

Stéfano Gomes Kretzer

**INFLUÊNCIA DO SISTEMA SILVIPASTORIL COM NÚCLEOS
DE ALTA BIODIVERSIDADE NA DINÂMICA E MICROCLIMA
FORRAGEIRO**

Dissertação submetida ao Programa
de Pós-Graduação em
Agroecossistemas da Universidade
Federal de Santa Catarina para a
obtenção do Grau de Mestre em
Agroecossistemas
Orientador: Prof. Abdon Luiz
Schmitt Filho, PhD

Florianópolis
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária
da UFSC.

Kretzer, Stéfano Gomes
INFLUÊNCIA DO SISTEMA SILVIPASTORIL COM NÚCLEOS
DE ALTA BIODIVERSIDADE NA DINÂMICA E MICROCLIMA
FORRAGEIRO / Stéfano Gomes Kretzer ; orientador,
Abdon L. Schmitt Filho, coorientadora, Daniele
Kazama, 2019.
80 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias,
Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas,
Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

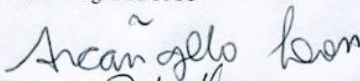
1. Agroecossistemas. 2. Sistema Silvopastoril.
3. Microclima Forrageiro. 4. Dinâmica da pastagem.
5. Sustentabilidade na pecuária . I. Schmitt Filho,
Abdon L.. II. Kazama, Daniele . III. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação
em Agroecossistemas. IV. Título.

"Influência do Sistema Silvipastoril com Núcleos de Alta Biodiversidade na Dinâmica e Microclima Forrageiro"

Por

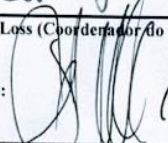
STÉFANO GOMES KRETZER

Dissertação julgada adequada, em 26/03/2019, e aprovada em sua forma final, pelo Orientador e Membros da Banca Examinadora, para obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas. Área de Concentração Agroecologia, no Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias/UFSC

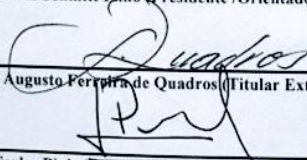


Prof. Dr. Arcângelo Loss (Coordenador do Programa)

Banca Examinadora:



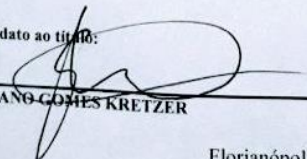
Abdon Luiz Schmitt Filho (Presidente /Orientador)



Sérgio Augusto Ferreira de Quadros (Titular Externo/DZDR/UFSC)

Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho (Titular Interno/DZDR/PGA/UFSC)

Candidato ao título:



STÉFANO GOMES KRETZER

Florianópolis, 26 de março de 2019

Este trabalho é dedicado a minha
família e aos grandes amigos da vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por me dar a vida e sempre me guiar. À minha família, meus queridos pais Maurício Kretzer e Ivete G. Kretzer, exemplos de caráter e amor. Obrigado por me fazerem ver que os obstáculos não são maiores que nossas forças e por sempre estarem do meu lado todas as horas. Agradeço também pelo incentivo e confiança que dedicaram em mim. Aos meus irmãos Isadora e Leonardo por todo apoio e companhia do dia a dia. Aos meus avós pelas orações e tudo que fazem por mim. A todos os familiares sempre presentes. A Jaqueline que sempre me deu força e foi muito importante nessa etapa. Amo vocês.

Ao meu professor e orientador Abdon L. Schmitt Filho, pela confiança depositada, por toda atenção e paciência dedicada. Obrigado também pela amizade, conversas e ensinamentos, vou levá-los comigo sempre.

A minha professora e coorientadora Daniele Kazama, obrigado pela amizade, atenção, paciência, confiança e por se colocar sempre em prontidão para ajudar sem medir esforços.

A Universidade Federal de Santa Catarina, onde me deu grandes oportunidades e eternos amigos.

Ao Laboratório de Sistemas Silvopastoris e Restauração Ecológica LASSre/UFSC, o qual me orgulho de ter feito parte. A todos do laboratório (Ana Heck, André da Silva, Carina M. Rover, Natalia Andrade e Thais Buratto) pela ajuda na coleta dos dados em campo e pelo auxílio no laboratório durante todo o experimento. Em especial ao André, Carina e Mathues Deniz sem os quais eu não conseguiria ter realizado este trabalho. Muito obrigado.

A todos os bons amigos do futebol de quarta-feira, que sempre foram responsáveis por grandes lances e risadas.

A família Bloemer por ter aberto as portas da sua propriedade para a realização deste trabalho.

Aos colegas de pós-graduação, graduação e companheiros de moradia, aos quais se tornaram bem mais que grandes amigos e sim verdadeiros irmãos ao longo desses anos.

A todos os professores da pós-graduação que me concederam uma parcela de conhecimento.

A CAPES pela bolsa de estudo concedida.

Muito obrigado.

“No fim da tudo certo, se não deu certo
ainda é porque não chegou ao fim.”
(Fernando Sabino)

RESUMO

Os sistemas silvipastoris (SSPs) buscam maior sustentabilidade, unindo três componentes (forrageiras, árvores e animais) em uma mesma área. A união desses componentes interfere no sistema como um todo, pois modifica o microclima local, alterando o desenvolvimento forrageiro e consequentemente a produção animal. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência do Sistema Silvipastoril com Núcleos (SSPnúcleos) nos aspectos microclimáticos e no desenvolvimento forrageiro. A pesquisa foi realizada em uma propriedade leiteira, no município de Santa Rosa de Lima, estado de Santa Catarina, Brasil, durante o período de um ano (em cada estação). No primeiro estudo foram avaliadas as condições sombra e sol nas seguintes áreas: 1) SSPnúcleo APN: área próxima ao núcleo (2,5m de distância do centro do núcleo); 2) SSPnúcleo AEN: área entre núcleos (5m de distância do centro do núcleo) e 3) PSA: área a pleno sol (nos piquetes sem árvores). Foram medidas as variáveis microclimáticas: temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%), iluminância (lux), velocidade do vento (m/s) e temperatura superficial do solo ($^{\circ}\text{C}$). Para este estudo houve diferença ($p < 0,05$) entre as condições avaliadas, onde a condição sombra no SSPnúcleos obteve os menores valores médios das variáveis microclimáticas. Não houve variação significativa ($p > 0,05$) entre as duas áreas do SSPnúcleo (APN e AEN) o que mostra uma melhoria microclimática do sistema como um todo. No segundo estudo comparou-se as três áreas de avaliação, APN, AEN e PSA para as variáveis de composição botânica, produção e altura forrageira, desenvolvimento radicular e análise bromatológica durante um ano. Nesse estudo também houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as áreas de acordo com as variáveis avaliadas, onde a AEN alcançou melhores resultados de produção e altura total forrageira, a análise bromatológica foi superior na APN e o desenvolvimento radicular foi superior no PSA. Com esses resultados conclui-se que a nucleação arbórea do SSPnúcleo influenciou positivamente para melhores condições microclimáticas a nível de pastagem, consequentemente favoreceu o desenvolvimento forrageiro. O fato dos núcleos serem dispersos, proporciona sombra de forma homogênea no piquete, o que aumenta a resiliência da área com um todo ao longo do ano.

Palavras-chave: Sombreamento forrageiro. Temperatura. Radiação solar. Bioclimatologia. Sistemas agroflorestais.

ABSTRACT

The silvopastoral systems (SSPs) seek sustainable system combining forages, trees and animals in the same area. The interaction of these components interferes in the system as a whole, because modifies the local microclimate, changing the forage development and consequently the animal production. Thus, the objective of this work was to evaluate the influence of the Silvopastoral System with Nuclei (SSPnuclei) on microclimatic aspects and forage development. The research was carried out in a dairy farm, in the municipality of Santa Rosa de Lima, state of Santa Catarina, Brazil, during the period of one year covered all seasons. In the first study were evaluated the shadow and sun conditions in the following areas: 1) SSPnuclei APN: area near the nucleus (2.5m distance from the center of the nuclei); 2) SSPnuclei AEN: area between nuclei (5m distance from the center of the nuclei) and 3) PSA: area under full sun (in the woodless paddock). The microclimatic variables measured was: air temperature ($^{\circ}\text{C}$), relative humidity (%), illuminance (lux), wind speed (m/s) and soil surface temperature ($^{\circ}\text{C}$). The results shows differences ($p < 0.05$) between the evaluated conditions, and the shadow condition in the SSPnuclei obtained the lowest values of the microclimatic variables. There was no significant variation ($p > 0.05$) between the two areas of the SSPnuclei (APN and AEN), showing a microclimatic improvement of the system as a whole. In the second study, the three evaluation areas (APN, AEN and PSA) were compared botanical composition, forage production and height, root development and bromatological analysis for one year. The results indicate significant difference ($p < 0.05$) between the areas according to the variables evaluated, and the AEN achieved higher production results and total forage height, and in APN was the bromatological analysis, and the root development was in the PSA. Our study concluded that nucleation of the SSPnuclei positively influenced better microclimatic conditions at pasture level, consequently favored forage development. A condition that the nuclei are dispersed provides a homogenous shadow increasing the resilience of the area as a whole throughout the year.

Keywords: Shading forage. Temperature. Solar radiation. Bioclimatology. Agroforestry systems.

LISTA DE FIGURAS

2 ARTIGO 1 – INFLUÊNCIA DO SISTEMA SILVIPASTORIL COM NÚCLEOS DE ALTA BIODIVERSIDADE NO MICROCLIMA FORRAGEIRO

Figura 2-1. Representação esquemática dos sistemas avaliados (A – SSPnúcleos do Sistema Silvopastoril de Alta Biodiversidade; B – Pastagem sem árvores)..... 40

Figura 2-2. Variação da amplitude térmica em função da iluminância nas diferentes estações do ano no SPSnúcleo e PSA..**Erro! Indicador não definido.**3

3 ARTIGO 2 – O SISTEMA SILVIPASTORIL COM NÚCLEOS DE ALTA BIODIVERSIDADE PROPORCIONA MELHORES CONDIÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO FORRAGEIRO

Figura 3-1. Representação esquemática da divisão dos tratamentos (A – SSPnúcleo com a área do próxima dos núcleos (APN) e área entre os núcleos (AEN); B – área dos piquetes sem a presença do componente arbóreo (PSA). 59

Figura 3-2. Representação esquemática dos pontos de coleta.....60

Figura 3-3. Representação esquemática do período experimental..... 60

Figura 3-4. Iluminância (lux) de acordo com as áreas de estudo (APN, AEN e PSA) nas diferentes estações do ano..... 65

Figura 3-5. Média da biomassa forrageira total do pré-pastoreio por estações, por tratamento (APN, AEN e PSA)..... 66

Figura 3-6. Média da altura forrageira total do pré-pastoreio de cada estação, de acordo com o tratamento (APN, AEN e PSA)..... 67

Figura 3-7. Valores médios das análises bromatológicas entre os tratamentos nas estações (A – PB (%); B - FDN (%); C - FDA (%); D - (MS%)..... 69

LISTA DE TABELAS

2 ARTIGO 1 – AS RELAÇÕES DE AMIZADE ENTRE BOVINOS INFLUENCIAM O ACESSO A RECURSOS ALIMENTARES?

Tabela 2-1. Valores médios e coeficiente de variação (CV, %) das variáveis: temperatura do ar (T, °C), umidade relativa (UR), iluminância (Illum, lux), velocidade do vento (VV, m / s) e temperatura da superfície do solo (TSS, °C) nas estações avaliadas. **Erro! Indicador não definido.**

3 ARTIGO 2 – O SISTEMA SILVIPASTORIL COM NÚCLEOS DE ALTA BIODIVERSIDADE PROPORCIONA MELHORES CONDIÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO FORRAGEIRO

Tabela 3-1. Média de produção forrageira (kg de MS/ ha) por estação em cada tratamento (APN, AEN e PSA). 67

Tabela 3-2. Crescimento médio em altura do dossel forrageiro entre os tratamentos (APN, AEN e PSA) de acordo com as estações. 68

Tabela 3-3. Massa seca estimada de biomassa total do sistema radicular forrageiro nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 cm nos tratamentos APN, AEN e PSA. 70

LISTA DE ABREVIATURAS

PRV – Pastoreio Racional Voisin
SSP – Sistema silvipastoril
SSPs – Sistemas silvipastoris
SSPnúcleo – Sistema silvipastoril com núcleo
°C – Graus célcicos
m² - Metro quadrado
m - Metros
cm - Centímetros
mm – Milímetros
m/s – Metros por segundo
GLM – Modelos lineares generalizados
APN – Área próxima ao núcleo
AEN – Área entre os núcleos
PSA – Área a pleno sol
PIB – Produto interno bruto
UA – Unidade animal
h – Horas
Kg – Quilo grama
g - Gramas
ha⁻¹ – Hectare
MS – Massa seca
PB – Proteína bruta
FDA – Fibra em detergente neutro
FDN – Fibra em detergente neutro

