período (Krahl *et al.*, 2022), somando-se à produção de massa seca do azevém sobressemeado (Tabela 2.2)

Na região do Planalto Norte de Santa Catarina, tem sido observado produtividades da missioneira-gigante com sobressemeadura no inverno, variando de 7 a 12 t.ha⁻¹.ano⁻¹ de massa seca, mantendo-se um estrato arbóreo em torno de 300 árvores adultas por hectare, com 20 a 25 espécies nativas da FOM (Pinotti; Hanisch; Negrelle, 2018).

2.3.4 Carbono e demais atributos do solo

As alterações observadas na composição do estrato herbáceo e na produção de massa seca das pastagens cultivadas, não influenciaram os teores de carbono no solo (Tabela 2.3). Não houve efeito de tratamentos ($P=0,2821$), ou de anos ($P=0,3517$) ou da interação entre eles, sendo observado apenas efeito entre as profundidades avaliadas ($P=0,0000$).

Os maiores teores de C encontrados na amostra 0 a 5cm, pode ser relacionado ao desenvolvimento das raízes e homogeneidade destas nesta região em decorrência da contribuição radicular e dos caules de plantas mortas, devida a baixa luminosidade (Battisti *et al.*, 2018).

A duração da pastagem em um sistema de cultivo exerce influência direta ao longo do tempo, quanto ao armazenamento de C orgânico, em conjunto com o pastejo atuam na reciclagem direta de N, P e K (Martins *et al.*, 2020).

Os sistemas agroflorestais podem desempenhar um papel importante na mitigação das mudanças climáticas, tendo a capacidade de sequestrar o dióxido de carbono atmosférico (CO²) em partes de plantas e no solo. No solo, tem sido confirmado aumento nos teores de carbono quando o uso da terra muda de sistemas menos complexos, como sistemas agrícolas, para sistemas com aumento da complexidade da vegetação, como em remanescentes florestais (Sá *et al.*, 2018; De Stefano; Jacobson, 2017; Cárdenas *et al.*, 2019; Mayer *et al.*, 2022).

Tabela 2.3 – Teor de carbono no solo (g.dm⁻³) em três diferentes profundidades, na média de dois anos de avaliação, em um SSP com árvores nativas, submetido a diferentes estratégias de melhoria da pastagem (Paraná, 2023).

Tratamento	Profundidade (cm)		
	0 a 5	5 a 10	10 a 20
	C g.dm ⁻³		
RE	45 a A	33 a B	28 a C
RO	44 a A	37 a B	29 a C
DQ	47 a A	34 a B	29 a C

Onde: RE = revolvimento do solo; RO = roçada; DQ = dessecação química. Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas (entre tratamento) e maiúsculas nas linhas (entre profundidades), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O carbono do solo é um atributo variável, dependente de variáveis relacionadas ao manejo do solo, taxa de decomposição, histórico de uso da área e mesma das condições climáticas (Nanzer *et al.*, 2019), sendo que mesmo em SAFs com mais tempo de duração tem sido observada uma variabilidade muito grande. Em SAFs implantados ainda são escassos dados de média e longa duração, sendo que em áreas degradadas, que teoricamente poderiam acelerar o processo de armazenamento no solo, não tem sido observado incremento no carbono orgânico do solo em períodos menores de uma década (Celentano *et al.*, 2020).

De acordo com Aryal *et al.* (2022) estudos de avaliação do C em sistemas silvipastoris apresentam uma ampla variação, sendo diretamente dependentes das condições ecológicas locais, do histórico das áreas e da intensidade de manejo. Feliciano *et al.*, (2018) comentam que o acúmulo de C acima e abaixo do solo em sistemas com a presença de árvores, pode variar em função do desenvolvimento da população arbórea, onde nos primeiros anos há uma alta taxa de incorporação de C, durante a fase de pleno vigor, estas taxas reduzem drasticamente e se mantêm por vários anos.

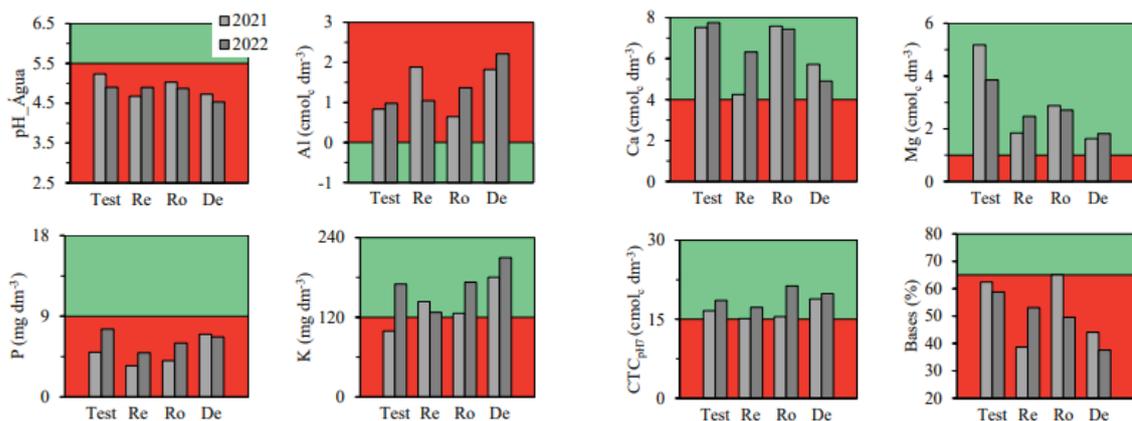
Estudos sugerem que mudanças drásticas no armazenamento de C do solo, só podem ser observadas com mais de 04 anos, além da sugestão apresentada pelo IPCC (1997) que recomenda um período mínimo de 20 anos para contabilização do sequestro de C no solo (Stockmann *et al.*, 2013;

Estudos sugerem que a presença do componente arbóreo seja eficiente em acúmulo de C na biomassa viva acima do solo, porém a contribuição deste componente para o turnover de biomassa e C armazenado abaixo do solo ainda é desconhecida (Morales Ruiz *et al.*, 2021; Montejo Martinez *et al.*, 2020).

A estratégia de adubação e correção do solo adotadas neste trabalho, não foram efetivas em melhorar os indicadores químicos do solo (Figura 2.14), sendo que o pH e os teores de P, Al e saturação de bases não alcançaram os limites críticos para o adequado cultivo de forrageiras perenes de verão (CQFS, 2016).

Além da adubação química, existem fatores que podem auxiliar no equilíbrio dos atributos químicos, como o aporte de esterco bovino, que contém cerca de 0,5% CaO, sendo que distribuído uniformemente, contribui para o aumento do pH do solo (Battisti *et al.*, 2018).

Figura 2.14 – Valores de pH e teores de alumínio, cálcio, magnésio, fósforo, potássio, CTC e saturação de bases de um solo de um SSP com espécies nativas, com diferentes estratégias de melhoria da pastagem, nos anos de 2021 e 2022 (Paraná, 2023).



Onde: RE = revolvimento do solo; RO = roçada; DQ = dessecação química; Test = pastagem naturalizada.

O fato de se realizar pastejo horário nesta área e os animais não ficarem permanentemente nos piquetes, faz com que haja a extração de nutrientes, por meio da deposição de fezes e urina para áreas marginais, como as utilizadas como descanso que não são as mesmas pastejadas.

A permanência dos animais nestes locais, que são aqueles onde há oferta de água eleva a concentração de P, K, Ca (Battisti *et al.*, 2018) nas áreas adjacentes ao descanso, alguns dos elementos que se encontram abaixo dos níveis adequados neste estudo.

2.4 CONCLUSÃO

A implantação da pastagem perene, independentemente do método utilizado, foi eficiente para o estabelecimento da missioneira-gigante, mas não foi capaz de alterar os teores de C do solo, no período avaliado.

Embora exista um consenso sobre a capacidade dos sistemas integrados em mitigar as mudanças climáticas, as estimativas obtidas neste estudo mostram que este é um processo lento e que deve ser avaliado a longo prazo, visto a interação entre os componentes avaliados e as particularidades existentes em cada um deles.

Com poucas exceções, ainda são escassas, as pesquisas com desenvolvimento de tecnologias que possam ser adotadas por sistemas tradicionais conservacionistas, como os SSP's com espécies nativas. Por outro lado, há uma demanda crescente da sociedade para valorização de sistemas que priorizem a conservação ambiental. A literatura que trata sobre os processos de implantação de pastagem perene e os teores de carbono no solo em profundidade, ou a longo prazo, são escassos, mesmo em um período em que a discussão sobre este tema é um dos assuntos mais comentados no âmbito global.

É preciso considerar ainda questões operacionais, que como já mencionado ainda são uma insegurança para os produtores, por exemplo, a necessidade de se tratar estes sistemas como lavouras de pasto, para que não se limite a disponibilidade de nutrientes e conseqüentemente a produtividade destas áreas. A adequação das taxas de lotação e categoria animal, adaptando a característica da espécie forrageira, podendo ser anual, perene, além da temporalidade de produção.

Tais estratégias devem ser definidas a nível regional e com base em características particulares de cada produtor, principalmente visando a melhoria dos serviços ecossistêmicos e o compromisso social da ciência com a comunidade.

Sem dúvida, os SSP's tradicionais do Sul do Brasil podem trazer uma contribuição substancial para o atendimento da meta do Plano ABC+ desde que sejam

investidos recursos para o desenvolvimento de tecnologias que promovam aumento da produtividade deles, mantendo a prestação de serviços ecossistêmicos, em especial ligados à conservação da biodiversidade.