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO GERAL..... | 29 |
| 2 | HIPÓTESE | 31 |
| 3 | OBJETIVOS..... | 31 |
| 3.1 | Objetivo Geral..... | 31 |
| 3.2 | Objetivos Específicos..... | 31 |
| 4 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 33 |
| 4.1 | Bovinos e sua relação com as pastagens | 33 |
| 4.2 | Pastoreio Racional Voisin (PRV)..... | 35 |
| 4.3 | Sistemas silvipastoris (SSPs) | 35 |
| 4.3.1 | Sistema Silvipastoril com Núcleos de Alta Biodiversidade - SSPnúcleos | 36 |
| 4.3.2 | Influência dos SSPs no microclima das pastagens | 37 |
| 5 | ARTIGO 1 – INFLUÊNCIA DO SISTEMA SILVIPASTORIL COM NÚCLEOS DE ALTA BIODIVERSIDADE NO MICROCLIMA FORRAGEIRO | 41 |
| 5.1 | INTRODUÇÃO | 42 |
| 5.2 | MATERIAL E MÉTODOS | 43 |
| 5.2.1 | Localização e padrão climático | 43 |
| 5.2.2 | Área experimental | 43 |
| 5.2.2.1 | Sistema Silvipastoril com Núcleos de Alta Biodiversidade (SSPnúcleos). | 44 |
| 5.2.2.2 | Componente forrageiro | 45 |
| 5.2.3 | Medições microclimáticas..... | 45 |
| 5.3 | ANÁLISES ESTATÍSTICAS | 46 |
| 5.4 | RESULTADOS | 47 |
| 5.5 | DISCUSSÃO..... | 50 |
| 5.6 | CONCLUSÃO | 52 |
| 5.7 | REFERÊNCIA | 52 |
| 6 | ARTIGO 2 – SISTEMA SILVIPASTORIL COM NÚCLEOS DE ALTA BIODIVERSIDADE PROPORCIONA MELHORES CONDIÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO FORRAGEIRO | 57 |
| 6.1 | INTRODUÇÃO | 58 |
| 6.2 | MATERIAL E MÉTODOS | 59 |
| 6.2.1 | Localização e padrão climático | 59 |
| 6.2.2 | Área experimental | 59 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 6.2.3 | Manejo da área experimental | 60 |
| 6.2.3.1 | Animal | 60 |
| 6.2.3.2 | Forrageiro..... | 60 |
| 6.2.3.3 | Sistema Silvopastoril de Alta Biodiversidade com Núcleos (SSPnúcleo) | 60 |
| 6.2.4 | Definição dos tratamentos..... | 61 |
| 6.2.5 | Pontos de coleta | 61 |
| 6.2.6 | Variáveis | 62 |
| 6.2.6.1 | Iluminância | 63 |
| 6.2.6.2 | Composição botânica da pastagem | 63 |
| 6.2.6.3 | Produção e altura do dossel forrageiro..... | 63 |
| 6.2.6.4 | Análise bromatológica | 64 |
| 6.2.6.5 | Sistema radicular..... | 64 |
| 6.2.7 | Análise estatística..... | 65 |
| 6.3 | RESULTADOS..... | 66 |
| 6.3.1 | Iluminância | 66 |
| 6.3.2 | Composição botânica da pastagem | 67 |
| 6.3.3 | Produção e altura do dossel forrageiro..... | 68 |
| 6.3.4 | Análise bromatológica | 70 |
| 6.3.5 | Sistema radicular..... | 72 |
| 6.4 | DISCUSSÃO | 73 |
| 6.5 | CONCLUSÃO | 75 |
| 6.6 | REFERÊNCIAS..... | 75 |
| 7 | CONCLUSÃO GERAL..... | 79 |
| 8 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 79 |
| 9 | REFERÊNCIAS..... | 81 |
| | APÊNDICE..... | 91 |

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é um dos maiores produtores de carne e leite do mundo (FAOSTAT, 2017), a região Sul 76% das terras agrícolas utilizadas para pecuária compõem sistemas de produção a base de pasto, principalmente de forma extensiva (DIAS-FILHO 2011).

Esta região apresenta variações climáticas ao longo do ano, com altas temperaturas no verão que podem superar os 35 ° C e geadas no inverno, o que reduz sua capacidade de manter a qualidade nutricional e produtiva das forragens, principalmente no inverno (ALVARES et al., 2013). Essas variações microclimáticas, juntamente com o gerenciamento incorreto de pastagens, afetam diretamente o desempenho animal neste ambiente e a sustentabilidade econômica e ambiental (NASCIMENTO et al., 2013).

Uma alternativa para minimizar perdas é a implantação de sistemas pastoris como o pastoreio racional Voisin (PRV) (PINHEIRO MACHADO, 2010). Estes sistemas atrelados com sistemas silvipastoris (SSPs), além de restaurar pastagens degradadas, buscam efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema, abrangendo a adequação ambiental e a viabilidade econômica (PACIULLO, 2014).

Quando bem planejados os SSPs trazem melhorias microclimáticas, modificando significativamente a ambiência do sub-bosque, favorecendo a produção forrageira (MURGUEITIO, 2013). A presença do componente arbóreo reduz a temperatura local, luminosidade, umidade relativa do ar e velocidade do vento, gerando um ambiente com menor estresse hídrico e danos físicos, principalmente quando temos temperaturas extremas e presença de estiagem (ALVES et al., 2014).

A realização de pesquisas que avaliam diferentes SSPs é fundamental para proporcionar o mínimo de prejuízos em cada componente inserido no sistema. Conhecer as características e os fatores microclimáticos de pastagens, proporcionados pela implantação de sistemas silvipastoris é fundamental, pois oferece informações que podem influenciar em escolhas importantes para manter qualidade e produtividades com boas práticas de manejo, promovendo uma maior sustentabilidade para a atividade (SCHMITT FILHO et al., 2017).

Os interesses em aumentar a produtividade, tanto forrageira quanto animal, associados à manutenção da biodiversidade e serviços ecossistêmicos, são grandes desafios para a conservação ambiental em longo prazo.

2 HIPÓTESE

O sistema silvipastoril com núcleos arbóreos de alta biodiversidade altera a dinâmica da pastagem, devido à melhora microclimática que os componentes arbóreos fornecem ao local.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência do sistema silvipastoril com núcleos de alta biodiversidade (SSPnúcleos) no microclima e dinâmica da pastagem.

3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar o microclima forrageiro nas diferentes estações do ano.
- Analisar a influência do SSPnúcleo na composição florística, produção, altura, qualidade nutricional e desenvolvimento radicular e forrageiro.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Bovinos e sua relação com as pastagens

O Brasil possui cerca de 214 milhões de cabeças de gado, o maior rebanho comercial bovino do mundo. Em 2015, a produção foi de 9,2 milhões de toneladas de carne (FAOSTAT, 2017). Em 2014, a produção brasileira de leite foi de 35,2 bilhões de litros (IBGE, 2015). A região Sul passou a ocupar, em 2014, as primeiras posições no ranking das grandes regiões produtoras de leite, com 34,7% da produção nacional (EPAGRI, 2015).

A expansão da pecuária no Brasil sempre esteve associada ao desmatamento para o estabelecimento de pastagens, e também uma produção basicamente extensiva, a principal consequência danosa dessa situação tem sido a alta incidência de pastagens e solos degradados (DIAS et al., 2007).

A pecuária extensiva tem submetido o pasto a um manejo e cargas incongruentes com a capacidade de suporte histórica. Em função disto a pecuária extensiva em muito tem sido caracterizada como uma atividade improdutiva, danosa ao meio ambiente e comprometedora da resiliência dos vários ecossistemas. Este processo tem resultado em uma crescente escassez de recursos naturais, perda da biodiversidade e serviços ecossistêmicos (PACIULLO et al. 2010).

O clima da região sul do Brasil é classificado como subtropical úmido, com um clima úmido e mais frio do que os demais. A massa de ar predominante é a Tropical Atlântica, com influência de massas polares durante o inverno, de modo que o encontro dessa frente polar com frentes quentes provoca as chamadas chuvas frontais. Nessa faixa climática, as chuvas são constantes e bem distribuídas ao longo do ano, existindo secas apenas em casos de anomalias climáticas eventuais. Este fator pode ser considerado limitante para a produção forrageira e animal, em virtude de apresentar altas e baixas temperaturas combinadas a uma excessiva incidência de radiação solar (BORBUREMA et al., 2013).

Uma característica importante da pecuária, principalmente na região sul do Brasil é ter a maior parte de seu rebanho com boas características genéticas e criado a pasto. A produção a pasto quando bem manejada é caracterizada por reduzir custos, minimizar impactos ambientais, melhorar a produção e qualidade forrageira, gerando um produto chamado “boi verde” reconhecido como mais saudável e nutricionalmente melhor (BIAVATTI et al., 2014).

Há uma crescente preocupação e estudos em práticas de manejo que proporcionem um aumento da produtividade, atrelado a fatores como o microclima do ambiente que estão relacionados diretamente ao bem-estar animal e vegetal (FERRAZ; FELÍCIO, 2010).

Os bovinos tem um ritmo alimentar caracterizado por poucos e longos períodos de pastoreio e ruminação. É um animal especializado na digestão da fibra, através da associação simbiótica com bactérias e protozoários que habitam seu rúmen, tendo um aproveitamento eficiente da celulose. A celulose é um produto da fotossíntese, oriunda da energia solar. O uso da pastagem na alimentação desses animais é o método mais eficiente para maximizar o processo produtivo (HOFMANN, 1988).

A pastagem constitui o componente principal da dieta dos ruminantes, deve ser abundante e de qualidade. Pode ser entendida como um ecossistema, ou seja, um conjunto de organismos vivendo em associação com seu ambiente físico e químico, onde existe elevada interdependência entre os vários componentes desse ecossistema (ODUM, 1983).

As características da pastagem como a composição florística, altura, densidade e valor nutritivo são consequência do seu manejo e das condições de clima e solo. Cabe destacar que uma pastagem abundante e de qualidade é essencial para melhorar a produtividade e eficiência dos sistemas de produção (PINHEIRO MACHADO, 2004).

A ingestão de pasto é dada em função do tamanho da bocada, do número de bocadas por minuto e do tempo total de pastoreio, o que é influenciado diretamente pela densidade e qualidade da pastagem, ou seja, quanto melhores as características das pastagens maiores as taxas de bocadas e maior ganho de peso (HODGSON, 1982; PINHEIRO MACHADO, 2004).

Um dos fatores que atuam diretamente na melhoria das características das pastagens é o aumento da taxa de lotação de animais na pastagem, pois leva a uma maior concentração de dejetos (bosta e urina). O acúmulo de dejetos age como um catalisador da vida no solo, aumentando sua fertilidade e acelerando o processo de biocenose do sistema pastoril (PINHEIRO MACHADO, 2004). Outro fator muito importante é o manejo adotado no sistema pastoril, a forragem deve ser pastoreada no ponto ótimo de repouso (POR) para que se obtenham rendimentos máximos. O POR coincide com o ponto de maior produção da pastagem (VOISIN, 1974; ZANINE, 2007).

A utilização de pastagens tanto nativas quanto cultivadas, em sistemas de manejo intensivos e controlados de pastoreio como, por exemplo, o pastoreio racional Voisin (PRV) tem sido uma opção que traz

bons resultados, o que minimiza perdas e garante a perenidade do pasto (PINHEIRO MACHADO, 2010).

4.2 Pastoreio Racional Voisin (PRV)

O PRV é um sistema intensivo de manejo do pasto que procura manter um equilíbrio na relação solo, planta e animal, baseado nos ensinamentos de Voisin, onde o pastor controla a frequência e intensidade do pastoreio. Esse sistema de manejo do pasto maximiza a captação da energia solar para sua produção e utiliza o pasto no momento de sua melhor qualidade e quantidade (PINHEIRO MACHADO, 2010). Apresenta-se como um sistema agroecológico de produção animal, sendo considerado um dos únicos sistemas viáveis para a produção animal na agricultura familiar do estado de Santa Catarina (SCHMITT FILHO, 2013).

O que caracteriza o PRV são suas quatro leis universais. A primeira lei está relacionada ao tempo de repouso da pastagem, que deve ser adequado para que o pasto tenha maior rendimento, ou seja, no POR; a segunda lei fala que o tempo de ocupação de uma parcela deve ser curto, para que o animal não paste o rebrote do que já foi pastoreado em uma mesma parcela; a terceira lei da prioridade a animais com maior necessidade nutricional para se obter rendimento máximo; a última lei preza por um rendimento regular de acordo com o tempo de permanência em uma parcela (VOISIN, 1974).

A busca por uma produção pecuária mais sustentável é de extrema importância para o estado de Santa Catarina, uma vez que esta atividade está presente em 70% das propriedades rurais e, em grande parte, praticada com manejo convencional. A degradação do pasto é resultante deste sistema, ocasionando como efeito paralelo o aumento do desmatamento e degradação contínua dos ecossistemas da Mata Atlântica. Portanto, uma produção baseada num sistema mais ecológico, como o Sistema Silvipastoril com PRV, por exemplo, se faz necessária (JOCHIMS et al. 2013).

4.3 Sistemas silvipastoris (SSPs)

Na tentativa de minimizar os efeitos das variáveis climáticas em sistemas de criação animal, estratégias como o uso de sombreamento natural das pastagens através de sistemas silvipastoris (SSPs) se torna uma alternativa. SSPs é uma modalidade dos sistemas agroflorestais que

consiste no consórcio intencional de espécies lenhosas, forrageiras e animais, manejados simultaneamente (CRAESMEYER et al. 2015).

Os SSPs com PRV consistem em uma das principais estratégias recomendadas para a recuperação de pastagens degradadas e para maximizar a produtividade (DIAS-FILHO, 2006). Esse sistema deve ser rigorosamente planejado em razão da necessidade da manutenção do equilíbrio entre os seus componentes e do grande número de interações possíveis (ALVES et al., 2014).

A utilização correta do SSP com PRV acarreta em inúmeros benefícios aos locais onde são implantados como, por exemplo, melhoria na fertilidade do solo através da ciclagem de nutrientes e fixação de nitrogênio, restauração ecológica de pastagens degradadas, forragem de melhor qualidade, redução da erosão no local (CARVALHO et al., 2002).

Quando os SSP estão adequadamente dimensionados, as árvores e as pastagens podem interagir com sucesso para aperfeiçoar ambas as produções. Além da seleção e uso de espécies forrageiras tolerantes à sombra, o nível de competição no sistema silvipastoril pode ser manipulado pela escolha de espécies de árvores, densidade de árvores e arranjo de árvores em relação ao sol, bem como pelo uso de técnicas silviculturais de desbaste e desrama (POLLOCK et al., 2009; ROZADOS-LORENZO et al., 2007).

O microclima é modificado pela presença de árvores no local do SSP, reduzindo a radiação solar direta, a temperatura do ar e do solo, podendo tornar o ambiente ameno aumentando a umidade relativa do solo, resultando em um melhor conforto térmico para o animal, que reflete em ganho de peso ou produção de leite (BERNARDINO; GARCIA, 2009; KIRCHNER, R. et al., 2010).

O SSPs tem um grande potencial econômico e ambiental para o produtor, pois proporciona uma intensificação na produção da propriedade, uma renda extra através da extração e venda de produtos madeireiros e não madeireiros presentes no local, aumentando áreas verdes e a biodiversidade, minimizando assim a degradação ambiental (CASTRO et al., 2009)

4.3.1 Sistema Silvipastoril com Núcleos de Alta Biodiversidade - SSPnúcleos

As alterações microclimáticas nos sistemas silvipastoris podem resultar em diferentes respostas para cada espécie forrageira. Sendo assim se torna importante realizar pesquisas que venham a estudar diferentes espécies e arranjos do componente arbóreo e forrageiro, a fim de

encontrar combinações que proporcionem a convivência com o mínimo de prejuízo para cada componente (RODRIGUES et al., 2014 SANTOS et al., 2016).

O sistema silvipastoril com núcleos arbóreos (SSPnúcleos) foi idealizado pelos Prof. Dr. Abdon Schmitt Filho e Prof. Dr. Alfredo Fantini (Laboratório de Sistemas Silvopastoris/Universidade Federal de Santa Catarina) que inspirados na Teoria de Nucleação como princípio sucessional de recuperação de áreas florestais (REIS & KAGEYAMA, 2003) desenharam o sistema estruturado nos núcleos arbóreos ou ilhas de alta diversidade (SCHMITT FILHO et al., 2016).

Tal modalidade de SSP preza pela conservação e recuperação das áreas onde são implantadas, pois ao contrário dos sistemas convencionais que empregam espécies arbóreas exóticas, este SSP utiliza diversas espécies principalmente nativas do ecossistema em que se aplica (SCHMITT FILHO et al., 2013).

O SSPnúcleo se diferencia pois o elemento arbóreo está inserido em 40 núcleos por hectare de 25 m² cada, equivalente a 10% da área total, devidamente cercados e distribuídos de forma equidistante dentro de cada piquete, projetando uma sombra que equivale a aproximadamente 5% da área total (SCHMITT FILHO et al., 2016).

Nesta modalidade de sistema silvipastoril, são introduzidas árvores pioneiras (de crescimento rápido), como: *Piptadenia gonoacantha* (Pau Jacaré), *Schinus terebinthifolius* (Aroeira), *Cytharexylum myrianthum* Chamião (Tucaneira) e *Mimosa scabrella* (Bracatinga). É realizado o plantio da *Euterpe edulis* (Palmeira-Juçara) e bananeiras (*Musa* spp.) após o crescimento inicial e caracterização do sub-bosque. A intenção deste sistema é promover uma área de sombra rentável e manejável (através de poda) para minimizar a temperatura e aumentar a provisão dos serviços ecossistêmicos da propriedade (CRAESMEYER et al., 2015; SCHMITT et al., 2016).

Ainda é pouco comum no Brasil a utilização de árvores nativas como elemento arbóreo para sistemas silvipastoris, em função da percepção que o crescimento é mais lento que de espécies exóticas. No entanto pesquisas recentes nestas áreas vêm sendo realizadas frequentemente e demonstrando que o fornecimento de madeiras nobres, por exemplo, em SSP é muito promissor (ANTONELLI et al., 2015).

4.3.2 Influência dos SSPs no microclima das pastagens

Dos fatores climáticos que influenciam o desenvolvimento de espécies forrageiras, destacam-se a radiação solar, a temperatura do ar e

do solo, umidade do ar, velocidade do vento e a disponibilidade hídrica (ZANINE, 2005). Em SSPs, a disponibilidade de energia radiante sob as copas assume papel ainda mais preponderante para a produção das forrageiras, por causa do sombreamento exercido pelas árvores (SILVA AND MAIA 2013).

Espera-se que nos SSPs a influência das árvores sobre a pastagem seja maior em áreas mais próximas aos troncos, no entanto, os efeitos do sombreamento podem alcançar áreas localizadas além da projeção das copas, podendo alterar tanto a qualidade quanto a produtividade das plantas forrageiras (DIAS et al., 2007).

Altas temperaturas associadas a altos índices de umidade relativa e radiação solar, causam perturbação ao equilíbrio das plantas, aumentando os processos metabólicos de respiração e transpiração, o que acarreta um maior gasto energético para suprir suas maiores demandas, diminuindo a produtividade (MISHRA et al. 2010; PEZZOPANE et al., 2015).

De acordo com Pedro Junior et al. (1990) a presença do estrato arbóreo em pastagens é uma barreira não apenas contra a radiação solar, mas também contra as perdas de radiação durante a noite, impedindo a ocorrência de geadas e ventos frios dessecantes, o que propicia uma condição microclimática favorável pela conservação do calor do solo e do ar, dentro das áreas protegidas nos períodos frios.

A presença do estrato arbóreo também diminui a velocidade do vento, reduzindo danos físicos e auxiliando no incremento do rendimento das pastagens, basicamente devido à economia de água pela redução da evaporação, redução da amplitude térmica diária, otimizando o suprimento de CO₂ e manutenção da área fotossinteticamente ativa (SILVA-PANDO et al., 2002).

A adaptação das forrageiras aos sistemas SSPs depende principalmente de sua habilidade em crescer em condições edafoclimáticas alteradas pela presença do componente arbóreo no estrato vegetal superior. Essas modificações muitas vezes são benéficas para o crescimento, manutenção e produção das forrageiras (ROZADOS-LORENZO et al., 2007).

Em ocasiões de eventos extremos, como altas e baixas temperaturas, as árvores favorecem a formação de um microclima que dificulta e/ou impede grandes danos, evitando perda de produção (PACIULLO et al., 2010).

Tais alterações refletem diretamente nas características morfológicas das espécies forrageiras, podendo modificar significativamente as proporções de cada componente da planta e,

consequentemente, o valor nutritivo e a produtividade da pastagem (CARVALHO et al., 1997).

A verificação da qualidade e dos componentes estruturais da pastagem é importante para selecionar espécies forrageiras com potencial para uso em SSPs (WONG & WILSON, 1980).

Diferentes espécies forrageiras apresentam diferenças quanto à capacidade de competição, cobertura do solo, valor forrageiro e adaptação ao sombreamento. A dinâmica desta vegetação está provavelmente relacionada à composição de espécies na comunidade original, ao banco de sementes, a densidade de plantio e a velocidade de crescimento do povoamento arbóreo (PILLAR et al., 2002).

Quando as árvores plantadas são leguminosas arbóreas, o crescimento das plantas forrageiras, principalmente gramíneas tolerantes ao sombreamento, é beneficiado pela fixação e ciclagem de nitrogênio (MOCHIUTTI E MEIRELLES, 2001; ALVES et al., 2009).

5 ARTIGO 1 – INFLUÊNCIA DO SISTEMA SILVIPASTORIL COM NÚCLEOS DE ALTA BIODIVERSIDADE NO MICROCLIMA FORRAGEIRO

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência microclimática que o Sistema Silvipastoril com núcleos de alta biodiversidade (SSPnúcleo) gera sob a pastagem. O experimento foi conduzido durante o período de um ano, sendo utilizados dez piquetes (5 com SSPnúcleo e 5 em área a pleno sol-PSA) com média de 1.500m²/ cada. O delineamento foi constituído por cinco fatores independentes sendo, sombra e sol na área próxima dos núcleos (APN), sombra e sol na área entre os núcleos (AEN) e sol no pasto aberto (PSA). Os fatores dependentes foram as variáveis microclimáticas de temperatura do ar (°C), umidade relativa (%), iluminância (lux), velocidade do vento (m/s) e temperatura superficial do solo (°C). As variáveis foram coletadas durante dois dias consecutivos em cada estação do ano, a uma distância de 0,20 m do solo. Foi realizada análise de influência por modelos lineares generalizados (GLM) para avaliar os efeitos do sistema sobre as variáveis microclimáticas e análise confirmatória por Kruskal wallis para verificar se os sistemas (SSPnúcleo x PSA) influenciaram as variáveis microclimáticas ($p < 0,05$). A maior média de umidade relativa do ar e os menores valores médios de temperatura do ar, iluminância, velocidade do vento, temperatura superficial do solo, foram obtidos nas duas áreas do SSPnúcleo na condição de sombra ($p < 0,05$) quando comparado com o PSA. Como já era esperado, o verão e a primavera apresentaram as maiores temperaturas médias, com diferença de quase 5°C entre os sistemas. Enquanto que no inverno e outono, as condições foram mais amenas, apresentando um ambiente confortável mesmo em pastos sem árvores, mas com menores amplitudes térmicas no SSPnúcleo. Com isso, conclui-se que o SSPnúcleo proporcionou condições microclimáticas melhores, principalmente pela menor temperatura do ar e maior umidade a nível do solo, o que favorece o desenvolvimento forrageiro, quando comparado com o pasto sem o componente arbóreo.

Palavras chave: Radiação. Ambiente. Pastagem. Componente Arbóreo. Sombreamento.

5.1 INTRODUÇÃO

As variações microclimáticas e o manejo das pastagens impactam diretamente a qualidade da produção pecuária em regiões de clima tropical e subtropical durante o ano (NASCIMENTO et al. 2017). Com isso, aliar produção com preservação é um dos desafios da agropecuária moderna, visto que na atualidade a preocupação em recuperar, preservar e reduzir os impactos dos sistemas produtivos no ambiente é essencial (KASTNER et al. 2012; Nelson et al. 2014). Ao longo dos anos, as pastagens foram utilizadas sem o devido manejo o que resultou em 70% das pastagens em algum estado de degradação (DIAS-FILHO, 2014).

Regiões de zona intertropical apresentam grande variabilidade microclimática ao longo do ano, que acarretam instabilidade e períodos críticos principalmente no verão e inverno, que interferem diretamente na produção agropecuária (SOUZA et al. 2010). A fim de minimizar os impactos gerados pelos elementos climáticos no manejo e produção animal a base de pasto, é fundamental buscar alternativas que proporcionem interações sinérgicas entre os componentes do agroecossistema (ALTIERI, 2012). Desta forma, a implantação de sistemas silvipastoris vem como uma solução, que une preservação com a produção, e além de melhorar o uso da terra, diversifica e aumenta a renda da propriedade (DIAS-FILHO, 2011).

Sistemas silvipastoris, além de proporcionar melhorias microclimáticas (BORBUREMA et al., 2014) auxiliam na recuperação do solo (MURGUEITIO et al., 2011) e das pastagens degradadas (FRANCIS; WEZEL, 2015), pois diversificam a área, melhoram as interações biológicas e propiciam a ciclagem de nutrientes (BOSI, 2014). Os elementos arbóreos acarretam aumento gradual da umidade relativa do ar e diminuem as cargas térmicas associadas à radiação solar direta, reduzindo a amplitude térmica do ar e do solo (PACIULLO et al., 2011). As árvores também atuam como quebra vento e reduzem os danos mecânicos na forragem (PEZZOPANE et al., 2015). Como uma alternativa para reduzir os impactos ambientais da pecuária nas pastagens sem árvores, o Laboratório de Sistemas Silvipastoris e Restauração Ecológica (LASSre/UFSC) desenvolveu o Sistema Silvipastoril com núcleos de Alta Biodiversidade (SSPnúcleos) (SCHMITT FILHO et al. 2013; MÉNDEZ et al. 2017). Este sistema utiliza os princípios da nucleação aplicada para integrar a produção animal a base de pasto, aumentando o fluxo de entrada e saída da biodiversidade nesses aglomerados, promovendo a restauração da paisagem rural (REIS et al.,

2003; CORBIN e HOLL, 2012) e a melhorias microclimáticas da área (DENIZ et al., 2018).

Promover conservação ambiental atrelada à melhoria dos serviços ecossistêmicos é fundamental para manter a qualidade forrageira e a produtividade da atividade pecuária em longo prazo (BALISCEI et al., 2013). Para tal, se fazem necessárias pesquisas que avaliem diferentes arranjos do componente arbóreo, para encontrar uma combinação harmônica e com o mínimo de prejuízo ao ecossistema pastoril (SANTOS et al., 2016). Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar variáveis microclimáticas em diferentes distâncias nas condições de sombra e sol no sistema silvipastoril com núcleos de alta biodiversidade (SSPnúcleo) em comparação à condição sol em uma pastagem sem árvore (PSA).

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

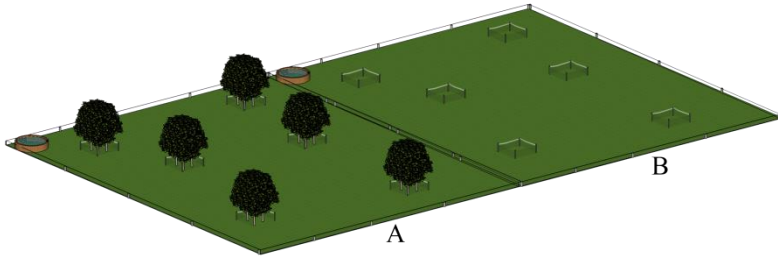
5.2.1 Localização e padrão climático

A pesquisa foi realizada em uma propriedade leiteira, localizada a 240m acima do nível do mar (28°02'21 "S. 49°07'40") no município de Santa Rosa de Lima ao Sul do Estado de Santa Catarina, Brasil. O município está inserido no bioma Mata Atlântica (IBGE, 2016), e pela classificação de Köppen, o clima da região é caracterizado como subtropical úmido e mesotérmico (Cfa). Apresenta verões quentes com temperatura média anual entre 18 e 22 °C, temperatura mínima abaixo de 18 °C, com umidade relativa de 63% e temperatura máxima acima de 22 °C, com umidade relativa 84%. A precipitação média mensal acima de 40 mm (ALVARES et al., 2013).