3 ALTERAÇÕES NA BIOMASSA E NA REGENERAÇÃO DO COMPONENTE FLORESTAL EM SISTEMA SILVIPASTORIL COM ARVORES NATIVAS: O IMPACTO DA IMPLANTAÇÃO DA PASTAGEM PERENE

RESUMO

A ausência de estratégias de manejo que incentivem o uso sustentável do sistema silvipastoril em remanescentes florestais nativos, dificultam a continuidade da produção vegetal e animal e interferem nos serviços ecossistêmicos e nos teores de carbono potencial das espécies da Floresta Ombrófila Mista. O estudo foi realizado em uma propriedade no município de Turvo, Paraná e teve como objetivo, avaliar a composição florística, a deposição de serapilheira, distribuição diamétrica, área basal, incremento periódico, incremento periódico anual, biomassa florestal viva acima do solo (AGB) e a regeneração florestal em um sistema silvipastoril com bovinos de leite, sob influência de três métodos de implantação de pastagem perene *Axonopus catharinensis* no sub-bosque, em três repetições, em delineamento inteiramente casualizado, sendo: RE – revolvimento de solo; DQ – dessecação química e RO-roçada mecânica. Os dados foram obtidos a partir do diâmetro a altura do peito (DAP 1,30m) maior que 5 cm, nos anos de 2019, 2021 e 2023. Os quais foram estimados pela equação alométrica Paraná. O levantamento da regeneração florestal foi realizado no ano de 2023. A composição florística identificada foi compatível a Floresta Ombrófila Mista, sendo que as alterações na densidade absoluta (DA) para o período foram insignificantes. Em relação a distribuição diamétrica, verificou-se a existência de menores quantidades de indivíduos entre as classes intermediárias, em função provavelmente do manejo seletivo da área. A deposição de serapilheira indicou que o maior teor de C está ligado as folhas, sendo que o maior teor de C armazenado foi encontrado no tratamento DQ, considerando o período avaliado. Para as avaliações de área basal, incremento periódico e incremento periódico anual as espécies de maior contribuição foram *Ilex paraguariensis* e *Campomanesia xanthocarpa*. Os resultados para AGB e C no componente florestal apontaram um teor de 4,5 t.ha⁻¹ para DQ e 4,1 t.ha⁻¹ para RE no período de 2019 a 2023. O levantamento da regeneração florestal, contou com a presença de espécies de grande importância ecológica como *Ocotea porosa* e *Ocotea acutifolia*, com baixos valores de diversidade e alta dominância, sendo que para o tratamento RO não houve registro de indivíduos regenerantes. Indicando o quanto este manejo pode influenciar neste processo, mesmo após um período de isolamento. De forma geral o tratamento DQ obteve resultados mais satisfatórios em relação ao método de implantação da pastagem perene *Axonopus catharinensis*.

Palavras-chave: teor de carbono; floresta secundária; métodos indiretos.

ABSTRACT

The absence of management strategies that encourage the sustainable use of silvopastoral systems in native forest remnants, hinder the continuity of plant and animal production and interfere with ecosystem services and potential carbon stocks of the species of the Araucarian Mixed Forest. The study was carried out on a property in the municipality of Turvo, Paraná and aimed to evaluate the floristic composition, litter deposition, diametric distribution, basal area, periodic increment, annual periodic increment, aboveground live forest biomass (AGB) and forest regeneration in a silvopastoral system with dairy cattle, under the influence of three methods of implementing perennial pasture *Axonopus catharinensis* in the understory, in three replications, in a completely randomized design, as follows: TS – turned soil; CD – chemical desiccation; and MC- mechanical clearing. Data were obtained from the diameter at breast height (DBH 1.30m) greater than 5 cm, in the years 2019, 2021 and 2023. These were estimated by the Paraná allometric equation. The forest regeneration survey was carried out in the year 2023. The floristic composition identified was compatible with the Araucarina Mixed Forest, and changes in absolute density (AD) for the period were insignificant. Regarding the diametric distribution, it was verified the existence of failures between the intermediate classes, probably due to the selective management of the area. Litter deposition indicated that the largest stock of C is linked to the leaves, and the highest stocks of C were found in the DQ, considering the evaluated period. For basal area, periodic increment and annual periodic increment evaluations, the species with the highest contribution were *Ilex paraguariensis* and *Campomanesia xanthocarpa*. The results for AGB and C in the forest component pointed to a stock of 4.5 t ha⁻¹ for DQ and 4.1 t ha⁻¹ for RE in the period from 2019 to 2023. species of great ecological importance such as *Ocotea porosa* and *Ocotea acutifolia*, with low values of diversity and high dominance, and for the RO treatment there was no record of regenerating individuals. Indicating how much this management can influence this process, even after a period of isolation. In general, the DQ treatment obtained more satisfactory results in relation to the implantation method of the perennial pasture *Axonopus catharinensis*.

Keywords: carbon stock; secondary forest; indirect methods.

3.1 INTRODUÇÃO

Além de ser um importante estoque de carbono, as florestas em geral, desempenham um papel fundamental na regulação do clima e na manutenção da qualidade do ar e da água, além de tratar-se de um grande influente no comprometimento em relação a redução das emissões de gases de efeito estufa, em 43% até o ano de 2030 (Erthal *et al.*, 2023).

A Floresta Ombrófila Mista, uma vegetação característica da região Sul do Brasil, ocupava originalmente cerca de 200.000km² entre os estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina, São Paulo e parte de Minas Gerais (Fisch; Port; Dutra, 2023). Os poucos remanescentes desta vegetação concentram-se em áreas esparsas, sob diversos níveis de conservação, em áreas de preservação ou em áreas particulares com uso secundário ou indiscriminado, o que dificulta ações de manutenção e continuidade (Zanette *et al.*, 2017).

Segundo um estudo realizado por Higuchi e Carvalho Junior (1994), a Floresta Ombrófila Mista do Paraná armazena cerca de 400 toneladas de carbono por hectare na biomassa viva, enquanto a biomassa morta pode chegar a armazenar cerca de 120 toneladas por hectare. Estudos mais recentes realizados por Watzlawick e Garcia (2021), estimaram que a Floresta Ombrófila Mista secundária, estado em que se encontram a maioria dos remanescentes do Paraná, pode armazenar até 263 ton.ha⁻¹ de carbono por hectare na biomassa viva.

Uma vez que o carbono é armazenado tanto na biomassa viva quanto na morta, como troncos, galhos e folhas caídas no chão, a quantidade de carbono armazenado na floresta é influenciada por diversos fatores, como o clima, a topografia, a idade da floresta e a intensidade das perturbações naturais e antrópicas (Aryal *et al.*, 2022).

Considerando-se que parte significativa dos remanescentes da FOM encontram-se em propriedades rurais e são conservados devido ao uso, seja com a extração da erva-mate nativa ou como área de manutenção de rebanhos animais (Lacerda *et al.*, 2021), há necessidade de se conhecer o potencial desses sistemas como sequestrantes de carbono, tanto em seu manejo tradicional, quanto em situações em que se adotem estratégias de melhorias para aumento da produção.

No caso do uso dos remanescentes da FOM como sistema silvipastoril com espécies arbóreas nativas um limitante para o aumento da produção animal é o

manejo da pastagem existente no estrato herbáceo, em decorrência de fatores como a baixa interceptação luminosa da pastagem e o excesso do sombreamento exercido pelas árvores (Hanisch *et al.*, 2016). Em alguns casos a competição por fatores como nutrientes e água, podem afetar o desenvolvimento da forragem, bem como, a queda de folhas com uma lenta velocidade de degradação, gerando uma camada espessa, limitando a germinação e o rebrote da pastagem (Dos Anjos; Chaves, 2021). Enfatizando que além da interceptação luminosa o manejo exerce um papel fundamental nestes sistemas, determinando a produção da forrageira e respeitando as exigências ecofisiológicas da espécie (Krahl *et al.*, 2022).

A adoção de técnicas de manejo, principalmente aquelas relacionadas à melhoria de pastagens naturais, que envolvam a sobressemeadura de espécies forrageiras anuais, tem como objetivo minimizar o impacto ambiental e favorecer a conservação destes remanescentes (Pinotti; Hanisch; Negrelle, 2020).

A cobertura vegetal exerce um papel fundamental na manutenção dos atributos do solo, a partir do fornecimento de nutrientes pelas raízes (Gao *et al.*, 2022) e da secreção de substâncias cimentantes para a formação de agregados, sendo que as gramíneas são mais eficientes neste sentido, em função do seu sistema radicular extenso (Graham *et al.*, 2019). Gramíneas perenes possuem sistema radicular abundante e com produção de exsudatos uniforme, favorecendo a manutenção da matéria orgânica que é representada por 58% de carbono (Nanzer *et al.*, 2019).

As árvores disponibilizam e ciclaram nutrientes em maior profundidade, já as pastagens proporcionam a ciclagem de nutrientes e o aumento da matéria orgânica, se bem manejados (Korb *et al.*, 2022).

A hipótese deste estudo se constitui no fato de que, o método de preparo do solo para implantação de uma pastagem perene pode exercer influência sobre o acúmulo de biomassa arbórea, bem como no estrato regenerante florestal.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi a avaliação o impacto do preparo do solo no estabelecimento da pastagem perene e na biomassa florestal viva acima do solo e na regeneração arbórea, em um sistema silvipastoril com árvores nativas.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado no Município de Turvo, Paraná, Brasil 25°06' 27.6" S; 51°29'32.9" W, na região Centro-Sul do Paraná, localização com altitude média de 1.080 m.s.n.m., enquadrando os remanescentes da região na classificação de formação florestal Alto Montana, composta pela vegetação Floresta Ombrófila Mista (FOM) (IBGE, 2012).

A área destinada à implantação do experimento possui 1 hectare, sendo originalmente formada por árvores nativas remanescentes, com presença de pastagem naturalizada no sub-bosque, com taxa de luminosidade variável. O clima local é do tipo Cfb segundo a classificação Koppen (1948), as temperaturas no mês mais frio, em média apresentam-se abaixo dos 18°C, com ocorrência de geadas frequentes e verões frescos, com médias abaixo dos 22°C. As chuvas são bem distribuídas ao longo dos meses, sem estação seca definida (Peel *et al.*, 2007)

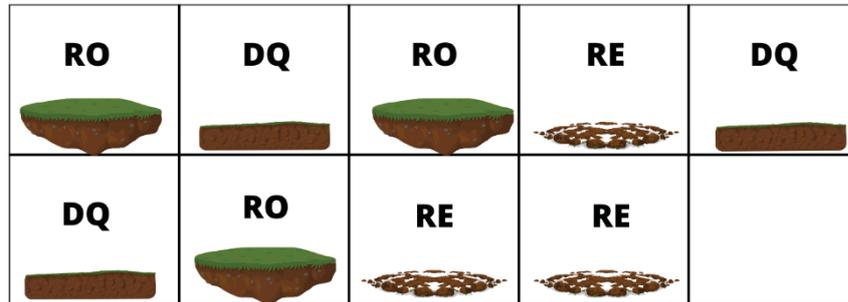
As atividades de campo foram conduzidas no período entre dezembro de 2019 a dezembro de 2022. Nesta área foram avaliados três métodos de preparo de solo, para plantio da pastagem perene missioneira-gigante (*Axonopus catharinensis*), em um delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Os métodos de preparo foram:

- Roçada (RO) – corte mecânico da vegetação com roçadeira costal, rente ao solo para implantação de pastagem perene;
- Dessecação química (DQ) – uso de herbicida dessecante para implantação da pastagem, utilizando 890g.ha⁻¹ de N-phosphonomethyl glycine;
- Revolvimento (RE) – mobilização mecânica do solo com arado subsolador a 40cm de profundidade, para a implantação de pastagem perene;

Em todos os tratamentos, foi realizada a sobressemeadura de azevém, para pastejo no período hibernal. A sobressemeadura foi realizada no período de abril a maio, dos anos de 2020, 2021 e 2022, a lanço, na densidade de 40 kg ha⁻¹.