5.2.2 Área experimental

A propriedade é manejada sob sistema de pastoreio racional Voisin (MURPHY 1998; SCHRÖTER et al. 2015), sendo a pastagem dividida em piquetes com aproximadamente 1.500m². Todos os piquetes possuem inclinação de 12 a 15% e receberam o mesmo tipo de manejo. O Sistema Silvipastoril de Alta Biodiversidade (SSPnúcleo) foi implantado há seis anos em cinco piquetes da propriedade. Os demais piquetes não possuem árvores, conforme representação na (figura 1).

Figura 1 - Representação esquemática dos sistemas avaliados (A – SSPnúcleos do Sistema Silvipastoril de Alta Biodiversidade; B – Pastagem sem árvores).



5.2.2.1 Sistema Silvipastoril com Núcleos de Alta Biodiversidade (SSPnúcleos).

Conforme descrito por Deniz et al. (2018) o SSPnúcleos é composto por núcleos arbóreos (5 m x 5 m) protegidos com cerca para impedir o acesso dos animais. Ao total, os cinco piquetes possuem 33 núcleos arbóreos implantados no sentido norte/sul, com espaçamento de 14 metros entre núcleos. Cada núcleo é uma agrossilvicultura sucessional de espécies arbóreas principalmente nativas que proporcionam produtos florestais não madeireiros, enquanto atenua sinergicamente os efeitos adversos do sombreamento da pastagem (SCHMITT Filho et al. 2017; BATISTTI et al. 2018).

5.2.2.2 Tratamentos:

Os tratamentos foram definidos de acordo com os objetivos de avaliar-se a presença ou não de núcleos, a distância dos núcleos e a presença de sombra ou sol. Assim, nos piquetes SSPnúcleos as medições foram realizadas na área próxima ao núcleo (APN) a 2,5m de distância e na área entre núcleo (AEN) a 5m de distância do núcleo. Pontos fictícios simulando essas distâncias foram também alocados nos piquetes sem árvores (PSA). Ainda, ao longo do dia, ocorria translocação da sombra devido ao movimento de rotação da terra, para tanto, foi registrada no momento das aferições a condição (sombra ou sol) que cada ponto estava submetido. Desta forma, os tratamentos foram 5:

- 1) APN sombra: área a 2,5m do núcleo avaliado no momento de sombra;
- 2) APN sol: área a 2,5m do núcleo avaliado no momento de sol;
- 3) AEN sombra: área a 5m do núcleo avaliado no momento de sombra;
- 4) AEN sol: área a 5m do núcleo avaliado no momento de sol;
- 5) PSA: área em piquete sem árvores a pleno sol.

5.2.2.2 Componente forrageiro

Nas estações quentes (primavera e verão) em ambos os sistemas, a forrageira predominante é *Axonopus catarinenses* (95%), todavia também possui *Arachis pintoi*, *Desmodium incanum*, *Papalum notatum* e *Papalum urvillei*. Na APN a pastagem apresentou altura média de 0,41m e produção média de 5,09 ton/MS/ha e na AEN a altura foi de 0,45m e 5,4 ton/MS/ha de produção média. Para o PSA a produção média foi de 5,3 ton./MS/ha, com altura de 0,43 m.

Para evitar a sazonalidade de produção forrageira nas estações mais frias, no fim do outono, é realizado a sobressemeadura com *Lolium multiflorum* (com predomínio de 75%), mas também tinha presente *Axonopus catarinenses* (23%) em todos os piquetes. A produção forrageira a 2,5m de distância do núcleo teve 3,7 ton/MS/ha e altura de 0,22cm e a 5m do núcleo a altura foi de 0,29cm e produziu 5,9 ton./MS/ha. No PSA a produção forrageira 5,1 ton/MS/ha e altura de pastagem de 0,21cm.

5.2.3 Medições microclimáticas

Os sistemas (SSPnúcleos e PSA) foram avaliados durante dois dias consecutivos por estação no período de um ano. As variáveis microclimáticas avaliadas na pesquisa foram temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), iluminância (lux), velocidade do vento (m/s) e temperatura superficial do solo (°C).

Em cada estação do ano, foram coletados 792 pontos em cada sistema (33 núcleos; 04 pontos por núcleo; 03 períodos do dia, durante 02 dias consecutivos). A altura de coleta foi de 0,20 metros do solo, por ser a altura do dossel forrageiro. As coletas foram em três diferentes faixas horárias, sendo estas, das 8:00 às 10:00, 12:00 às 14:00 e 16:00 às 18:00 horas. Para evitar variações temporais entre os sistemas, as coletas de dados foram realizadas simultaneamente em ambos os sistemas. A ordem das coletas foi alternada a cada dia (no primeiro dia de cada estação era

iniciada pelo piquete 01 e no segundo, iniciava-se pelo piquete 05), para diminuir o erro experimental. As coletas sempre foram realizadas em dias de céu aberto (sem nuvem).

As medidas de temperatura e umidade relativa do ar foram determinadas por meio da utilização de um termo-higrômetro (modelo AK 625) (escala de umidade de 0,0 a 100,0%; $\pm 2,5\%$ de precisão; 0,1% resolução; temperatura $-30,0$ a $100,0$ ° C; precisão $\pm 0,8$ ° C e resolução de $0,1$ ° C). Para medir a iluminância foi utilizado um luxímetro digital (Modelo AK 309) (escala de 0,0 a 20000 lux; precisão de $\pm 5\%$). Para medir a temperatura da superfície do solo, foi utilizado um termômetro infravermelho (modelo AK 32) ($-60,0$ a $500,0$ ° C; ± 2 ° C precisão) e com uso de termoanemômetro (modelo AK 821) (escala de 0,4 a 20,0 m / s; $\pm 2\%$ de precisão) foi medida a velocidade do vento.

5.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O delineamento experimental foi composto por 5 variáveis independentes (sombra e sol em duas distancia diferentes (2,5 e 5m do núcleo) no SSPnúcleos e sol no PSA) e cinco variáveis dependentes (temperatura do ar, umidade relativa, iluminância, velocidade do vento e temperatura da superfície do solo). Pelo fato dos dados não atenderam aos pressupostos de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) foi utilizada estatística não paramétrica.

Para afirmar que os sistemas (SSPnúcleo ou PSA), as condições (sombra e sol) e as distâncias (2,5 e 5 metros) atuam sobre as variáveis microclimáticas, os dados foram submetidos a análise de influência por meio de Modelos Lineares Generalizados (GLM) com 95% de confiança. As distâncias, assim como as estações foram analisadas separadamente, e para cada variável microclimática a análise de influência (GLM) obteve um modelo comparando as condições de todos os sistemas (sombra e sol no SSPnúcleos com sol em PA) e suas respectivas distâncias (2,5 e 5 metros).

Em todos os modelos foi utilizada a distribuição gama com função de ligação logarítmica para as variáveis: temperatura do ar, umidade relativa, iluminância, temperatura da superfície do. Para a variável velocidade do vento, foi utilizada a distribuição de Poisson com função de ligação logarítmica.

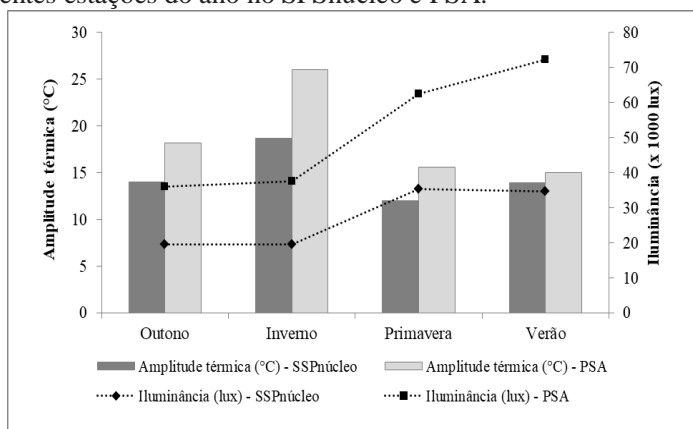
Para constatar se a influência gerada pelos fatores avaliados (sistema, condição e distância) acarretou diferença nas variáveis microclimáticas, os dados foram submetidos à análise confirmatória pelo teste kruskal wallis a 95% de confiança. Todas as análises (influência, descritiva e

confirmatória) foram realizadas por meio da extensão do Statistical Software R Action Stat (Software Action, 2014).

5.4 RESULTADOS

A amplitude térmica entre os tratamentos variou de acordo com a estação do ano, em função da iluminância recebida por cada área. Entretanto, independentemente da estação, os maiores valores foram observados no PSA (Figura 2). Em todas as estações do ano, as maiores médias de temperatura do ar, foram registradas entre as 12:00 e 14:00 horas (outono = 27,98°C (SPSnúcleo) e 29,34°C (PSA); inverno = 27,3°C (SPSnúcleo) e 29,26°C (PSA); primavera = 32,42°C (SPSnúcleo) e 36,17°C (PSA) e verão = 31,6°C (SPSnúcleo) e 38,2°C (PSA).

Figura 2 – Variação da amplitude térmica em função da iluminância nas diferentes estações do ano no SPSnúcleo e PSA.



Houve influência ($p < 0,05$) dos sistemas e das condições nas variáveis microclimáticas, sendo os menores valores médios de temperatura do ar, iluminância, velocidade do vento e temperatura da superfície do solo registrada na sombra na APN em comparação com o PSA (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios e coeficiente de variação (CV, %) das variáveis: temperatura do ar (T, °C), umidade relativa (UR), iluminância (Ilum, lux), velocidade do vento (VV, m / s) e temperatura da superfície do solo (TSS, °C) nas estações avaliadas.

| Sistema | | Outono SSPnúcleos | | | | | | PSA | |
|-------------|------|-------------------------|--------|---------|------------|--------|---------|--------------------|--------|
| Condição | | Sombra | | | Sol | | | Sol | |
| Variáveis | Área | Média | CV (%) | p-valor | Média | CV (%) | p-valor | Média | CV (%) |
| T (°C) | APN | 22.75Ac | 0.14 | < 0.001 | 23.96Ab | 0.15 | < 0.001 | 25.32a | 0.15 |
| | AEN | 22.55Ac | 0.13 | < 0.001 | 24.05Ab | 0.15 | < 0.001 | | |
| UR (%) | APN | 64.98Aa | 0.15 | < 0.001 | 62.97Aa | 0.18 | < 0.001 | 56.20b | 0.18 |
| | AEN | 65.99Aa | 0.15 | < 0.001 | 62.64Aab | 0.18 | < 0.001 | | |
| Ilum. (Lux) | APN | 3929.23Ab | 0.69 | < 0.001 | 34596.99Aa | 0.33 | < 0.001 | 35900.73a | 0.47 |
| | AEN | 4261.68Ab | 0.62 | < 0.001 | 35146.53Aa | 0.31 | < 0.001 | | |
| VV (m.s-1) | APN | 0.43Ab | 1.38 | < 0.001 | 0.70Aa | 1.13 | < 0.001 | 0.44b | 1.28 |
| | AEN | 0.42Ab | 1.45 | < 0.001 | 0.65Aa | 1.15 | < 0.001 | | |
| TSS (°C) | APN | 18.01Ac | 0.19 | < 0.001 | 23.40Ab | 0.23 | < 0.001 | 24.51a | 0.22 |
| | AEN | 18.51Ac | 0.20 | < 0.001 | 21.39Ab | 0.22 | < 0.001 | | |
| Sistema | | Inverno SSPnúcleos | | | | | | PSA | |
| Condição | | Sombra | | | Sol | | | Sol | |
| Variáveis | Área | Média | CV (%) | p-valor | Média | CV (%) | p-valor | Média | CV (%) |
| T (°C) | APN | 22.44Ab | 0.20 | < 0.001 | 24.62Aa | 0.21 | < 0.001 | 25.70a | 0.23 |
| | AEN | 22.36Ac | 0.20 | < 0.001 | 24.55Ab | 0.22 | < 0.001 | | |
| UR (%) | APN | 57.26Aa | 0.29 | < 0.001 | 50.84Ab | 0.29 | 0.124 | 48.63b | 0.31 |
| | AEN | 59.02Aa | 0.27 | < 0.001 | 50.41Ab | 0.31 | 0.187 | | |
| Ilum. (Lux) | APN | 5268.71Ac | 0.66 | < 0.001 | 32847.45Ab | 0.37 | < 0.001 | 37490.96a | 0.46 |
| | AEN | 5390.23Ac | 0.71 | < 0.001 | 34847.45Ab | 0.35 | < 0.001 | | |
| VV (m.s-1) | APN | 0.39Ac | 1.45 | < 0.001 | 0.58Ab | 1.19 | 0.057 | 0.73a | 0.95 |
| | AEN | 0.37Ac | 1.60 | < 0.001 | 0.51Ab | 1.30 | < 0.001 | | |
| TSS (°C) | APN | 16.95Ac | 0.26 | < 0.001 | 20.44Ab | 0.25 | < 0.001 | 23.10a | 0.24 |
| | AEN | 16.49Ac | 0.26 | < 0.001 | 21.45Ab | 0.27 | < 0.001 | | |
| Sistema | | Primavera SSPnúcleos | | | | | | PSA | |
| Condição | | Sombra | | | Sol | | | Sol | |
| Variáveis | Área | Média | CV (%) | p-valor | Média | CV (%) | p-valor | Média | CV (%) |
| T (°C) | APN | 30.61Ab | 0.09 | < 0.001 | 30.78Ab | 0.10 | < 0.001 | 33.54a | 0.09 |
| | AEN | 30.26Ac | 0.10 | < 0.001 | 31.50Ab | 0.09 | < 0.001 | | |
| UR (%) | APN | 36.19Ab | 0.17 | < 0.001 | 38.73Aa | 0.18 | < 0.001 | 35.90b | 0.14 |
| | AEN | 39.77Aa | 0.17 | < 0.001 | 36.50Ab | 0.16 | < 0.001 | | |
| Ilum. (Lux) | APN | 7863.77Bc | 0.69 | < 0.001 | 50839.86Ab | 0.52 | < 0.001 | 62443.91a | 0.49 |
| | AEN | 25090.72Ab | 1.10 | < 0.001 | 57838.53Aa | 0.48 | 0.126 | | |
| VV (m.s-1) | APN | 0.99Aa | 1.05 | 0.087 | 0.73Ab | 1.19 | 0.138 | 0.95a | 0.86 |
| | AEN | 0.83Aab | 1.20 | 0.116 | 0.77Ab | 1.27 | 0.217 | | |
| TSS (°C) | APN | 25.45Ab | 0.15 | < 0.001 | 29.22Aa | 0.17 | 0.096 | 30.65a | 0.18 |
| | AEN | 25.43Ab | 0.18 | < 0.001 | 29.73Aa | 0.18 | 0.424 | | |
| Sistema | | Verão SSPnúcleos | | | | | | PSA | |
| Condição | | Sombra | | | Sol | | | Sol | |
| Variáveis | Área | Média | CV (%) | p-valor | Média | CV (%) | p-valor | Média | CV (%) |
| T (°C) | APN | 30.89Ac | 0.09 | < 0.001 | 31.74Ab | 0.09 | < 0.001 | 35.05 ^a | 0.08 |
| | AEN | 30.79Ac | 0.10 | < 0.001 | 31.66Ab | 0.08 | < 0.001 | | |
| UR (%) | APN | 61.86Aa | 0.15 | < 0.001 | 60.94Aa | 0.13 | < 0.001 | 51.55b | 0.16 |
| | AEN | 63.92Aa | 0.14 | < 0.001 | 60.66Ab | 0.13 | < 0.001 | | |
| Ilum. (Lux) | APN | 6897.42Ac | 0.49 | < 0.001 | 59443.75Ab | 0.52 | < 0.001 | 72241.63a | 0.46 |
| | AEN | 6906.56Ac | 0.50 | < 0.001 | 65805.09Ab | 0.43 | < 0.001 | | |
| VV (m.s-1) | APN | 0.83Aa | 3.34 | < 0.001 | 0.68Aa | 1.30 | < 0.001 | 0.45b | 1.13 |
| | AEN | 0.54Ab | 1.30 | < 0.001 | 0.44Ab | 1.49 | < 0.001 | | |
| TSS (°C) | APN | 25.60Ac | 0.14 | < 0.001 | 30.83Aa | 0.12 | < 0.001 | 29.06a | 0.14 |
| | AEN | 26.10Ac | 0.14 | < 0.001 | 30.23Aa | 0.11 | < 0.001 | | |

Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste da Kruskal Wallis ($p < 0,05$).

Variáveis microclimáticas com $p < 0,001$ sofrem influência significativa do SSPnúcleo em relação à PSA pelo modelo linear generalizado.

Na condição sombreada da APN foi observada temperatura do ar e do solo inferior ao PSA, com redução respectivamente das variáveis térmicas de 10,1% e 24,5% no outono, no inverno de 12,7% e 26,6%, na primavera de 6,9% e 15,4%, no verão de 13% e 10,2%. Para a condição de sol da APN entre PSA, houve uma redução da temperatura do ar e do solo de 5,4% e 4,5% no outono, 5,3% e 11,5% no inverno, 9,2% e 2,9% na primavera, no verão a temperatura do ar foi 5,5% inferior, mas a temperatura do solo foi superior 6% ao PSA.

O dossel arbóreo do SSPnúcleo barrou a radiação solar diminuindo a iluminância na condição de sombra em ambas as distâncias (2,5 e 5m), o que promoveu maior proteção solar nas estações (88,1% e 89% no outono; 85,9% e 85,6% no inverno; 87,4% e 59,8% na primavera; 90,4% e 90,2% no verão respectivamente para cada distância) em relação ao PSA. Na condição de sol APN e AEN também tiveram proteção solar quando comparado com o PSA (reduziu no outono 2,1% e 3,6%, no inverno 12,3% e 7%, na primavera 18,5% e 7,4% e no verão 17,71 e 8,9% respectivamente).

Na condição de sombra da APN a umidade relativa foi a que registrou as maiores porcentagem ao longo do ano, com diferença significativa ($p < 0,05$) dos demais tratamentos. A umidade relativa na sombra da AEN comparada com o PSA (observado os menores teores de umidade) foi superior em 9,7% (outono), no inverno 10,4%, na primavera 3,8% e no verão 12,7%.

Nas estações avaliadas ocorreu variação ($p < 0,05$) entre os tratamentos em relação à velocidade do vento. A média anual da velocidade foi menor na condição sombra (média de $0,60 \text{ m.s}^{-1}$) em comparação ao sol nos núcleos (média de $0,63 \text{ m.s}^{-1}$). Também, a condição sol nos núcleos teve velocidade inferior à apresentada a pleno sol na pastagem sem árvores ($0,65 \text{ m.s}^{-1}$). Na condição de sombra da AEN (maior variação entre tratamentos) reduziu a velocidade do vento em relação ao PSA em $0,02 \text{ m.s}^{-1}$ no outono, no inverno $0,34 \text{ m.s}^{-1}$, na primavera $0,12 \text{ m.s}^{-1}$ e $0,14 \text{ m.s}^{-1}$ no verão.

Quando comparado a APN e AEN de acordo com a condição de sombra ou sol independente da estação, não foi verificada diferença significativa ($p > 0,05$) entre nenhuma das variáveis avaliadas. Isso significa que o SSPnúcleo proporcionou estabilidade microclimática, fazendo com que as variáveis não sejam diferentes nas mesmas condições mesmo com a distância.

5.5 DISCUSSÃO

Este estudo mostra que independentemente da distância, o SSPnúcleos foi mais eficiente que o PSA em mitigar as variáveis microclimáticas adversas ao componente forrageiro. Fato este devido ao componente arbóreo influenciar a maioria das características morfofisiológicas da pastagem em função do nível de sombreamento (PEZZOPANE et al., 2015). Dentre as mudanças provocadas pelos sistemas silvipastoris, destacam-se o estiolamento da planta, ou seja, forrageiras com maior estatura em virtude da menor incidência luminosa (BERNARDINO; GARCIA, 2009; GARCEZ NETO et al., 2010).

Em todas as estações o SSPnúcleos apresentou os menores valores médios de temperatura do ar, iluminância, temperatura do solo e os maiores valores de umidade relativa do ar, sendo estas registradas principalmente na condição de sombra. Todavia, até mesmo em áreas ensolaradas o SSPnúcleos apresentou o mesmo padrão, no qual obteve valores médios inferior as do PSA, para todas as variáveis estudadas. Isto ocorre, porque as árvores bloqueiam parte da radiação solar incidente, diminuindo o fluxo de radiação de ondas longas durante o dia e a noite, reduzindo a temperatura do ar entre a copa das árvores e a forragem (SINGH et al., 2012). Por consequência da menor temperatura, ocorre redução da taxa de evapotranspiração pela forragem, aumentando a umidade relativa do ar e do solo, favorecendo o crescimento forrageiro (BALISCEI et al. 2013, BERNARDINO; GARCIA, 2009).

No SSPnúcleo, independente das distância (2,5 e 5 m) e condição (sombra e sol), foram registradas as menores amplitudes térmicas do período experimental. Resultados semelhantes foram encontrados por Baliscei et al. (2013) e Karvate et al. (2016), que observaram diferença de 2 a 5°C (no verão), quando compararam as temperaturas de um sistema silvipastoril com as de uma pastagem sem árvores. O componente arbóreo diminui a flutuação brusca de temperatura entre o dia e a noite, minimizando a amplitude térmica dentro do sistema, isso faz com que as forrageiras gastem menos energia em processos fisiológicos de respiração e transpiração, principalmente no período noturno, o que favorece maior produção (NICODEMO et al., 2004; MURGUEITIO et al., 2011).

A iluminância no SSPnúcleos foi inferior à do PSA em todas as estações do ano, até mesmo nas áreas ensolaradas. De acordo com o arranjo espacial e a densidade das árvores a iluminância varia no sub-bosque de SSPs (RODRIGUES et al., 2014). Áreas próximas ao dossel arbóreo (1 a 3m de distância das árvores) possuem proporção de sombreamento que varia entre 55% e 70%, enquanto que nas áreas mais

distantes (5 a 10 m de distância das árvores) a proporção de sombreamento é inferior (7% a 20%) (KARKI; GOODMAN, 2014; COELHO et al., 2014). Quando observadas as distâncias avaliadas neste estudo (2,5 e 5m) a interceptação da radiação solar (lux) variou em 10%. Isso demonstra que mesmo distante (5 metros) da copa das árvores, o SSPnúcleos mostrou-se eficiente em interceptar a radiação solar, fornecendo melhores condições microclimáticas para o sistema como um todo. Menor radiação solar ocorre devido à interceptação luminosa das árvores, o que gera um fluxo de fótons inferior ao de áreas a pleno sol, favorecendo o desenvolvimento forrageiro, pois menor luminosidade está relacionada também com menor temperatura do solo (EHRET, GRAß; WACHENDORF, 2016).

Em todo o período experimental, a temperatura superficial do solo no SSPnúcleos foi inferior ao PSA. Essa diferença entre as temperaturas pode estar relacionada a vários fatores, mas principalmente pela cobertura vegetal do componente arbóreo e forrageiro, que funcionam como uma segunda barreira contra a radiação solar (WANZELER, COSTA E SANTOS 2016). A refletividade da radiação solar de ondas curtas é maior quando a presença de vegetação é maior, e por consequência reduzem a temperatura superficial do solo (HERMES et al., 2018). Temperaturas superficiais do solo mais elevadas reduzem a umidade e interferem nos processos de decomposição da serapilheira, assim reduzem a atividade microbiana na reciclagem dos nutrientes, prejudicando o desenvolvimento forrageiro (FEKETE et al., 2016).

Os elementos arbóreos no SSPnúcleos exerceram função de quebra-vento, na qual as menores médias foram registradas a 2,5m e 5m de distância dos núcleos arbóreos. A baixa velocidade do vento gera menor evapotranspiração e possui influência direta no fechamento estomático, que está ligada a manutenção de altas taxas de fotossíntese (SOARES et al., 2009). Ventos muito fortes podem acarretar danos físicos como fraturas, murchamento e dessecação das folhas comprometendo a área foliar fotossinteticamente ativa e prejudica a produção vegetal (SOARES et al., 2009). A velocidade do vento registrada em ambos os sistemas (SSPnúcleos e PSA) durante o período de avaliação não representou ameaça ao componente vegetal, uma vez que a velocidade vento considerada capaz de causar danos ao tecido vegetal deve ser superior aos 6 m.s-1 (OLIVEIRA et al. 2017).

5.6 CONCLUSÃO

O sistema silvipastoril com núcleos de alta biodiversidade (SSPnúcleos) influenciou positivamente as variáveis microclimáticas da pastagem, quando comparadas com a pastagem sem árvores, principalmente por apresentar menor temperatura do ar e do solo e maior umidade relativa do ar.

5.7 REFERÊNCIA

ALTIERI, M. Agroecologia: Bases científicas para uma agricultura sustentável. 3. ed. São Paulo: Rio de Janeiro Expressão Popular, 2012, 400p.

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, [s.l.], v. 22, n. 6, p.711-728, 1 dez. 2013. Schweizerbart. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

BALISCEI, M.A.; BARBOSA, O.R.; SOUZA, W.; COSTA, M.A.T.; KRUTZMANN, A.; QUEIROZ E.O. Microclimate without shade and silvopastoral system during summer and winter. *Acta Scientiarum: Animal Science*, Maringá, v. 35, n. 1, p. 49-56, 2013.

BATTISTI LFZ, Schmitt Filho AL, Loss A, Sinisgalli PA (2018) Soil chemical attributes in a high biodiversity silvopastoral system. *Acta Agron.* 67 (3) 451–132. <https://doi.org/10.15446/acag.v67n3.70180>.

BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. Sistemas Silvipastoris. *Pesquisa Florestal Brasileira*, n. 60, p. 77-87, 2009.

BOSI, C. Interações em sistema silvipastoril: microclima, produção de forragem e parametrização de modelo para estimativa da produtividade de pastagens de brachiária. 2014. Dissertação (Engenharia em Sistemas Agrícolas) - Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP, 2014.

BORBUREMA JB, de Souza BB, Cezar MF, Filho JMP (2013) Influência de fatores ambientais sobre a produção e composição físico-química do leite. *Agropecuária Científica No Semiárido* 9:15–19.

COELHO, Joysiene Sanguinete et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária em sistema silvipastoril com diferentes arranjos espaciais. **Semina: Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 35, n. 3, p.1487-1502, 25 jun. 2014. Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n3p1487>.

CORBIN JD, Holl KD (2012) Applied nucleation as a forest restoration strategy. *For Ecol Manag* 265:37–46. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.10.013>.

DENIZ, Matheus et al. High biodiversity silvopastoral system as an alternative to improve the thermal environment in the dairy farms. *International Journal Of Biometeorology*, [s.l.], p.1-10, 19 nov. 2018. Springer Nature America, Inc. <http://dx.doi.org/10.1007/s00484-018-1638-8>.

DIAS-FILHO, M.B., 2011. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. MBDF, Belém, PA.

DIAS-FILHO, M.B., 2014. Diagnóstico das Pastagens no Brasil. Embrapa Amazônia Oriental (Documentos 402), Belém, PA, pp. 38.

EHRET, M.; Graß, R.; Wachendorf, M. Productivity at the tree-crop interface of a young willow-grassland alley cropping system. *Agroforestry Systems*. p. 1-13, 2016.

FEKETE, I.; Varga, C.; Biró, B.; Tóth, J. A.; Várbíró, G.; Lajtha, K.; Szabó, G.; Kotroczó, Z. The effects of litter production and litter depth on soil microclimate in a central european deciduous forest. *Plant and Soil*, v. 398, p. 291-300, 2016.

FRANCIS, C. A.; Wezel, A. Agroecology and agricultural change. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, v.1, p.329-333, 2015.

GARCEZ NETO, A. F.; Garcia, R.; Moot, D. J.; Gobbi, K. F. Aclimação morfológica de forrageiras temperadas a padrões e níveis de sombreamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v. 39, n. 1, p. 42-50, 2010.