A distribuição dos tratamentos está exemplificada na Figura 3.1 a seguir:

Figura 3.1. Croqui ilustrativo da distribuição dos tratamentos de preparo de solo para plantio da pastagem perene, na área experimental no sistema silvipastoril com árvores nativas em Turvo, Paraná, Brasil.



3.2.2 Avaliações

3.2.2.1 Composição florística e biomassa arbórea

Nos anos de 2019, 2021 e 2023 todas as árvores da área de um hectare foram medidas, com auxílio de fita métrica, obtendo-se medida de diâmetro a altura do peito (DAP 1,30 m), alocados em planilha de campo e posteriormente digitalizadas no *Microsoft Excel*. Todos os indivíduos foram identificados numericamente por meio de placa metálica, identificados taxonomicamente *in loco* por meio de material botânico, de modo a se chegar à classificação a nível de espécie. Aqueles com diâmetro $\geq 5,0$ cm, foram considerados ingressos.

A base para os cálculos foram as medições realizadas em 2019, 2021 e 2023 a partir dos quais foram calculados os parâmetros descritos por Mueller-Dombois e Ellenberg (1974). Foram calculados ainda as variáveis distribuição diamétrica, considerando classes de amplitude de 20 cm e o Incremento Periódico em Área Basal (IPg) e o Incremento Periódico Anual (IPA) (Quadro 3.1: Equações 1 e 2).

Após a classificação fitossociológica, os indivíduos foram classificados segundo o seu grupo ecológico, de acordo com Gandolfi (1995), que as divide em: pioneiras; secundárias iniciais; secundárias tardias.

As espécies tiveram ainda a atribuição da sua síndrome de dispersão de sementes, proposto por Van der Pijl (1969), sendo: anemocóricas, dispersas pelo vento, zoocóricas, dispersas por animais e autocóricas, auto dispersas.

Para quantificação de biomassa viva acima do solo foi utilizada a metodologia indireta a partir da equação Paraná, de acordo com Zanette *et al.* (2017) (Quadro 3.1: Equação 3).

O cálculo de acúmulo de biomassa foi realizado considerando a heterogeneidade da densidade florestal existente nas parcelas individuais dos tratamentos estudados, sendo assim os valores foram comparados a partir da sua contribuição em porcentagem (Quadro 3.1: Equação 4).

Quadro 3.1 – Equações utilizadas para os cálculos relativos à biomassa arbórea.

$IPg = g1 - g2 \quad (1)$	$IPA_{g=\frac{IPg}{T}} \quad (2)$
<p>Em que, IPg= incremento periódico em área; T= tempo entre as avaliações.</p>	
$B = 79,443 - 12,130 * dap + 0,655 * dap^2 \quad (3)$	
<p>Em que, B = biomassa florestal; dap = diâmetro a altura do peito ($\pm 1,30$).</p>	
$(B_{2023} - B_{2019})/B_{2019} * 100 \quad (4)$	
<p>Em que, B_{2023}= é o valor da biomassa florestal da última avaliação; B_{2019}= biomassa florestal da primeira avaliação.</p>	

3.2.2.2 Deposição de serapilheira florestal

As amostras de serapilheira total foram coletadas em novembro de 2020, 2021 e 2022, utilizando-se um gabarito metálico sendo lançado aleatoriamente três vezes dentro de cada parcela, medindo 0,25 x 1,50 m e seguidas as indicações propostas por Lorentz *et al.* (2015) (Figura 3.2a).

Após, as amostras foram levadas ao laboratório para separação dos componentes em: folhas, cascas, galhos finos (<1 cm) e resíduos (Figura 3.2b). Na sequência, o material foi levado para secagem em estufa a 60°C por 72h ou até peso

constante, que após aferido em balança de precisão, foi convertido em toneladas por hectare ($t \cdot ha^{-1}$).

Para se verificar a variação na deposição de serapilheira e consequente diferenças entre as parcelas, eliminando o fato de que a densidade florestal é variável entre elas, utilizou-se a equação conforme (Quadro 3.2: Equação 5).

Quadro 3.2 – Equação utilizada para cálculos relativos à deposição de serapilheira florestal.

$(S_f - S_i) / S_i * 100 \quad (5)$
<p>Em que,</p> <p>S_f= serapilheira da avaliação final 2022;</p> <p>S_i= serapilheira da avaliação inicial 2020.</p>

Figura 3.2 – Gabarito para amostragem de serapilheira (a) separação de serapilheira em resíduos, folhas, galhos finos e casca (b).



(a)



(b)

3.2.2.3 Estrato regenerante

Na área central de cada parcela, foram demarcadas três sub-parcelas medindo 1 x 1m, com auxílio de estacas de madeira, as quais foram excluídas do manejo de roçada pelo período de 03 meses, com o objetivo de verificar a ação do

gado e do manejo do solo na implantação da pastagem perene, sob a regeneração (Figura 3.3).

A delimitação das parcelas com a utilização de estacas garante a visualização do operador no momento da roçada, assegurando que a única ação de influência sobre as parcelas, seja dos animais em pastejo.

Figura 3.3 – Detalhe das parcelas de regeneração demarcadas com fitilho no dia da avaliação, para registro fotográfico em um SSP com árvores nativas (Paraná, 2023).



Em fevereiro de 2023 foi realizada a avaliação do estrato regenerante, sendo identificadas a nível de espécie todos os indivíduos arbóreos presentes nas parcelas amostradas, *in loco*, ou coletado material botânico para posterior identificação.

Para o estrato regenerante foram calculados os índices de diversidade de Shannon Weaver (H') (Shannon; Weaver, 1949), dominância de Simpson (D) (Mueller-Dombois; Ellenberg, 1974).

3.2.2.4 Análise de dados

Considerando o delineamento de blocos ao acaso, os dados tanto do estrato arbóreo, quanto do regenerante, foram submetidos a verificação de homogeneidade das variâncias a partir do teste Shapiro-Wilk, sendo alcançados os pressupostos, procedeu-se a Análise de variância, com auxílio do software Sisvar, os dados de biomassa viva acima do solo e deposição de serapilheira foram submetidos ao teste de comparação de médias de Tukey a 5% de probabilidade (Ferreira, 2011).

Com vistas a se estimar a quantidade de carbono estocada no componente arbóreo e na serapilheira, foram utilizados os fatores de conversão de 0,47 e 0,37 respectivamente, de acordo com a recomendação do IPCC (2006).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Composição florística

Durante o estudo florístico foram identificados 210 indivíduos, nos levantamentos de 2019 e 2021, 206 no levantamento de 2023, distribuídos em 19 gêneros e 10 famílias.

A densidade absoluta de indivíduos entre os anos avaliados não apresentou mudanças significativas indo de 3000 ind.ha⁻¹ durante os dois primeiros levantamentos, para 2943 ind.ha⁻¹, sendo que durante o experimento registrou-se a mortalidade de quatro indivíduos, sendo duas *Ilex paraguariensis*, uma *Casearia sylvestris* e uma *Feijoa sellowiana*, curiosamente, um em cada um dos tratamentos avaliados.

A mortalidade dos indivíduos pode ser influenciada por diversos fatores, entre os observados a campo, verificou-se a ocorrência de ventanias e a senescência de indivíduos de maior porte, o que indica a saída destes a partir do encerramento natural do seu ciclo de vida, não estando ligado as alterações pela implantação da pastagem perene.

Em seu trabalho Lisboa *et al.* (2019) comentam que a representação de indivíduos mortos em uma população, se bem distribuídas e sem indícios de

perturbações antrópicas estão comumente ligadas aos processos de dinâmica natural da sucessão florestal.

A Tabela 3.1 apresenta os resultados de grupo ecológico e síndrome de dispersão, densidade absoluta individual e valor de cobertura.

Tabela 3.1 – Composição florística de um SSP com árvores nativas, no período de 2019 a 2023, no município de Turvo, Paraná. Classificação das espécies encontradas de acordo com seu grupo ecológico (GE), síndrome de dispersão (SD), densidade absoluta (DA) em indivíduos por hectare e valor de cobertura (VC).

Família	Nome científico	Nome comum	SD	GE	DA (ind ha ⁻¹)				VC (%)			
					2019	2021	2023	2023	2019	2021	2023	2023
Araucariaceae	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	Araucária	Zoo	Sc	128,5	128,5	128,5	128,5	3,83	3,4	2,7	
	<i>Feijoa sellowiana</i> (Nees & Mart.) R. Rohde	Feijoa	Zoo	Si	28,5	28,5	14,2	14,2	2,16	1,8	0,5	
	<i>Eugenia uniflora</i> L.	Pitanga	Zoo	Sc	14,2	14,2	14,2	14,2	4,04	3,4	3,8	
Myrtaceae	<i>Calyptranthes grandifolia</i>	Guamirim-araçá	Zoo	Si	14,2	14,2	14,2	14,2	0,46	0,4	0,4	
	<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O. Berg	Sete capotes	Zoo	St	14,2	14,2	14,2	14,2	8,60	8,5	8,7	
	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O.Berg	Gabirola	Zoo	St	500	500	500	500	10,64	9,5	10,8	
	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Guaçatunga-cafezeiro	Zoo	Si	171,4	171,4	157,1	157,1	5,36	4,6	4,9	
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Guaçatunga	Zoo	P	85,7	85,7	85,7	85,7	2,24	1,9	1,6	
	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro	Ane	Si	14,2	14,2	14,2	14,2	1,04	0,9	1,0	
Meliaceae	<i>Cinnamomum camphora</i> (L.) J Presl.	Canfloreira	Zoo	St	14,2	14,2	14,2	14,2	0,91	0,8	0,3	
	<i>Ilex paraguayensis</i> A.St.-Hil.	Erva-mate	Zoo	St	1357,1	1357,1	1328,5	1328,5	22,68	22,6	22,6	
Aquifoliaceae	<i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek	Orelha de mico	Zoo	Si	14,2	14,2	14,2	14,2	4,91	11,7	9,0	
	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	Miguel pintado	Zoo	Si	85,7	85,7	85,7	85,7	1,53	1,5	1,5	
	<i>Myrcia arborescens</i> O.Berg	Guamirim	Zoo	Si	28,4	28,4	28,4	28,4	5,65	4,7	4,8	
	<i>Myrcianthes gigantea</i> (D. Legrand) D. Legrand	Araçatinga	Zoo	St	14,2	14,2	14,2	14,2	0,57	0,4	0,5	
	<i>Myrciaria delicatula</i> (DC.) O. Berg.	Araçá do mato	Zoo	St	42,8	42,8	42,8	42,8	0,99	0,9	1,0	
Sapindaceae	<i>Nectandra grandiflora</i> Ness	Canela amarela	Zoo	St	14,2	14,2	14,2	14,2	0,65	0,6	0,6	
	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	Canela imbuia	Zoo	St	142,8	142,8	142,8	142,8	2,81	2,7	2,8	
	<i>Ocotea acutifolia</i> (Nees) Mez	Canela branca	Zoo	St	157,1	157,1	157,1	157,1	9,57	8,7	9,2	
	<i>Ocotea porosa</i> (Nees & Mart) Barroso	Imbuia	Zoo	St	28,5	28,5	28,5	28,5	4,22	3,7	4,1	
Lauraceae	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Canela guaicaá	Zoo	St	14,2	14,2	14,2	14,2	3,13	2,5	3,0	
	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	Araçá-amarelo	Zoo	Si	28,5	28,5	28,5	28,5	0,94	0,8	0,9	
Areaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Jerivá	Zoo	Si	14,2	14,2	14,2	14,2	1,22	1,1	1,4	
Asteraceae	<i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) H. Rob.	Cambará-guaçu	Ane	P	42,8	42,8	42,8	42,8	1,72	1,6	1,8	
	TOTAL				2971,4	2971,4	2914,2	2914,2	100	100	100	

As famílias com maior diversidade de gêneros foram Sapindaceae (07), seguida de Myrtaceae (05) e Lauraceae (04). Sendo que as espécies identificadas são predominantemente dispersas zoocoricamente (88%) e as demais via anemocoria.