HERMES, Cátia et al. Microclima em sistema silvipastoril agroecológico com bambu em diferentes distâncias de projeção de sombra: um estudo de caso no Sul do Brasil. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, [s.l.], v. 17, n. 1, p.142-146, 7 maio 2018. Universidade do Estado de Santa Catarina. <http://dx.doi.org/10.5965/223811711712018142>.

KARKI, Uma; GOODMAN, Mary S.. Microclimatic differences between mature loblolly-pine silvopasture and open-pasture. *Agroforestry Systems*, [s.l.], v. 89, n. 2, p.319-325, 16 nov. 2014. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s10457-014-9768-4>.

KARVATTE N, Klosowski ES, de Almeida RG et al (2016) Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated croplivestock-forest systems in the Brazilian Midwest. *Int J Biometeorol* 60:1933–1941. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1180-5>.

KASTNER T, Rivas MJI, Koch W, Nonhebel S (2012) Global changes in diets and the consequences for land requirements for food. *Proc Natl Acad Sci* 109:6868–6872. <https://doi.org/10.1073/pnas.1117054109>.

MÉNDEZ VE, Caswell M, Gliessman SR, Cohen R (2017) Integrating agroecology and participatory action research (PAR): lessons from Central America. *Sustain* 9:1–19. <https://doi.org/10.3390/su9050705>.

MURPHY W (1998) *Greener pasture on your side of the fence: Better farming with Voising Management Intensive Grazing*. 4th Edition, Colchester Vermont: Arriba Publishing.

MURGUEITIO, E.; Calle, Z.; Uribe, F.; Calle, A.; Solorio, B.; Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*. v. 261, p. 1654-1663, 2011.

NASCIMENTO ST, Rossetto YP, Silva AA et al (2017) Influência da temperatura ambiente no verão na produção de leite de vacas holandesas. *PubVet* 11:217–223. <https://doi.org/10.22256/PUBVET.V11N3.217-223Influência>.

NELSON GC, Valin H, Sands RD et al (2014) Climate change effects on agriculture: economic responses to biophysical shocks. *Proc Natl Acad Sci* 111:3274–3279. <https://doi.org/10.1073/pnas.1222465110>.

NICODEMO, M. L. F.; Silva, V. P. Da; Thiago, L. R. L.; Gontijo Neto, M. M.; Laura, V. A. *Sistemas Silvopastoris: Introdução de árvores na Pecuária do Centro-Oeste Brasileiro*. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2004, 37p.

OLIVEIRA, C. C. et al. Thermal comfort indices assessed in integrated production systems in the Brazilian savannah. *Agroforestry Systems*, p. 1–8, 2017.

PACIULLO, D.S.C., Gomide, C.A.M., Castro, C.R.T.d., Fernandes, P.B., Müller, M.D., Pires, M.d.F.Á., Fernandes, E.N., Xavier, D.F., 2011. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 46, 1176–1183.

PEZZOPANE, J.R.M., Bosi, C., Nicodemo, M.L.F., Santos, P.M., Cruz d, P.G., Parmejiani, R. S., 2015. Microclimate and soil moisture in a silvopastoral system in southeastern Brazil. *Bragantia* 74, 110–119.

REIS A, Bechara FC, De Espíndola MB et al (2003) Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. *Nat Conserv* 1:28–36.

RODRIGUES, C.O.D., Araújo, S.A.d.C., Viana, M.C.M., Rocha, N.S., Braz, T.G.d.S., Villela, S. D.J., 2014. Light relations and performance of signal grass in silvopastoral system. *Acta Sci.* 36, 129–136.

SANTOS, Darliane de Castro et al. Forage dry mass accumulation and structural characteristics of Piatã grass in silvopastoral systems in the Brazilian savannah. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, [s.l.], v. 233, p.16-24, out. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2016.08.026>.

SCHMITT AL, Farley J, (2017) Co-investment in agroecology for ecosystems services in Santa Rosa de Lima, Brazil. 9th Biennial CONFERENCE of United States Society for Ecological Economics USSEE. Minnesota USA.

SCHMITT AL, Farley J, Alarcon GG, et al (2013) Integrating agroecology with payments for ecosystem services in Santa Catarina's Atlantic Forest. In: Gov. Prov. Ecosyst. Serv.333–355. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5176-7_17.

SCHRÖTER B, Matzdorf B, Sattler C, Garcia Alarcon G (2015) Intermediaries to foster the implementation of innovative land management practice for ecosystem service provision - a new role for researchers. *Ecosyst Serv* 16:192–200. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.10.007>.

SINGH, A.K.; Kumar, P.; Singh, R.; Rathore, N. Dynamics of tree-crop interface in relation to their influence on microclimatic changes: a review. *HortFlora Research Spectrum*, Meerut, v.1, n. 3, p.193-198, 2012.

SOARES, André Brugnara et al. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa/mg, v. 38, n. 3, p.443-451, abr. 2009.

SOUZA, W.: Barbosa, O.R.; Marques, J.; Costa, M.A.T.; GaPArino,E.; Limberger, E. Microclimate in silvipastoral systems with eucalyptus in rank with diferente heights. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 39, n.3, 685-694, 2010.

WANZELER, R. T. S.; Costa, J. De P. Da; Santos, C. A. dos. Variabilidade horária do perfil de temperatura do solo em um pomar de mangueiras (*Mangifera indica* L.), na localidade de Cuiarana, Salinópolis – PA. *Estação Científica*. v. 6, n. 1, p. 117-124, 2016.

6 ARTIGO 2 – SISTEMA SILVIPASTORIL COM NÚCLEOS DE ALTA BIODIVERSIDADE PROPORCIONA MELHORES CONDIÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO FORRAGEIRO

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do sistema silvipastoril com núcleos de alta biodiversidade (SSPnúcleo) no desenvolvimento forrageiro. O experimento foi conduzido durante o período de um ano, em oito piquetes (4 com SSPnúcleo e 4 sem árvores) com média de 1.500m²/ cada. O experimento foi dividido em 3 tratamentos os quais correspondiam as áreas de avaliação: 1) área próxima aos núcleos (APN), com amostras coletadas a 2,5m do entorno dos núcleos, 2) área entre os núcleos (AEN), com amostras coletadas a 5m do entorno dos núcleos, e 3) área dos piquetes sem o componente arbóreo (PSA). Foram avaliadas as variáveis de produção e altura forrageira no pré e pós-pastoreio, desenvolvimento radicular e composição botânica avaliadas nas estações extremas de verão e inverno e a análise bromatológica foi avaliada em cada estação. Foi feita análise de variância – ANOVA e o teste de Tukey com uma significância de 5% para a comparação das médias. Os resultados demonstram que o sombreamento promovido pelas árvores, influenciaram as variáveis avaliadas, sendo os melhores resultados de produção e altura forrageira encontrados na área entre os núcleos (AEN) com 40% de proteção luminosa. As maiores médias anuais de produção (4309 kgMS/ha) e altura (31,6 cm) forrageira foram encontrados na AEN. Na APN foram observadas as maiores médias anuais de PB (19,8%) e os menores de FDN (59,8%) e FDA (34,7%). O PSA teve a maior biomassa radicular total no verão (6308 kgMS/ha) e inverno (3647 kgMS/ha) na camada de 0 a 5cm e os valores intermediários de produção e altura forrageira. Com isso, conclui-se que o SSPnúcleo como um todo proporcionou melhores condições produção e melhor qualidade forrageira, quando comparado com o pasto sem o componente arbóreo.

Palavras-chave: Sombreamento. Produção. Qualidade. Radiação.

6.1 INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira representa 7% do PIB, sendo a maior parte realizada a base de pasto (IBGE, 2012). Devido a isto, uma parte significativa da economia nacional depende diretamente das condições ambientais e do manejo adequado dos agroecossistemas pastoris (De Oliveira et al., 2016). Todavia, 70% das áreas de pastagens estão em algum estágio de degradação, que somada à instabilidade climática comprometem o desenvolvimento forrageiro e a produção animal (Euclides et al., 2016).

O manejo extensivo atrelado à baixa carga animal por hectare são fatores que desencadeiam o processo de degradação em áreas de pastagem. Isto ocorre devido à redução das reservas de nutrientes presentes nas raízes (Dias-Filho 2011; Pinheiro Machado, 2010). Este tipo de manejo não proporciona tempo adequado para que a pastagem se recomponha a tempo de um novo pastoreio. Ademais das práticas de manejo adotadas, as condições climáticas adversas existentes nas zonas intertropicais desencadeiam estiagem ou excesso de chuva, que atrelado às altas temperaturas, são fatores que afetam diretamente no desenvolvimento forrageiro (Coelho et al., 2014; Lopes et al., 2016).

A adoção de práticas que atenuem esses efeitos se faz necessárias, pois além de promover a sustentabilidade e conservação dos recursos naturais, auxilia na recuperação dos agroecossistemas (Altieri, 2012). Dentre essas práticas, destacam-se os Sistemas Silvipastoris (SSPs), que são caracterizados por manejar de forma simultânea animais, plantas forrageiras e árvores em uma mesma área (Peri; Dube; Varella, 2016). Tais sistemas tornam-se importantes, pois a sombra das árvores além de reduzir a carga térmica e a radiação direta no dossel forrageiro, aumenta a umidade do local e proporciona melhores condições para produção à base de pasto (Borburema et al., 2013). Entretanto, deve se atentar aos arranjos de plantio e espécies arbóreas utilizadas, pois podem diminuir a radiação solar a ponto de prejudicar a fotossíntese, e como consequência afetar a produção e qualidade das forragens (Soares et al., 2009; Paciullo et al. (2007).

A tolerância das forrageiras ao sombreamento depende da sua habilidade em se adaptar a um nível específico de luminosidade (Karki e Goodman, 2014). Na tentativa de competirem por radiação, as forrageiras modificam suas estruturas, a área foliar e os colmos tendem a serem maiores e as folhas tornam-se mais tenras e estioladas (Taiz e Zeiger 2013). Além disso, forrageiras cultivadas em áreas sombreadas de SSP, tendem a crescer na direção horizontal, em relação às cultivadas a pleno

sol (Paciullo et al.,2007). Porém, altos níveis de sombreamento (acima de 65%) desencadeiam queda na produção forrageira, enquanto que em níveis de sombra intermediário (25 – 30%), a produção é semelhante daquelas a pleno sol (Soares, et al.,2009).

É conhecido que a introdução de árvores na pastagem aumenta a provisão dos serviços ecossistêmicos e alteram a dinâmica nessas áreas. Entretanto, apesar da grande biodiversidade, a implantação de árvores nativas como elemento arbóreo nos SSP, ainda é pouco utilizada no Brasil (Antonelli et al., 2015). Por isso a importância em avaliar o desenvolvimento forrageiro em diferentes modalidades de sistemas silvipastoris. Desta forma, o objetivo deste estudo foi comparar o desenvolvimento da pastagem cultivada sob um sistema silvipastoril com núcleos de alta biodiversidade (SSPnúcleos) com a de uma área de pastagem sem árvore.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

6.2.1 Localização e padrão climático

O experimento foi realizado durante as quatro estações do ano, com início no verão (janeiro/2018) e término na primavera (novembro/2018), em uma propriedade leiteira de agricultura familiar, inserida no bioma Mata Atlântica (IBGE, 2016). Localizada no município de Santa Rosa de Lima, ao sul do estado de Santa Catarina, Brasil, com uma altitude de 235 m. O clima da região de acordo com a classificação de Köppen é caracterizado como subtropical úmido mesotérmico (Cfa). O verão apresenta temperatura mínima baixo de 13°C e temperatura máxima acima de 36 °C, com precipitação média mensal acima de 40 mm (ALVARES et al., 2013).

6.2.2 Área experimental

Para o experimento foram utilizados oito piquetes com aproximadamente 1.550 m², sendo quatro com árvores (SSPnúcleos) e outros quatro sem árvores (PSA). Todos os piquetes possuem a mesma inclinação (12 a 15%) e foram submetidos ao mesmo manejo animal e forrageiro durante todo o período experimental.

6.2.3 Manejo da área experimental

6.2.3.1 Animal

Ao total a propriedade possui um plantel de 70 vacas leiteiras da raça Jersey, sendo 40 animais em lactação e 30 prenhas em período seco. A pastagem é manejada sob sistema de Pastoreio Racional Voisin (PRV), no qual os piquetes possuem um período de ocupação de 24 horas. Os animais em lactação permanecem as primeiras 12h e após a saída destes, adentram nos piquetes as vacas prenhas e secas que permanecem por mais 12h. O período de descanso da pastagem varia de acordo com a estação do ano, sendo aproximadamente 30 dias nas estações quentes (primavera e verão) e 35 dias nas estações frias (outono e inverno). A taxa média de lotação por hectare ao longo do ano é de 3,8 UA.

6.2.3.2 Forrageiro

Com a finalidade de renovar e homogeneizar a pastagem, 30 dias antes do início das coletas foi realizado corte total (0,10m da superfície do solo) do componente forrageiro. Desta mesma forma foi realizado mais um corte 40 dias antes das coletas de inverno (sobressemeadura da pastagem de inverno – *L. multiflorum*). Esse último corte foi feito a sobressemeadura de “inverno” com *Lolium multiflorum* cv. Estanzuela 284, para aumentar a disponibilidade forrageira durante o inverno.

Todos os piquetes recebem a mesma adubação, nos quais foram aplicados 500 litros de esterco líquido curtido em cada piquete a cada 60 dias e a cada 45 dias foi aplicado 50kg de N/ha (uréia - 45%).