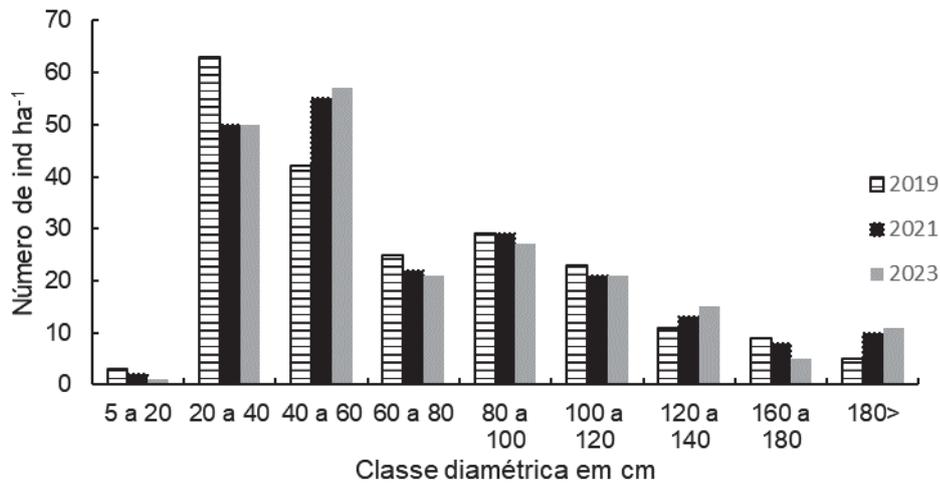
Este resultado é semelhante ao encontrado por Hanisch *et al.* (2021) ao avaliarem remanescentes de FOM no estado de Santa Catarina, atribuindo a síndrome de dispersão, principalmente a formação de corredores com áreas vizinhas e o fluxo de animais. A dispersão zoocórica é a principal responsável pela regeneração das florestas, pois além de dissipar propágulos em área já vegetadas, auxiliar a revegetação de áreas vizinhas (Ferreira *et al.*, 2013).

Quanto ao grupo sucessional a Araucária apresenta peculiaridades em seu comportamento, apresentando características tanto de pioneira, quanto de clímax (Soares, 1979). De acordo com Ferreira *et al.* (2013) as espécies secundárias tardias encontradas neste estudo, indicam um potencial promissor para recomposição desta tipologia florestal, além da presença de espécies importantes na recomposição de áreas degradadas.

A alteração na densidade de total de indivíduos entre os levantamentos de 2021 e 2023 esteve relacionada a mortalidade de 04 indivíduos, sendo 02 *Ilex paraguariensis*, 01 *Feijoa sellowiana* e 01 *Casearia sylvestris*. A mortalidade destes indivíduos não tem relação com os tratamentos avaliados, pois a área passou por diversas perturbações ambientais, sendo atingida por ventanias e tempestades que levaram a queda e/ou dano destes.

Na Figura 3.4 observa-se a evolução da distribuição diamétrica, onde os indivíduos foram agrupados em classes de 20 cm de amplitude, de modo que fosse possível verificar a migração entre as classes, desde as iniciais, até aquelas consideradas de grande porte.

Figura 3.4 – Evolução da distribuição diamétrica nos anos de 2019, 2021 e 2023 em um SSP com árvores nativas (Paraná, 2023).



As distribuições diamétricas para o fragmento amostrado não apresenta a característica de distribuição decrescente uniforme, no formato J-invertido esperada para esta tipologia florestal. Com poucas árvores existentes nas classes ingressantes dos 5 a 20 cm e uma grande concentração de indivíduos em classes de maior diâmetro, como de 40 a 60 cm. A assimetria da distribuição dada pela concentração de indivíduos em classes intermediárias indica a ocorrência de manejo seletivo em algum momento, o que acaba gerando “falhas” nas classes transitórias.

De acordo com Schons *et al.* (2020) esta distribuição multimodal se dá principalmente pela ocorrência de distúrbios, que acabam por afetar o recrutamento em um mesmo intervalo.

A presença de um baixo número de indivíduos nas classes de menor diâmetro, bem como ausência de ingressantes ao longo dos levantamentos, indica a baixa ocorrência do processo de regeneração florestal na área.

3.3.2 Biomassa viva acima do solo

A avaliação de biomassa viva a partir da equação Paraná estão apresentados na Tabela 3.2. Considerando o fato de que o aumento da biomassa é dependente do número de indivíduos e esta é variável entre os tratamentos como descrito nos dados de densidade absoluta já apresentados, a comparação em termos de aumento de biomassa, foi calculado em acúmulo percentual (Tabela 3.3).

Tabela 3.2 – Quantificação de biomassa viva acima do solo (Paraná, 2023).

Família	Nome científico	Nome comum	G (ha-1)			IPg (m ² ha ⁻¹) 2019 a 2023	IPA (m ² ha ano ⁻¹)
			2019	2021	2023		
Araucariaceae	<i>Araucaria angustifolia</i>	Araucária	144,6	133,8	129,8	0,28	0,05
	<i>Feijoa sellowiana</i>	Feijoa	57,9	21,6	57,3	2,51	0,42
	<i>Eugenia uniflora</i>	Pitanga	7,8	7,8	7,3	0,04	0,01
Myrtaceae	<i>Calyptanthes grandifolia</i>	Guamirim-araça	9,8	10,3	9,0	0,01	0
	<i>Campomanesia guazumifolia</i>	Sete capotes	298,1	308,4	265,5	0,09	0,01
	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	Guabiroba	144,1	130,9	134,7	3,00	0,50
Salicaceae	<i>Casearia decandra</i>	Guaçatunga-cafezeiro	74,1	52,5	68,1	0,23	0,04
	<i>Casearia sylvestris</i>	Guaçatunga	29,4	29,8	27,4	1,09	0,18
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	28,0	2,1	22,9	0,16	0,03
Canellaceae	<i>Cinnamomum camphora</i>	Canforeira	2,5	2,6	2,1	1,45	0,24
	<i>Ilex paraguariensis</i>	Erva-mate	511,3	332,7	159,4	12,13	2,02
Aquifoliaceae	<i>Ilex theezans</i>	Orelha de mico	3,9	4,1	3,4	0,05	0,01
	<i>Matayba elaeagnoides</i>	Miguel pintado	176,7	148,9	164,0	1,06	0,18
	<i>Myrcia arborescens</i>	Guamirim	13,1	13,3	12,7	0,04	0,01
	<i>Myrcia retorta</i>	Guamirim-ferro	11,2	11,6	11,2	0,03	0,01
	<i>Myrcianthes gigantea</i>	Araçatinga	10,3	10,5	9,5	0,07	0,01
Sapindaceae	<i>Myrciaria delicatula</i>	Araça do mato	16,0	16,2	13,9	0,16	0,03
	<i>Nectandra grandiflora</i>	Canela amarela	17,2	17,2	14,5	0,19	0,03
	<i>Nectandra megapotamica</i>	Canela imbuia	274,7	248,1	237,4	0,75	0,12
	<i>Ocotea acutifolia</i>	Canela branca	145,5	138,8	127,7	0,78	0,13
Lauraceae	<i>Ocotea porosa</i>	Imbuia	103,1	105,1	98,7	0,45	0,07
	<i>Ocotea puberula</i>	Canela guaicá	18,0	18,4	15,7	0,19	0,03
	<i>Psidium cattleianum</i>	Araça-amarelo	39,5	44,5	33,4	0,78	0,13
Arecaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	Jerivá	40,9	41,3	34,3	0,37	0,06
Asteraceae	<i>Vernonanthura discolor</i>	Cambará-guaçu	26,2	20,8	26,1	0,76	0,13
TOTAL			2205,0	1872,4	1687,3	27,17	4,53

Tabela 3.3 – Biomassa florestal e porcentagem de acúmulo da biomassa ao longo dos anos de 2019 a 2023, em um SSP com árvores nativas, a partir da implantação de pastagem perene (Paraná, 2023).

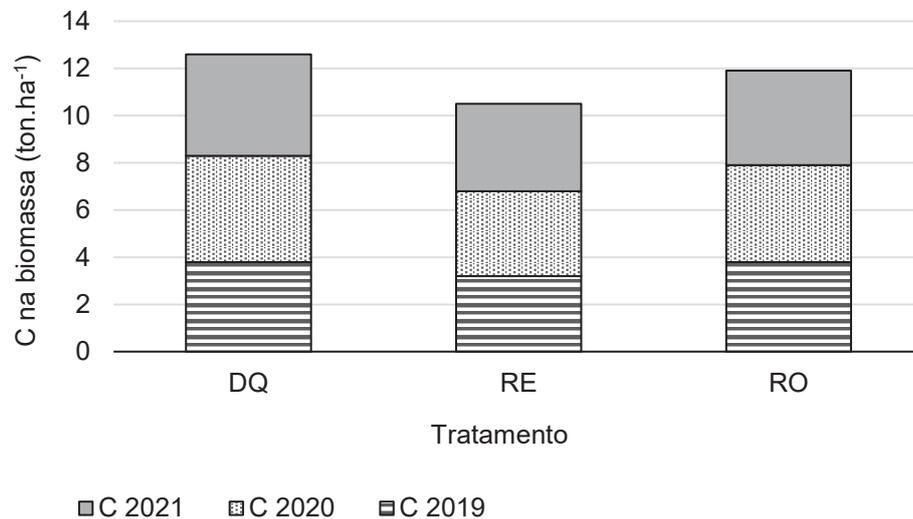
Tratamento	Biomassa (t.ha ⁻¹)			C na biomassa (t.ha ⁻¹) 2019 a 2023
	2019	2021	2023	
DQ	76634 A	90068 A	86285 A	4,5
RO	76082 A	82083 A	80388 A	2,0
RE	65199 A	73279 A	74007 A	4,1
CV %	21,94	22,54	17,78	62
Probabilidade	0,55	0,56	0,60	0,56

Médias seguidas de letras iguais, nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O aumento de biomassa está diretamente ligado ao crescimento da espécie, sendo que a distribuição dos indivíduos não segue um padrão ao longo da área de estudo, sendo que não houve diferença significativa entre os tratamentos para o teor de carbono na biomassa.

A diversidade de espécies, tamanhos e densidade relacionada as florestas nativas, leva a uma variação na determinação dos teores de C e biomassa, principalmente ao se considerar as características morfológicas das árvores como fustes bifurcados, copas com formas diversas (Veres *et al.*, 2019). Observa-se a evolução do teor de C na serapilheira dos tratamentos avaliados, nos anos de 2019, 2021 e 2023 conforme apresentado na Figura 3.5.

Figura 3.5 – Alterações no teor de C da biomassa viva acima do solo, no período de 2019 a 2023 em um sistema silvipastoril com árvores nativas, em diferentes manejos de solo (Paraná, 2023).



Não houve diferença significativa para os teores de C entre os tratamentos avaliados, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O componente florestal apresenta maior capacidade de remoção de C em fase de crescimento, sendo que ao atingir a maturidade o crescimento é estabilizado e a absorção de CO₂ reduzida (Carvalho *et al.*, 2010).

3.3.3 Deposição de serapilheira

Ao avaliar a deposição de serapilheira ao longo do experimento verificou-se que além de ser um componente representativo no sistema, a camada superficial formada pela deposição, principalmente de folhas representou uma barreira

significativa ao estabelecimento da missioneira-gigante, pois dificultava o desenvolvimento de estolões.

Apesar da separação do material não contemplar a caracterização das espécies, é importante citar a quão significativa foi a deposição de material da guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa*), tanto de folhas, quanto de frutos (Figura 3.6).

Figura 3.6 – Deposição de folhas e frutos de Guabiroba em um SSP com árvores nativas, evidenciando a influência da serapilheira na superfície do solo (Paraná, 2023).



Em seu estudo Fish, Port e Dutra (2023) ao avaliar a serapilheira em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista, verificaram a dominância de deposição de material advindo das folhas, sendo que musgos, pteridófitas e gramíneas tiveram uma participação baixa na composição.

A serapilheira é a primeira etapa da transferência de nutrientes para o solo, visto que a entrada de C por esta via e a decomposição radicular são contínuos (Battisti *et al.*, 2018).

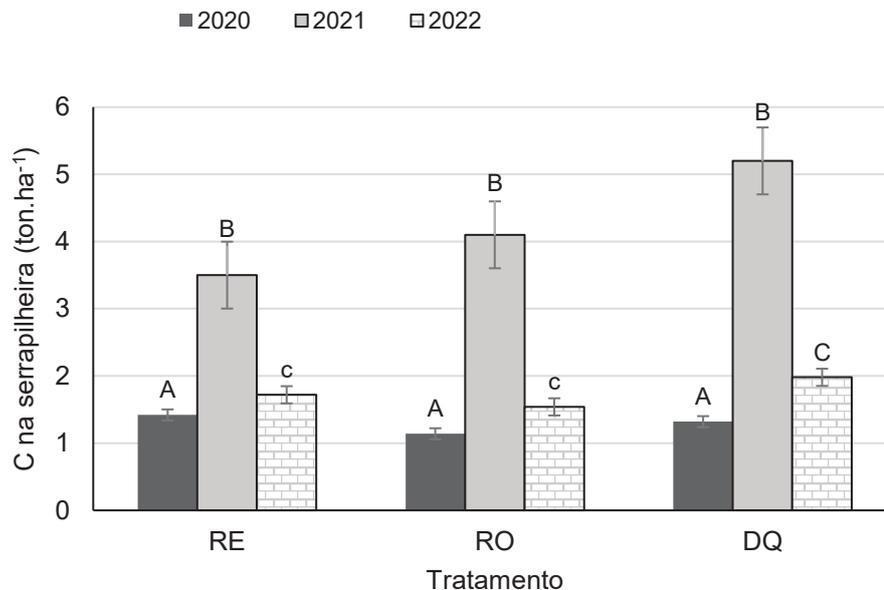
De modo que se possa verificar a contribuição de cada elemento no teor de carbono do sistema foram divididos em compartimentos, sendo apresentado na Tabela 3.4, além das alterações no teor total de carbono (Figura 3.7).

Tabela 3.4 – Contribuição dos componentes da serrapilheira no teor de carbono, ao longo dos levantamentos de 2020 a 2022 (Paraná, 2023).

Tratamento	Contribuição na serrapilheira 2020 %	Contribuição na serrapilheira 2021 %	Contribuição na serrapilheira 2022 %
Folhas			
DQ	81,9	60,8	83,9
RE	73,8	67,5	77,3
RO	73	76,2	77,9
Galhos finos			
DQ	8,3	22,9	12
RE	20,27	26,6	18,8
RO	12,50	16,6	18,2
Casca			
DQ	1,9	4,1	0,8
RE	2,5	2,9	1,6
RO	0	2,9	1,3
Resíduos			
DQ	7,7	12	3,1
RE	3,3	2,9	2,1
RO	14,4	4,16	2,5

RE = revolvimento do solo; RO = roçada; DQ = dessecação química.

Figura 3.7 – Teor de C na serrapilheira no período de três anos, em um SSP com árvores nativas sob diferentes manejos de solo para implantação da pastagem perene (Paraná, 2023).



Médias seguidas de letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Em trabalhos analisados a partir do estudo de Feliciano *et al.* (2018) verificou-se que o teor de C acima do solo em florestas tropicais, é capaz de compensar de 5

a 20 hectares de desmatamento. Durante as avaliações nos anos de 2020 e 2021 não houve diferença significativa entre os tratamentos para os teores de C na serapilheira. No ano de 2022 os maiores teores foram verificados no tratamento DQ.

O armazenamento de C na serapilheira também está ligado ao tipo de uso do solo e pode variar significativamente de acordo com o sistema avaliado. Aryal *et al.* (2022) encontraram valores de 0,93 a 2,84 mgC.ha⁻¹ na serapilheira, valores os quais o presente estudo se encaixa no intervalo. Com o menor valor de 1,1 t.ha⁻¹ para o tratamento RO em 2020 e o maior valor de 2,3 t.ha⁻¹ para DQ em 2022.

3.3.4 Composição do estrato regenerante

Durante a amostragem do estrato regenerante, foram identificados indivíduos juvenis de *Ocotea porosa*, *Ilex paraguariensis*, *Ocotea acutifolia*, *Psidium cattleianum*, e *Casearia decandra*, sendo que no tratamento roçada (RO) não foi registrada a presença de indivíduos na área amostral (Figura 3.8). Na Tabela 3.5 estão apresentados os resultados da avaliação de regeneração florestal.

Tabela 3.5 – Número de indivíduos (Ni) do estrato regenerante sob diferentes manejos de solo para implantação de pastagem perene, em SSP com árvores nativas e índices de diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (D) (Paraná, 2023).

Tratamento	Ni	Nome científico	Família	Shannon (H')	Simpson (D)
	1	<i>Ocotea acutifolia</i>	Lauraceae		
	1	<i>Ilex paraguariensis</i>	Aquifoliaceae		
RE	1	<i>Psidium cattleianum</i>	Myrtaceae	0,96	1,00
	2	<i>Casearia decandra</i>	Salicaceae		
RO	-	-	-	-	1,00
DQ	3	<i>Ocotea porosa</i>	Lauraceae	0,35	1,00
TOTAL	8	5	4		

Os indivíduos de maior porte, em geral, enfrentam menor competição por recursos, principalmente luz, pelo seu acesso a estratos superiores da floresta, consequentemente, aqueles, constituintes do estrato regenerante sofrem a ação constante de influências competitivas, até que se tornem ingressos.

Figura 3.8 – Detalhe de uma semente de *Ocotea porosa* em início de germinação encontrada na área de estudo (Paraná, 2023).



Em seu trabalho Hanisch *et al.* (2022) comentam que o inventário Florístico Florestal de Santa Catarina registrou cerca de 14 espécies em regeneração, sendo que em seu estudo, foram encontradas 24 espécies ao se avaliar um sistema silvipastoril sob Floresta de Araucária, valores muito superiores aos encontrados neste estudo.

A ocorrência da regeneração com valores baixos de diversidade, representados pelo índice de Shannon, refletem a análise realizada por Cárdenas *et al.*, (2019) que ao avaliar a estrutura ecológica de um sistema silvipastoril, inferiram quem a maior densidade arbórea, não reflete necessariamente em maior diversidade.

Ainda ao se observar resultados em sistema silvipastoril com características semelhantes as deste estudo, verifica-se que a diversidade destas áreas, mesmo sob diferentes manejos de pastagem encontram-se muito superiores a este H' 2,23, 2,41 e 2,30 (Hanisch *et al.*, 2021).

No que se refere as espécies encontradas durante a avaliação, verifica-se a ocorrência de *Ilex paraguariensis*, é conhecida por produzir muitas sementes que são dispersas por aves frugívoras, porém essas sementes podem permanecer em dormência no solo por um longo período, devido ao embrião imaturo no momento da frutificação. Sendo que o registro de indivíduos em estágios iniciais de desenvolvimento dessa espécie requer um monitoramento de longo prazo (Pinotti;

Hanisch; Negrelle, 2020) o que indica a presença de condições favoráveis ao aparecimento da espécie na área de estudo.

É importante se destacar a influência da roçada sob o estrato regenerante, podendo ser verificada não somente neste trabalho, mas como citado por Hanisch *et al.* (2021); Pinotti; Hanisch; Negrelle (2020).

Evidências tem mostrado que incorporar árvores em um sistema, além de restaurar a fertilidade do solo, tem a capacidade de aumentar a produção animal, tornando esta estratégia uma alternativa dupla, que não venha somente a contribuir com o sequestro de C, mas na conservação da biodiversidade e a resiliência do ecossistema (Aryal *et al.*, 2022).

3.4 CONCLUSÃO

Em conclusão a este estudo verificou-se que o sistema silvipastoril avaliado tem capacidade de estoque de carbono a partir da implantação da pastagem perene.

Os resultados apresentados em relação aos estoques de C nos diversos componentes do sistema, são fundamentais no desenvolvimento de modelos potenciais de mitigação da emissão de gases de efeito estufa.

Técnicas que possibilitem o aumento da regeneração, como o enriquecimento controlado destes ambientes, também são imprescindíveis na sua manutenção, considerando que a presença de indivíduos mais velhos e a ausência de classes ingressas pode vir a extinguir espécies.