6.2.3.3 Sistema Silvipastoril de Alta Biodiversidade com Núcleos (SSPnúcleo)

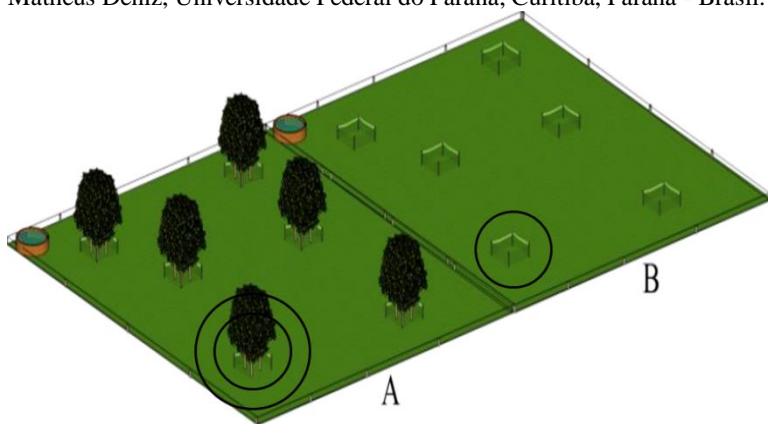
Conforme descrito por Deniz et al. (2018) o SSPnúcleo é composto por núcleos arbóreos (5 m x 5 m) protegidos com cerca para impedir o acesso dos animais. Ao total, os quatro piquetes possuem 33 núcleos arbóreos implantados no sentido norte/sul e com espaçamento de 14 metros entre os núcleos.

6.2.4 Definição dos tratamentos

Os tratamentos foram definidos de acordo com as variáveis independentes, presença ou não de núcleos e a distância dos núcleos, 2,5 ou 5m de distância. Assim, nos piquetes SSPnúcleo as medições foram realizadas na área próxima ao núcleo (APN) a 2,5m de distância e na área entre núcleo (AEN) a 5m de distância do núcleo. Pontos fictícios simulando essas distâncias foram também alocados nos piquetes sem árvores (PSA), conforme representado na figura 1. Desta forma, os tratamentos foram 3:

- 1) APN: área a 2,5m do núcleo,
- 2) AEN: área a 5m do núcleo,
- 3) APS: área em piquete sem árvores a pleno sol.

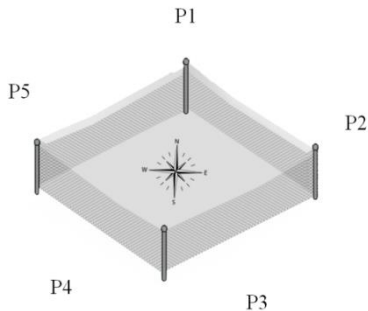
Figura 1. Representação esquemática da divisão dos tratamentos (A – SSPnúcleo com a área do próxima dos núcleos (APN) e área entre os núcleos (AEN); B – área dos piquetes sem a presença do componente arbóreo (PSA). Ilustração Matheus Deniz, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná - Brasil.



6.2.5 Pontos de coleta

Para que as aferições fossem realizadas sempre no mesmo local, foram determinados pontos de coleta equidistantes por núcleo (arbóreos e simulado) em cada um dos tratamentos (APN, AEN e PSA) (Figura 2).

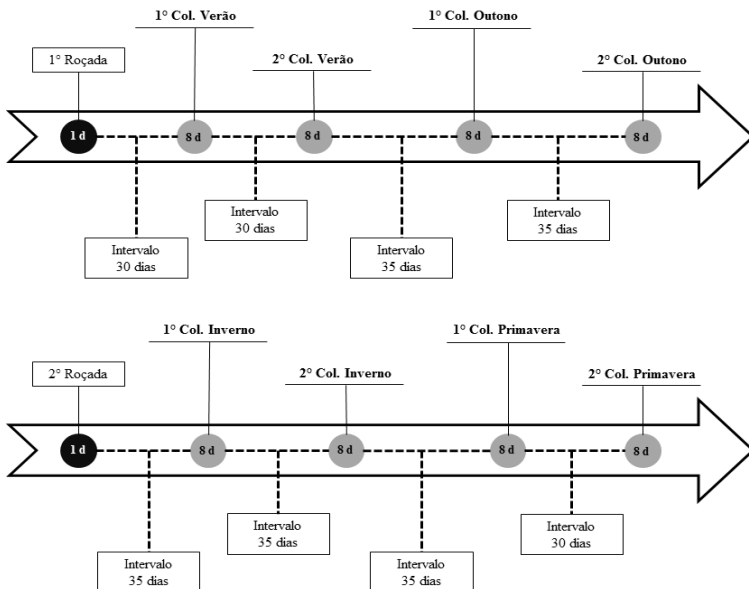
Figura 2. Representação esquemática dos pontos de coleta. Ilustração Matheus Deniz, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná – Brasil.



6.2.6 Variáveis

Nas diferentes estações do ano foram analisadas em ambos os sistemas as variáveis: iluminância (lux), composição botânica (%), massa total de forragem disponível e produzida entre cortes (kg de MS ha⁻¹), altura total e crescimento entre cortes do dossel forrageiro (cm), análise bromatológica (%) e biomassa de raiz (kg.ha⁻¹) (Figura 3).

Figura 3. Representação esquemática do período experimental.



6.2.6.1 Iluminância

Para evitar variações temporais, as coletas de iluminância foram realizadas de forma simultânea em ambos os sistemas (SSPnúcleos e PSA). As coletas foram realizadas com a utilização de um luxímetro digital modelo AK 309 (escala de 0,0 a 20000 lux; precisão de $\pm 5\%$) em três faixas de horários (das 08:00 às 10:00, 12:00 às 14:00 e 16:00 às 18:00 horas). A cada intervalo (2 h) foram aferidos 80 pontos de coleta por tratamento (04 pontos por núcleo x 05 núcleos por piquete x 04 piquetes).

6.2.6.2 Composição botânica da pastagem

A composição botânica da área experimental foi realizada duas vezes no período experimental, uma no verão e outra no inverno utilizando o método botanal (Gardner,1986). As aferições foram realizadas em cinco pontos de coleta por núcleo e em cinco núcleos por piquete, totalizando 100 amostras por tratamento. A composição botânica foi dividida em 05 grupos, sendo eles: gramíneas de verão, gramíneas de inverno, leguminosas de verão e leguminosas de inverno e outras espécies.

6.2.6.3 Produção e altura do dossel forrageiro

A massa forrageira disponível (kg MS. H^{-1}) foi mensurada duas vezes em cada estação do ano, com intervalo entre cortes de 30 dias nas estações quentes (primavera e verão) e 35 dias nas estações frias (outono e inverno). As aferições foram divididas em pré-pastoreio (12h antes da ocupação do piquete) e pós-pastoreio (12h após as vacas secas desocuparem o piquete). Desta forma, com a amostra de pré-pastoreio foi possível determinar a quantidade de matéria seca total (MS) disponível para o pastejo, e com a massa forrageira do pós-pastoreio de um ciclo e o pré-pastoreio de outro ciclo foi estimada a produção forrageira.

Para as coletas foi utilizada metodologia de dupla amostragem (Wilm et al. 1944), sendo realizadas 25 amostras visuais (5 pontos de coleta por núcleo - distribuídos equidistantes do núcleo x 5 núcleos por piquete) em cada piquete por tratamento (APN, AEN e PSA). Das amostras visuais, foram coletadas 15 amostras físicas (3 pontos de coleta por núcleo x 5 núcleos por piquete) por tratamento em cada piquete. As amostras e as estimativas visuais foram feitas com o auxílio de um quadrado de área conhecida (25 x 25 cm) posicionado sobre o ponto de

coleta. Para as amostras físicas, a massa verde contida no quadrado foi cortada a 0,05 m do solo, pesada e posteriormente seca em estufa de ventilação forçada a 105 °C por 24h, após secas, foram pesadas novamente para determinar a massa seca total (MS total).

A altura do dossel forrageiro (cm) foi mensurada utilizando régua de metal graduada (60 cm), sendo realizadas paralelas e nos mesmos pontos das amostras visuais, no centro da área demarcada, totalizando 25 amostras em cada piquete por tratamento. Com as amostras de altura do pré-pastoreio foi possível determinar a altura total (cm) do componente forrageiro, e com a altura do pós-pastoreio de um ciclo e o pré-pastoreio de outro ciclo, foi estimada o crescimento forrageiro.

6.2.6.4 Análise bromatológica

Para as análises bromatológicas, foram utilizados 03 pontos (P2, P3 e P5) de coleta por tratamento (APN, AEN e PSA) em cada núcleo (unidade amostral). As amostras foram secas em estufa de circulação forçada a 65°C durante 48h e posteriormente trituradas (1mm) em moinho de faca modelo 4 Wiley (Thomas Scientific, Swedesboro, NJ). Foram analisados os seguintes atributos de qualidade da forragem: matéria seca (MS), segundo AOAC (1990), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) por espectroscopia de infra-vermelho próximo (NIR) (MPA FT-NIR-Bruker Optics) no Laboratório de Forragicultura da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

6.2.6.5 Sistema radicular

As amostras de biomassa de raiz (kg MS. H⁻¹) foram coletadas no verão e inverno. Para tal, foi utilizado um trado cilíndrico com 20cm de altura e diâmetro de 8,5 cm. Cada amostra foi estratificada em três camadas (0-5, 5-10 e 10-20cm). Para as coletas foram utilizados 04 pontos de coleta (P1, P3, P4 e P5) em 02 núcleos por piquete (núcleos localizados ao meio do piquete), ao total foram amostrados 32 pontos (04 pontos de coleta x 02 núcleos x 4 piquetes) por tratamento.

Com a finalidade de separar o solo das raízes, as amostras foram submetidas à limpeza (rigorosa e delicada), com água corrente sob duas peneiras sobrepostas (2,00 mm e 1,00 mm). Posteriormente foram armazenadas em envelopes de papel, (identificadas) e levadas à estufa com circulação de ar forçada a 65°C, durante 72h e após a secagem as

amostras foram pesadas em balança de precisão (0,001g). O peso de raízes foi dividido pelo volume da amostra, obtendo-se, dessa forma, a densidade de raiz em cada amostragem. A densidade da amostra foi obtida pela densidade média de todas as amostras de cada tratamento.

6.2.7 Análise estatística

Para as análises estatísticas dos dados referentes às variáveis do desenvolvimento forrageiro foi utilizado o esquema de parcelas subdivididas, em que a parcela foram as áreas avaliadas (APN, AEN e PSA) e a subparcela os pontos de coleta de dados, com quatro repetições (4 piquetes por tratamento). Os efeitos fixos significativos foram comparados pelo teste Tukey a 5% de significância. Todas as análises foram realizadas por meio da extensão do Software estatístico R, Action Stat (Software Action, 2014).

O modelo para testar o efeito dos tratamentos (APN, AEN e PSA) na produção forrageira por estação, foi a seguinte:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + COV + k$$

Onde; Y_{ijk} é a variável dependente em kg MS. da parte aérea H^{-1} , μ é a média geral, B é o efeito fixo de bloco i , T é o efeito de tratamento j , COV é o coeficiente de regressão para a covariável da primeira medição e k é o erro padrão.

O modelo para testar o efeito dos tratamentos na MS total da parte aérea foi o seguinte:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + k$$

Onde; Y_{ijk} é a variável dependente em kg MS total raiz. H^{-1} , μ é a média geral, B é o efeito fixo de bloco i , T é o efeito de tratamento j e k é o erro padrão.

A composição botânica da pastagem será analisada utilizando 5 grupos de plantas: Gramíneas de verão, gramíneas de inverno, leguminosas de verão e leguminosas de inverno e outras espécies, que serão usadas como variáveis resposta. O modelo para testar o efeito dos tratamentos sobre cada grupo de plantas foi o seguinte:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + k$$

Onde; Y_{ijk} é a variável dependente em porcentagem na MS/ha, μ é a média geral, B é o efeito fixo de bloco i, T é o efeito de tratamento j e k é o erro padrão.

O modelo para testar o efeito dos tratamentos no teor de PB, MS, FDN e FDA, foi o seguinte:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + k$$

Onde; Y_{ijk} é a variável dependente em porcentagem, μ é a média geral, B é o efeito fixo de bloco i, T é o efeito de tratamento j e k é o erro padrão.

O modelo para testar o efeito dos tratamentos na produção de MS de raízes nas diferentes camadas (0-5, 5-10, 10-15cm), foi a seguinte:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + COV + k$$

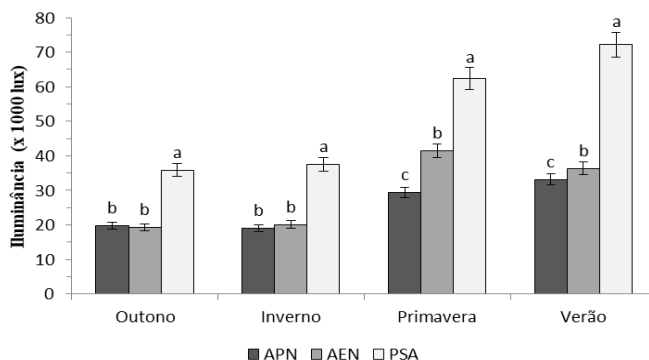
Onde; Y_{ijk} é a variável dependente em kg MS raiz. H^{-1} , μ é a média geral, B é o efeito fixo de bloco i, T é o efeito de tratamento j, COV é o coeficiente de regressão para a covariável situação inicial e k é o erro padrão.

6.3 RESULTADOS

6.3.1 Iluminância

Houve diferença ($p < 0,05$) dos sistemas e das condições nas variáveis microclimáticas, fazendo com que fossem diferentes ($p < 0,05$) entre as variáveis dentro dos sistemas estudados. Os menores valores médios de iluminância foram registrados no SSPnúcleo (APN e AEN) (Figura 4).

Figura 4. Iluminância (lux) de acordo com as áreas de estudo (APN, AEN e PSA) nas diferentes estações do ano. Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).



O SSPnúcleos forneceu proteção contra a radiação solar de 54% no verão, 45% no outono, 49% no inverno e 53% na primavera para o tratamento APN em relação ao PSA. Enquanto que para o tratamento AEN proporcionou redução luminosa de 49% no verão, 46% no outono, 46% no inverno e 33% na primavera em comparação com o PSA, acarretando diminuição ($p < 0,05$) da incidência luminosa nos tratamentos do SSPnúcleos.