Devido à complexidade destes sistemas e lentidão da efetivação de alguns processos biológicos, sugere-se que sejam realizados mais estudos, principalmente aqueles que verifiquem a resposta do C armazenado no solo em maiores profundidades, por tratar-se de indivíduos com sistema radicular profundo e a resposta destes a longo prazo.

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir deste estudo, espera-se ter deixado claro as lacunas existentes nas metodologias empregadas para a melhoria do silvipastoralismo na região Sul do Brasil, bem como aquelas já existentes que possam ser replicadas, possibilitando a melhoria de pastagens nestes ambientes. A falta de tecnologias próprias, que

atendam as características ímpares destes ambientes, definitivamente colocam a sua continuidade em risco.

Considerando o mercado atual a implantação da missioneira gigante, com vistas a substituir as plantas herbáceas do sub-bosque, encontra-se em torno de R\$6.000,00 ha (R\$0,15 a muda), um investimento inicial relativamente baixo, se considerado a capacidade produtiva da pastagem.

Além da missioneira gigante pode se sugerir a implantação de espécies de fabáceas em consórcio, como *Arachis pintoii*, o que ainda requer mais estudos quanto ao desenvolvimento desta combinação.

Os sistemas silvipastoris, além da sua importância econômica, se apresentam como uma opção alternativa do ponto de vista ambiental, visto que além da melhoria da qualidade do solo e da água, fornecem um ambiente a ser habitado por diversos organismos e atuam como corredores de biodiversidade.

As áreas submetidas ao processo de regeneração natural, em sua maioria, apresentam baixa resiliência, tornando necessário o desenvolvimento de estratégias que enriqueçam controladamente além do estrato herbáceo, aumentando a diversidade da composição arbórea destes remanescentes.

É fato que espelhar-se em metodologias já desenvolvidas pode auxiliar no desenvolvimento de estratégias de melhoria, mas o que nos intriga é a real necessidade de se intervir nestes ambientes, sendo que estudos que levam em consideração a diversidade natural destas áreas, são escassos. Um exemplo é o potencial de produtividade da grama comum (*Axonopus compressus*), espécie a qual pouco se sabe, não foram estudadas suas exigências em fertilidade e manejo e apresenta um desenvolvimento muito satisfatório nestes ambientes.

3.6 REFERÊNCIAS GERAIS

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L.; BEDNARZ, J. A. The Faxinal System: Forest fragmentation and soil degradation on the communal grazing land: Soil degradation. **Singapore journal of tropical geography**, v. 40, n. 1, p. 34–49, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/sjtq.12258>

ARYAL, D. R.; MORALES-RUIZ, D. E.; LÓPEZ-CRUZ, S.; et al. Silvopastoral systems and remnant forests enhance carbon storage in livestock-dominated landscapes in Mexico. **Scientific reports**, v. 12, n. 1, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-022-21089-4>

BALDISSERA, T. C.; PONTES, L. DA S.; GIOSTRI, A. F.; et al. Sward structure and relationship between canopy height and light interception for tropical C4 grasses growing under trees. **Crop & pasture science**, v. 67, n. 11, p. 1199, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1071/cp16067>

BARROS, F. M. DO R.; FRACETTO, G. G. M.; FRACETTO, F. J. C.; et al. Silvopastoral systems drive the nitrogen-cycling bacterial community in soil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n. 3, p. 281–290, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1413-70542018423031117>

BATTISTI, L. F. Z.; SCHMITT FILHO, A. L.; LOSS, A.; SINISGALLI, P. A. de A. Soil chemical attributes in a high biodiversity silvopastoral system. **Acta agronomica**, v. 67, n. 4, p. 486–493, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v67n4.70180>

BORGES, W. L. B.; DEVIDE, A. C. P. O componente arbóreo na pecuária sustentável. In: BERNACCI, L. C.; BORGES, W. L. B.; DEVIDE, A. C. P.; DE MARIA, I. C. (Orgs.) **Sistemas Agroflorestais: experiências no âmbito da APTA**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2021, p. 100–121. (Documentos IAC, 118). Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/354087632> Acesso em: 06 ago. 2023.

BUDOWSKI, G. Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional processes. **Turrialba**, v. 15, n. 1, p. 40-42, 1965.

CAMACHO, P. A. G.; PINTO, C. E.; LOPES, C. F.; et al. Intensification of pasture-based animal production system has little short-term effect on soil carbon stock in the southern Brazilian highland. **Agronomy (Basel, Switzerland)**, v. 13, n. 3, p. 850, 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy13030850>

CÁRDENAS, A.; MOLINER, A.; HONTORIA, C.; IBRAHIM, M. Ecological structure and carbon storage in traditional silvopastoral systems in Nicaragua. **Agroforestry systems**, v. 93, n. 1, p. 229–239, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10457-018-0234-6>

CARDINAE, R.; CADISCH, G.; GOSME, M.; et al. Climate change mitigation and adaptation in agriculture: Why agroforestry should be part of the solution. **Agriculture**,

ecosystems & environment, v. 319, n. 107555, p. 107555, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2021.107555>

CARLISLE, L. Diversity, flexibility, and the resilience effect: lessons from a social-ecological case study of diversified farming in the northern Great Plains, USA. **Ecology and Society**, v. 19, n. 3, 2014. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/26269620>
Acesso em: 02 ago. 2023.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; et al. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 277–290, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832010000200001>

CELENTANO, D.; ROUSSEAU, G. X.; PAIXÃO, L.S.; LOURENÇO, F.; CARDOZO, E.G.; RODRIGUES, T.O; OLIVEIRA REIS, F. Carbon sequestration and nutrient cycling in agroforestry systems on degraded soils of Eastern Amazon, Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 94, p. 1781-1792. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00496-4> Acesso em: 31 ago. 2023.

CITADINI-ZANETTE, V.; PEREIRA, J. L.; JARENKOW, J. A.; et al. Estrutura da sinúsia herbácea em Floresta Ombrófila Mista no Parque Nacional de Aparados da Serra, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, [S. l.], v. 9, n. 1, 2011. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/rbrasbioci/article/view/115401> Acesso em: 6 ago. 2023.

CQFS. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 376 p., 2016.

DAVIS, A. S.; HILL, J. D.; CHASE, C. A.; JOHANNIS, A. M.; LIEBMAN, M. Increasing cropping system diversity balances productivity, profitability and environmental health. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047149> Acesso em: 28 ago. 2023.

DE STEFANO, A.; JACOBSON, M. G. Soil carbon sequestration in agroforestry systems: a meta-analysis. **Agroforestry systems**, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10457-017-0147-9>

DOS ANJOS, A. J.; CHAVES, C. S. Características do componente forrageiro em sistemas silvipastoris. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 3, p. 53–64, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.36560/14320211239>

DUBE, F.; THEVATHASAN, N. V.; ZAGAL, E.; et al. Carbon sequestration potential of silvopastoral and other land use systems in the Chilean Patagonia. **Advances in Agroforestry**. p.101–127, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-007-1630-8_6

ERTHAL, D. A.; BALBINOT, R.; BREUNIG, F. M.; ROSA, P. A. D. Dinâmica espacial do estoque de biomassa e carbono em remanescentes florestais no Rio Grande do

Sul – Brasil. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 8, n. 1, p. 01, 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/biofix.v8i1.86271>

EUCLIDES, V. P. B.; EUCLIDES FILHO, K. **Uso de animais na avaliação de forrageiras**. Campo Grande: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, 1998. 59p. (Série Documentos, 74). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/318251> Acesso em: 06 ago. 2023.

FELDHAKE, C. M.; NEEL, J. P. S.; BELESKY, D. P. Establishment and production from thinned mature deciduous-forest silvopastures in Appalachia. **Agroforestry systems**, v. 79, p. 31-37, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10457-010-9289-8>

FELICIANO, D.; LEDO, A.; HILLIER, J.; NAYAK, D. R. Which agroforestry options give the greatest soil and above ground carbon benefits in different world regions? **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 254, p. 117–129, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.032>

FELICIANO, D.; LEDO, A.; HILLIER, J.; NAYAK, D. R. Which agroforestry options give the greatest soil and above ground carbon benefits in different world regions?. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 254, p. 117-129, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.032>

FERREIRA, A. G.; CASSOL, B.; ROSA, S. G. T. DA; et al. Germinação de sementes de Asteraceae nativas no Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta botânica Brasilica**, v. 15, n. 2, p. 231–242, 2001. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-33062001000200009>

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542011000600001>

FERREIRA, E. A.; PAIVA, M. C. G.; PEREIRA, G. A. M.; OLIVEIRA, M. C.; SILVA, E. D. B. Fitossociologia de plantas daninhas na cultura do milho submetida à aplicação de doses de nitrogênio. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 6, n. 2, p. 100–107, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.32404/rean.v6i2.2710>

FISCH, F.; PORT, D.; DUTRA, T. L. Avaliação da capacidade da fisionomia das folhas na serapilheira em refletir as condições do clima e a composição taxonômica em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no sul do Brasil. **Revista Acta Ambiental Catarinense**, v. 20, n. 1, p. 01–19, 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.24021/raac.v20i1.6957>

FLINZBERGER, L., ZINNGREBE, Y. & PLIENINGER, T. Labelling in Mediterranean agroforestry landscapes: a Delphi study on relevant sustainability indicators. **Sustain Sci**, v. 15, p. 1369–1382, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00800-2>
FLORA e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> Acesso em: 06 ago. 2023

GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H. de F.; BEZERRA, C.L. F. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista brasileira de biologia**, v. 55, n. 4, p. 753-767, 1995. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Sergius-Gandolfi/publication/259471542_SERGIUS_GANDOLFI_HERMOGENES_DE_FREITAS_LEITAO_FILHO_e_CARLOS_LINEU_F_BEZERRA_LEVANTAMENTO_FLORISTICO_E_CARATER_SUCESSIONAL_DAS_ESPECIES_ARBUSTIVO-ARBOREAS_DE_UMA_FLORESTA_MESOFILA_SEMIDECIDUA_NO_MUNIC/links/00b7d52bf327d28d5d000000/SERGIUS-GANDOLFI-HERMOGENES-DE-FREITAS-LEITAO-FILHO-e-CARLOS-LINEU-F-BEZERRA-LEVANTAMENTO-FLORISTICO-E-CARATER-SUCESSIONAL-DAS-ESPECIES-ARBUSTIVO-ARBOREAS-DE-UMA-FLORESTA-MESOFILA-SEMIDECIDUA-NO-MUNI.pdf

GAO, P.; ZHU, J.; YANG, K.; et al. Can larch-Aralia elata agroforestry systems improve the soil chemical and microbial properties of larch plantations? **Agroforestry systems**, v. 96, n. 5–6, p. 885–896, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10457-022-00748-5>

GARDNER, A. L. **Técnicas de pesquisa em pastagens e aplicabilidade de resultados em sistemas de produção**. Brasília: IICA/EMBRAPA, 1986. 204p. (Série Publicações Miscelâneas, 634). Disponível em: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/16852> Acesso em: 06 ago. 2023.

GILLIAM, F. S. The ecological significance of the herbaceous layer in temperate forest ecosystems. **BioScience**, v. 57, n. 10, p. 845-858, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1641/B571007> Acesso em: 31 ago. 2023.

GRAHAM, J.; VORONEY, P.; COLEMAN, B.; et al. Quantifying soil organic carbon stocks in herbaceous biomass crops grown in Ontario, Canada. **Agroforestry Systems**, v. 93, n. 5, p. 1627–1635, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10457-018-0272-0>

HANISCH, A. L.; . Atributos de solo afetados pela aplicação de cinza calcítica® e fosfato natural em ecossistema associado caíva. **Agropecuária Catarinense**, v. 27, n. 2, p. 70-75, 2014. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/575>

HANISCH, A. L.; DALGALLO, D. Melhoria produtiva de caívas com a introdução da grama missioneira-gigante. **Boletim Didático**, [S. l.], n. 157, 2020. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BD/article/view/1073> Acesso em: 6 ago. 2023.

HANISCH, A. L.; JUNIOR, A. A. B.; DA VEIGA, M.; DA FONSECA, J. A.; DALGALLO, D. Melhoria produtiva de caívas com a introdução da grama missioneira-gigante. **Boletim Didático**, n. 157, 2020. Recuperado de <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BD/article/view/1073>

HANISCH, A. L.; NEGRELLE, R. R. B.; MONTEIRO, et al. Combining silvopastoral systems with forest conservation: The caíva system in the Araucaria Forest, Southern Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 96, n. 4, p. 759–771, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10457-022-00738-7>

HANISCH, A. L.; PIANARO, V. Estratégias para controle de plantas invasoras de pastagens em áreas de caívas. In: Congresso Virtual de Agronomia, 9, 2021, Online. **Anais...** São Paulo, SP: CONVIBRA, 2021. Disponível em: <https://convibra.org/publicacao/26239/> Acesso em: 06 ago. 2023.

HANISCH, A. L.; PINOTTI, L. C. A.; LACERDA, A. E. B. DE; et al. Impactos do pastejo do gado e do manejo da pastagem sobre a regeneração arbórea em remanescentes de Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 3, p. 1278–1305, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509837902>

HANISCH, A. L.; RADOMSKI, M. I.; LACERDA, A. E. B. DE. Can Araucaria forest remnants regenerate after 70 years of animal husbandry? A case study on caívas in Southern Brazil. **Floresta**, v. 50, n. 3, p. 1537, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v50i3.64248>

HANISCH, A.L.; DALGALLO, D.; DE ALMEIDA, E. X., & NEGRELLE, R. R. B. Desempenho e composição química de missioneira-gigante cultivada em sistema silvipastoril tradicional em duas alturas de pastejo. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 59, n. 4, p. 345-351, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2421> Acesso em: 31 ago. 2023.

HANISCH, A.L.; RADOMSKI, M. I., BONA, L. C., & DA CUNHA MARQUES, A. . Melhoria da produção animal em áreas de caíva e sua contribuição para a viabilização de corredores ecológicos. **DRd-Desenvolvimento Regional em Debate**, v. 6, n. 2, p. 170-188, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.24302/drd.v6i2.1152> Acesso em 28 ago. 2023.

HIGUCHI, N.; CARVALHO JUNIOR, J. A. DE. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: Emissão x sequestro de CO₂ – Uma nova oportunidade de negócios para o Brasil, 1994. **Anais...** Rio de Janeiro: CVRD, 1994, p. 125–153. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/35086> Acesso em: 29 jul. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: 2 ed., 2012. 271p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=263011> Acesso em: 06 ago. 2023.

INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE (IPCC). Summary for Policymakers. In: SHUKLA, P. R.; SKEA, J.; CALVO BUENDIA, E.; et al. (Eds.) **Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems**. Switzerland, 2019. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/summary-for-policymakers/> Acesso em: 06 ago. 2023.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: agriculture, forestry and other land use**.

v. 4. Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2006. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html> Acesso em: 06 ago. 2023.

IPCC- International Panel Climate Change. R.T. Oliveira, M.C. Zinyowera, R.H.; Moss (Eds.), *The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability*, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido (1997).

JOSE, S.; DOLLINGER, J. Silvopasture: a sustainable livestock production system. **Agroforestry systems**, v. 93, n. 1, p. 1–9, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10457-019-00366-8>

KERSTEN, R. A.; BORGIO, M.; GALVÃO, F. Floresta Ombrófila Mista: aspectos fitogeográficos, ecológicos e métodos de estudo. In: EISENLOHR, P. V.; FELFILI, J. M.; DE MELO, M. M. R. F.; et al. (Eds.) **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso**, 1 ed. Viçosa: Editora UFV, pp.156-182, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/283459400> Acesso em: 29 jul. 2023.

KLINGMAN, D. L.; MILES, S. R.; MOTT, G. O. The cage method for determining consumption and yield of pasture herbage. **Agronomy Journal**, v. 35, n. 9, p. 739–746, 1943. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2134/agronj1943.00021962003500090001x>

KOPPEN, W. **Climatologia: com um estudio de los climas de La Tierra**. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 478p.

KORB, C. A.; GÖERGEN, C. T.; TEIXEIRA, C. A. M. B; et al. Atributos químicos do solo em um Sistema Silvopastoril de *Pinus elliottii* e forrageiras tropicais. **Salão do Conhecimento**, [S. l.], v. 8, n. 8, 2022. Disponível em: <https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaconhecimento/article/view/21971> Acesso em: 6 ago. 2023.

KRAHL, G.; BALDISSERA, T. C.; PINTO, C. E.; et al. Can pasture defoliation management targets be similar under full sun and shaded conditions? **Crop & pasture science**, v. 74, n. 3, p. 259–269, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1071/cp21592>

LACERDA, A. E. B.; HANISCH, A. L.; NIMMO, E. R. Leveraging traditional agroforestry practices to support sustainable and agrobiodiverse landscapes in Southern Brazil. **Land**, v. 9, n. 6, p. 176, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/land9060176>

LISBOA, G. D. S.; VERES, Q. J. I.; WATZLAWICK, L. F.; et al. Fitossociologia e dinâmica de crescimento em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual. **Nativa**, v. 7, n. 4, p. 452, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i4.6803>

LORENTZ, L. H.; VOGEL, H. L. M.; BOLIGON, A. A.; et al. Tamanho e forma da unidade amostral para quantificação da serapilheira em fragmento de floresta estacional subtropical. **Revista Árvore**, v. 39, n. 3, p. 513–521, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000300012>

MARQUES, A. D. A. C.; REIS, M. S. D. O. S.; DENARDIN, V. F. Yerba Mate landscapes: Forest use and Socio-environmental conservation. **Ambiente & sociedade**, v. 22, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc201702822vu2019l3ao>

MARTIN, G.; DURAND, J-L.; DURU, M.; et al. Role of ley pastures in tomorrow's cropping systems. A review. **Agronomy for sustainable development**, v. 40, n. 3, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s13593-020-00620-9>

MAURO, R. A.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; ALVES, F. V.; et al. (Eds.) **Diretrizes técnicas para produção pecuária sustentável com árvores nativas: Carbono Nativo (CN)**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2022. 32p. (Série Documentos, 303) Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1149563> Acesso em: 29 jul. 2023.

MAYER, S.; WIESMEIER, M.; SAKAMOTO, E.; et al Soil organic carbon sequestration in temperate agroforestry systems – A meta-analysis. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 323, n. 107689, p. 107689, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2021.107689>

MCGRODDY, M. E.; LERNER, A. M.; BURBANO, D. V.; et al. Carbon stocks in silvopastoral systems: A study from four communities in southeastern Ecuador. **Biotropica**, v. 47, n. 4, p. 407–415, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/btp.12225>

MELLO, A. J. M.; PERONI, N. Cultural landscapes of the Araucaria Forests in the northern plateau of Santa Catarina, Brazil. **Journal of ethnobiology and ethnomedicine**, v. 11, n. 1, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1186/s13002-015-0039-x>

MONDO, V. H.V.; CARVALHO, S. J. P. D.; DIAS, A. C. R.; MARCOS FILHO, J. Efeitos da luz e temperatura na germinação de sementes de quatro espécies de plantas daninhas do gênero *Digitaria*. **Revista Brasileira de sementes**, v. 32, p. 131-137, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000100015>

MONTEJO-MARTÍNEZ, D.; DÍAZ-ECHEVERRÍA, V. F.; VILLANUEVA-LÓPEZ, G.; ARYAL, D. R.; CASANOVA-LUGO, F.; CANUL-SOLÍS, J. R.; ESCOBEDO-MEX, J. G. Fine root density and vertical distribution of *Leucaena leucocephala* and grasses in silvopastoral systems under two harvest intervals. **Agroforestry Systems**, v. 94, p. 843–855, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00457-6>

MORA C.V.; SOLÓRZANO V. N. Pago de servicios ambientales a sistemas agroforestales en Costa Rica. In: 7. **Reunión de la Red Latinoamericana de Agricultura de Conservación y 2. Congreso Nacional de Agricultura Conservacionista: Los servicios ambientales y la agricultura conservacionista. Una opción para el Desarrollo Sostenible**. San José (Costa Rica) 16-19 Nov. 2004. 2004.

MORAIS JUNIOR, V. T. M.; FRANÇA, L. C. J.; SCHETTINI, B. L. S.; et al. Análise de risco no balanço de carbono de um Sistema Silvopastoril na zona da mata de Minas gerais. In: OLIVEIRA, R. J. (Org.). **Recursos Hídricos: gestão, planejamento e técnicas em pesquisa - Volume 2**. São Paulo: Editora Científica Digital, 2022, p.13–25. Disponível em: <https://doi.org/10.37885/220207581> Acesso em: 06 ago. 2023.

MORALES RUIZ, D. E.; ARYAL, D. R.; PINTO RUIZ, R.; GUEVARA HERNANDEZ, F.; CASANOVA LUGO, F.; VILLANUEVA LOPEZ, G. Carbon contents and fine root production in tropical silvopastoral systems. **Land Degradation & Development**, v. 32(2), p. 738-756, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ldr.3761>

MOSQUERA-LOSADA, M. R.; FREESE, D.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A. Carbon sequestration in European agroforestry systems. carbon sequestration potential of agroforestry systems: opportunities and challenges, p. 43-59, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-16821-4> Acesso em: 28 ago. 2023.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: Wiley, 1974. 546p. Disponível em: https://www.geobotany.org/library/pubs/Mueller-Dombois1974_AimsMethodsVegEcol_ch5.pdf

MURGUEITIO, E.; CALLE, Z.; URIBE, F.; et al. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. **Forest ecology and management**, v. 261, n. 10, p. 1654–1663, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2010.09.027>

NANZER, M. C.; ENSINAS, S. C.; BARBOSA, G. F.; et al. Estoque de carbono orgânico total e fracionamento granulométrico da matéria orgânica em sistemas de uso do solo no Cerrado. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 1, p. 136-145, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5965/223811711812019136>

NELSON, D. W.; SOMMERS, L. E. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: PAGE, A.L. (Ed.) **Methods of Soil Analysis**. Madison, WI, USA: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1983. p. 539-579. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c29> Acesso em: 06 ago. 2023.

PEREIRA, R.; CORDEIRO, N.; TERRA, M.; MELLO, J. Análise do carbono estocado de indivíduos perfilhados considerando diferentes metodologias. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 33, 2020. Disponível em: http://dx.doi.org/10.18677/encibio_2020c5

PINHEIRO SOUSA, A. P. W.; SOUSA, A. W. P. P. Comportamento do componente forrageiro e conforto térmico em sistema silvipastoril. **Scientific Electronic Archives**, v. 15, n. 11, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.36560/151120221619>

PINOTTI, L. C. A.; HANISCH, A. L.; NEGRELLE, R. R. B. Regeneração natural em remanescentes de Floresta Ombrófila Mista sob diferentes manejos do estrato herbáceo. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 13, n. 4, p. 1213–1232, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n4p1213-1232>

PINOTTI, L. C. A.; HANISCH, A. L.; NEGRELLE, R. R. B. The impact of traditional silvopastoral system on the mixed ombrophilous forest remnants. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 4, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.019217>

RANGEL, J.H. A.; MORAES, S.; TONUCCI, R.; AMARAL, A.; ZONTA, J.; SOUZA, S.; PIOVEZAN, U. Sistemas de integração lavoura-pecuária-forestal: uma análise temporal de sua utilização no semiárido brasileiro. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 22, n. 2, p. 81-89, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/2176-4158/rcpa.v22n2p81-89> Acesso em: 03 ago. 2023

RODRÍGUEZ, T.; BONATTI, M.; LÖHR, K.; et al. Analyzing influencing factors to scale up agroforestry systems in Colombia: A comparative ex-ante assessment of cacao farming and cattle ranching in two regions. **Agroforestry systems**, v. 96, n. 2, p. 435–446, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10457-022-00730-1>

ROLO, V.; PLIENINGER, T.; MORENO, G. Facilitation of holm oak recruitment through two contrasted shrubs species in Mediterranean grazed woodlands. **Journal of vegetation science: official organ of the International Association for Vegetation Science**, v. 24, n. 2, p. 344–355, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1654-1103.2012.01458.x>

SÁ, J. C. de M.; GONÇALVES, D. R. P.; FERREIRA, L. A.; et al. Soil carbon fractions and biological activity based indices can be used to study the impact of land management and ecological successions. **Ecological indicators**, v. 84, p. 96–105, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.08.029>

SANGALLI, A. R.; MAIA, R. E. D. F.; STRATE, M. F.; et al. Monitoramento e desempenho de indicadores participativos em sistemas tradicionais de produção de erva-mate no Centro-Sul e no Vale do Iguaçu, Paraná, Brasil. **Desenvolvimento e meio ambiente**, v. 59, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v59i0.76207>

SANTIAGO-HERNÁNDEZ, F.; LOPEZ-ORTIZ, S., ÁVILA-RESENDIZ, C.; JARILLO-RODRIGUEZ, J.; PÉREZ-HERNANDEZ, P.; DIOS GUERRERO-RODRIGUEZ, J. Physiological and production responses of four grasses from the genera Urochloa and Megathyrsus to shade from Melia azedarach L. **Agroforestry systems**, v. 90, p. 339-349, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10457-015-9858-y> Acesso em: 27 ago. 2023.

SANTOS, A. R. M. D.; GOMES, F. J.; XIMENES, E. S. O. C.; ARAGÃO, W. F. D. X.; SILVA, A. C. D. Efeito do ambiente luminoso em forrageiras de clima tropical em sistemas silvipastoris. **Nativa. Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v. 8, n. 5, p. 633-642, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i5.10883> Acesso em: 28 ago. 2023.

SANTOS, K. F.; BARBOSA, F. T., BERTOL, I., DE SOUZA WERNER, R.; WOLCHICK, N. H.; MOTA, J. M. Teores e estoques de carbono orgânico do solo em diferentes usos da terra no Planalto Sul de Santa Catarina. **Revista de Ciências Agroveterinárias**,

v. 18, n. 2, p. 222-229, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5965/223811711812019222> Acesso em 18 ago. 2023.

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Illinois: University of Illinois Press, 1949. 125p. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/3611062>

SILVA, A. de A.; SCHMITT FILHO, A. L.; KAZAMA, D. C. da S.; et al. Estoques de carbono e nitrogênio no Sistema Silvopastoril com Núcleos: a nucleação aplicada viabilizando a pecuária de baixo carbono. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. e2799108589, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8589>

SMIT, C.; VERWIJMEREN, M. Tree-shrub associations in grazed woodlands: first rodents, then cattle? **Plant ecology**, v. 212, n. 3, p. 483–493, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11258-010-9839-1>

SOARES, R.V. Considerações sobre a regeneração natural da Araucaria angustifolia. **Revista floresta**, v.10, n.2, p.11-18, 1979.

STOCKMANN, U.; ADAMS, M. A.; CRAWFORD, J. W.; FIELD, D. J.; HENAKAARCHCHI, N.; JENKINS, M.; ZIMMERMANN, M. The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 164, p. 80-99, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.10.001>

TADESSE, E.; NEGASH, M.; ASFAW, Z. Impacts of traditional agroforestry practices, altitudinal gradients and households' wealth status on perennial plants species composition, diversity, and structure in south-central Ethiopia. **Agroforest Syst**, v. 95, p. 1533–156, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10457-021-00659-x>

TAKAKI, M. New proposal of classification of seeds based on forms of phytochrome instead of photoblastism. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, p. 104-108, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-31312001000100011>

TOHIRAN, K. A.; NOBILLY, F.; ZULKIFLI, R.; et al. Multi-species rotational grazing of small ruminants regenerates undergrowth vegetation while controlling weeds in the oil palm silvopastoral system. **Agricultural systems**, v. 210, n. 103720, p. 103720, 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103720>

TOMPOROSKI, A. A.; DALLABRIDA, V. R.; MARCHESAN, J. O manejo sustentável dos remanescentes da Floresta Ombrófila Mista como alternativa para o desenvolvimento territorial sustentável: um estudo prospectivo no Planalto Norte Catarinense. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, [S. l.], v. 15, n. 6, 2019. Disponível em: <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/5195> Acesso em: 06 ago. 2023.

TRINCO, F. D.; RUSCH, V. E.; HOWISON, R. A.; et al. Implications of landscape configuration on understory forage productivity: a remote sensing assessment of native

forests openings. **Agroforestry systems**, v. 95, n. 8, p. 1675–1688, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10457-021-00676-w>

VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in higher plants**. Berlin: Springer-Verlag, 1969. 153p. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-00799-0>

VERES, Q. J. I.; WATZLAWICK, L. F.; SILVA, R. A. R. Estimativas de biomassa e carbono em fragmento de Floresta Estacional Semidecidual no oeste do Paraná. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 5, n. 1, p. 23, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/biofix.v5i1.66001>

WATZLAWICK, L. F.; GARCIA, M. L. Estratificação vertical da biomassa arbórea na Floresta Ombrófila Mista em dois sistemas de manejo. In: GEVEHER, D. L. (Org.) **Temas da Diversidade: Experiências e Práticas de Pesquisa**. Guarujá: Editora Científica Digital, 2020. p.290–306. Disponível em: <https://doi.org/10.37885/201101962>

ZANETTE, V.; KURCHAIDT, S.; CAMARGO, L.; et al. Ajuste de modelos de regressão para a estimativa da biomassa aérea para seis regiões do estado do Paraná. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 26, p. 29–43, 2017. Disponível em: http://dx.doi.org/10.18677/encibio_2017b3

ZANINE, A. de M.; SANTOS, E. M.; FERREIRA, D de J. Principales métodos de evaluación de pasturas. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria**, v. VII, n. 11, p. 1–13, 2006. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63612653032>
Acesso em: 06 ago. 2023.

APÊNDICE 1

Relação de espécies e síndromes de dispersão (SD) no período de junho de 2020 a novembro de 2021 em um sistema silvipastoril, no Município de Turvo (Paraná, 2023). Auto = autocórica; Ane = Anemocórica; Zoo = zoocórica; Nc = não classificada.

Família	Espécie	SD
Apiaceae	<i>Centella asiatica</i> (L.) Urb.	Auto
Asparagales	<i>Iridaceae</i> sp.	Nc
	<i>Elephantopus mollis</i> Kunth	Ane
	<i>Hypochaeris radicata</i> L.	Ane
	<i>Gnaphalium spicatum</i> Mill.	Nc
	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Ane
Asteraceae	<i>Conyza</i> sp.	Ane
	<i>Acanthospermum hispidum</i> DC	Nc
	<i>Senecio brasiliensis</i> (Spreng.) Less.	Ane
	<i>Mikania</i> sp.	Ane
	<i>Bidens pilosa</i> L.	Ane
Commelinaceae	<i>Commelina</i> sp.	Auto
Convolvulaceae	<i>Ipomoea acuminata</i> (Vahl.) Roemer & Schultes	Nc
Cyperaceae	<i>Cyperus</i> sp.	Ane
Lamiaceae	<i>Ocimum gratissimum</i> L.	Nc
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Auto
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i> sp.	Auto
Plantaginaceae	<i>Plantago major</i> L.	Ane
	<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) P.Beauv.	Ane
	<i>Paspalum</i> sp.	Ane
	<i>Paspalum mandiocanum</i> Trin.	Ane
Poaceae	<i>Axonopus affinis</i> Chase	Ane
	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	Nc
	<i>Axonopus catharinensis</i> Valls.	Nc
	<i>Panicum</i> sp.	Zoo
Rubiaceae	<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes	Zoo
Solanaceae	<i>Solanum americanum</i> Mill.	Zoo

APÊNDICE 2



Imagem aérea da área de estudo, sistema silvipastoril tradicional, no Município de Turvo, Paraná.

APÊNDICE 3



Motocoveador adaptado para abertura de covas de plantio de *Axonopus catharinensis*.

APÊNDICE 4



Planta de *Araucaria angustifolia* encontrada no estrato regenerante área de estudo.

APÊNDICE 5



Animal executando o ramoneio de uma árvore de *Ilex paraguariensis*.