6.3.2 Composição botânica da pastagem

Neste estudo, pode-se observar uma modificação na composição botânica ao longo das estações avaliadas. Essa modificação ocorreu nas estações, devido à sobressemeadura de gramínea de inverno (*L. multiflorum*). No inverno predominaram as espécies *L. multiflorum* e *A. catharinensis* em todos os tratamentos. A espécie *L. multiflorum* foi à gramínea que apresentou maior cobertura nos tratamentos APN (57,4%) e AEN (61,1%), enquanto que no PSA houve predominância da espécie *A. catharinensis* (77%) em comparação a *L. multiflorum* (23%).

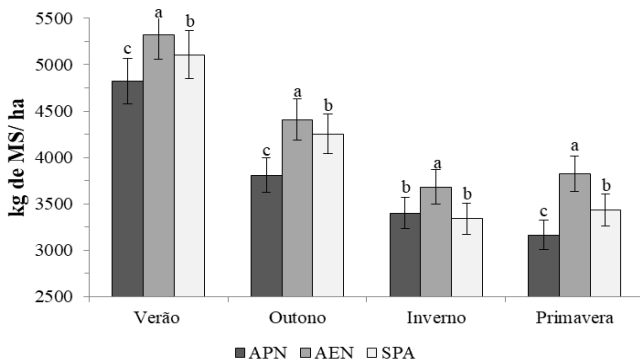
Nas estações quentes predominou a espécie forrageira de *Axonopus catharinensis* em todos os tratamentos (APN = 98%; AEN = 99,2% e PSA = 98,6%). Sendo que, as espécies de gramíneas encontradas em menores proporções foram *Paspalum Urvillei*, *Paspalum Notatum*, *Paspalum Dilatatum* e *Cynodon Dactylon*, enquanto que de leguminosas foram *Arachis Pintoi*, *Desmodium Incanum* e *Desmodium Barbatum*, e as espécies espontâneas de verão foram *Cyperus Esculentus*, *Cyperus*

Meyenianus, *Amaranthus Viridis* e *Sida Rhombifolia*. Como era esperado, não foram encontradas gramíneas e leguminosas de inverno nesse período.

6.3.3 Produção e altura do dossel forrageiro

Houve diferença ($p < 0,05$) nos valores médios de matéria seca total disponível para o pastoreio entre os tratamentos (APN, AEN e PSA) nas estações do ano. O verão foi à estação com maior biomassa total, seguida do outono, inverno e primavera (Figura 3).

Figura 5. Média da biomassa forrageira total do pré-pastoreio por estações, por tratamento (APN, AEN e PSA). Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).



A produção forrageira do pós e o pré-pastoreio, variou de acordo com a estação do ano (Tabela 4). A média de produção forrageira entre os ciclos de corte variou de acordo com a estação. No verão a maior média de produtividade foi observada no tratamento AEN, também o único que houve diferença significativa ($p < 0,05$) e a APN teve produtividade 16,1% inferior. No outono, a APN teve a menor produção forrageira e o único que se diferiu ($p < 0,05$) entre os tratamentos, sendo que a AEN foi 28,4% superior. A menor produção forrageira no inverno foi o PSA e o único com diferença ($p < 0,05$) entre os outros tratamentos, a produção da AEN foi 13,5% superior. Na primavera ambos os tratamentos diferiram ($p < 0,05$), sendo que a maior produtividade foi no tratamento AEN, e o APN foi 16,9% inferior (Tabela 1).

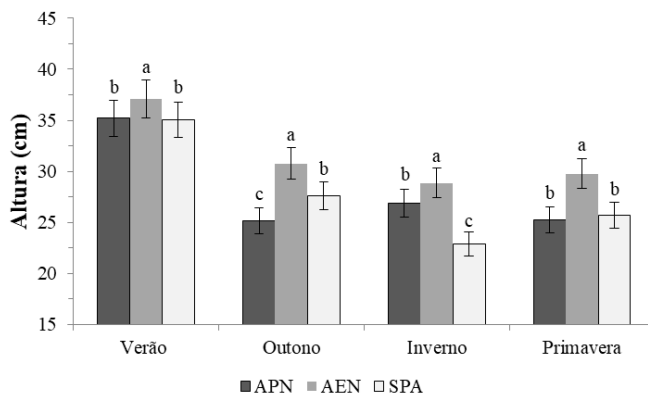
Tabela 1- Média de produção forrageira (kg de MS/ ha) por estação em cada tratamento (APN, AEN e PSA).

| Estações | Produção forrageira (kg de MS/ ha) | | | | | | p-valor |
|-----------|------------------------------------|--------|---------------------|--------|---------------------|--------|---------|
| | APN | | AEN | | PSA | | |
| | Média | CV (%) | Média | CV (%) | Média | CV (%) | |
| Verão | 2150,4 ^b | 24,7 | 2563,2 ^a | 26,6 | 2272,0 ^b | 26,9 | <0,001 |
| Outono | 1374,4 ^b | 22,9 | 1920,0 ^a | 22,4 | 1913,6 ^a | 27,2 | <0,001 |
| Inverno | 1524,8 ^a | 23,8 | 1587,2 ^a | 23 | 1372,8 ^b | 29,7 | <0,001 |
| Primavera | 1512,0 ^c | 23,3 | 1819,2 ^a | 23,9 | 1612,8 ^b | 24,4 | <0,001 |

Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Houve diferença ($p < 0,05$) nos valores médios de altura forrageira total disponível para o pastoreio entre os tratamentos (APN, AEN e PSA) nas estações do ano. O verão foi à estação com maior altura total, seguida do outono, inverno e primavera (Figura 5). O tratamento AEN teve maior altura total entre os tratamentos nas estações. No verão e na primavera o AEN foi 2,3% e 14,8% respectivamente superior que os demais tratamentos (tratamento APN e PSA, com médias semelhantes nas duas estações). No outono a altura total do AEN foi 26,7% superior ao APN e no inverno foi 20,8% superior ao PSA (Figura 6).

Figura 6 - Média da altura forrageira total do pré-pastoreio de cada estação, de acordo com o tratamento (APN, AEN e PSA). Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).



Houve diferença ($p < 0,05$) nos valores médios de altura do dossel forrageiro entre os tratamentos (APN, AEN e PSA) nas estações do ano. Todavia, somente no verão o tratamento PSA apresentou maior crescimento que o AEN (Tabela 2).

Tabela 2 – Crescimento médio em altura do dossel forrageiro entre os tratamentos (APN, AEN e PSA) de acordo com as estações.

| Estações | Crescimento forrageiro (cm) | | | | | | p-valor |
|-----------|-----------------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------|---------|
| | APN | | AEN | | PSA | | |
| | Média | CV (%) | Média | CV (%) | Média | CV (%) | |
| Verão | 16,49 ^b | 35,47 | 16,1 ^b | 30,455 | 19,34 ^a | 29,24 | <0,001 |
| Outono | 11,37 ^c | 30,735 | 15,57 ^a | 30,59 | 13,83 ^b | 35,72 | <0,001 |
| Inverno | 13,97 ^a | 35,8 | 13,21 ^a | 42,5 | 11,18 ^b | 39,3 | <0,001 |
| Primavera | 12 ^{bc} | 40,15 | 15,03 ^a | 33,75 | 13,87 ^b | 37,0 | <0,001 |

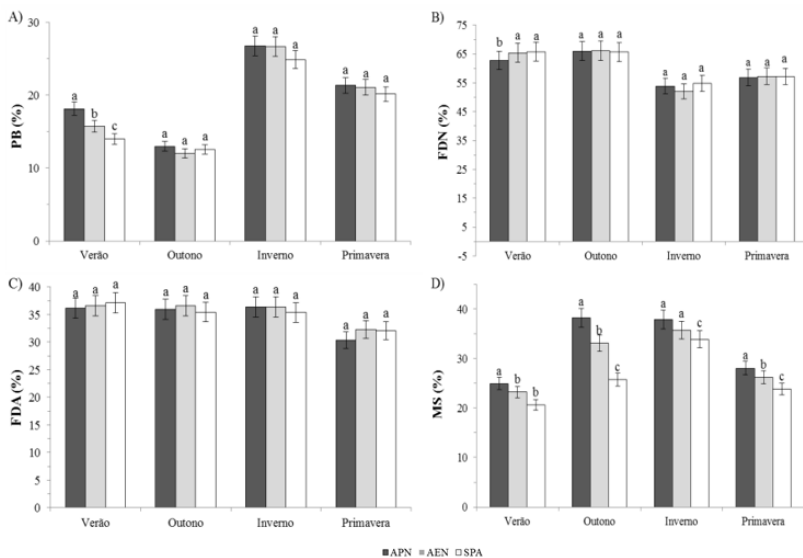
Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A altura forrageira no APN foi 14,7% inferior ao tratamento PSA no verão e nessa estação foi observado o maior crescimento entre as estações. No outono o tratamento AEN foi 26,9% superior ao APN. O inverno foi a estação com menor crescimento forrageiro, onde o tratamento APN foi 19,9% superior em relação ao PSA. Na primavera o tratamento APN foi 20,1% inferior ao AEN (Figura 6).

6.3.4 Análise bromatológica

Todas as variáveis da análise bromatológica variaram de acordo com as estações. O valor médio anual de PB dos tratamentos do SSPnúcleos (APN = 19,8%; AEN = 18,9%) apresentaram as maiores médias em comparação com o PSA (17,9%) entre as estações. Em relação aos teores de FDA e FDN, o tratamento APN obteve os menores valores médios anuais (34,7% e 58,8% respectivamente). Em todas as estações, entre os tratamentos não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula de que as médias são todas iguais, sem diferença ($p > 0,05$) entre médias, com exceção das variáveis PB, FDN no verão e MS em todas as estações (Figura 7).

Figura 7 - Valores médios das análises bromatológicas entre os tratamentos nas estações (A – PB (%); B - FDN (%); C - FDA (%); D - (MS%). Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).



O teor de PB apresentou a maior variação ($p < 0,05$) entre os tratamentos no verão e o tratamento APN foi 22% superior ao PSA. No outono foram observados os menores teores de PB entre as estações e o tratamento AEN foi 7,7% inferior ao APN. As maiores porcentagens de PB foram no inverno, onde o APN foi 7% superior que o PSA. Na primavera o APN teve maior teor, com diferença de 6,5% do tratamento PSA.

O verão, em relação ao teor de FDN, foi à única estação que houve diferença significativa ($p < 0,05$), com menor valor para APN (62,8%), seguida da AEN (65,4) e a PSA com 65,8%. As médias extremas de FDN no outono entre os tratamentos AEN (66,12%) e PSA (65,7%), e na primavera entre APN (56,8%) e PSA (57,2%), tiveram uma diferença de apenas 0,6% para ambas as estações. Os menores teores de FDN foram observados no inverno e o tratamento AEN foi observado o menor teor (52%) e o PSA o maior teor (54,8%), cerca de 5,1% superior.

Para os teores de FDA não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos nas estações. Na primavera foi observado os menores teores de FDA entre as estações e a APN teve o menor teor (30,3%). Os

maiores teores de FDA foram registrados no verão e também a APN com resultado inferior (36,15%) aos demais tratamentos (AEN=36,1% e PSA 37,1%).

6.3.5 Sistema radicular

Houve diferença ($p < 0,05$) entre os tratamentos nas quatro estações. No verão foram observadas as maiores médias de biomassa de MS da raiz há^{-1} , enquanto que as menores foram observadas no inverno (Tabela 3).

Tabela 3 - Massa seca estimada de biomassa total do sistema radicular forrageiro nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 cm nos tratamentos APN, AEN e PSA.

| Estação | Biomassa radicular total (kg MS/ ha) | | | | | | |
|--------------|--------------------------------------|--------|--------------|--------|-------------|--------|------------|
| | Verão | | | | | | |
| | APN | | AEN | | PSA | | p-valor |
| Parcela (cm) | Média | CV (%) | Média | CV (%) | Média | CV (%) | |
| 0-5 | 4335,2 b | 33,48 | 5498,3 ab | 36,28 | 6308,9 a | 24,91 | <0,03 1 |
| 05-10 | 1216,0 b | 8,95 | 1550,8 b | 17,22 | 2608,2 b | 18,6 | <0,00 1 |
| 10-20 | 669,7 b | 7,38 | 775,4 b | 6,75 | 1057,4 a | 9,99 | <0,00 1 |
| | Inverno | | | | | | |
| 0-5 | 1374,6b | 15,7 | 3119,2 a | 41,3 | 3647,9 a | 41,5 | <0,00 2 |
| 05-10 | 845,9 a | 16,9 | 916,4 b | 10,5 | 1903,2 a | 21,7 | <0,00 1 |
| 10-20 | 546,3 b | 9,9 | 793,0 ab | 10,7 | 969,2 a | 16,5 | <0,03 3 |

Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Independente da estação 50% da biomassa de raiz foi observada na camada de 0 a 5cm em todos os tratamentos, com biomassa de raiz superior no PSA (6308,9-verão e 3647,9-inverno; kgMS/ha) e na APN valores inferiores no verão (4335,2 kgMS/ha) e inverno (1374,6 kgMS/ha).

No verão o tratamento PSA foi 31% (0-5cm), 53% (5-10cm) e 37% (10-20cm) superior que a APN. Essa diferença de biomassa de raiz foi maior no inverno, onde o PSA nas camadas de 0-5cm, 5-10cm e 10-20cm foi superior (62%, 56% e 44% respectivamente) que a APN.

6.4 DISCUSSÃO

O sistema silvipastoril com núcleos de alta diversidade mostrou-se eficiente em proporcionar melhores condições para o estabelecimento das forragens, pois nas estações quentes teve predomínio de 98% de *A. catharinensis* e principalmente nas estações mais frias, pelo maior predomínio de *L. multiflorum* dentro do sistema. Um fator que influencia no predomínio de poucas forragens se dá pelo manejo adotado (que prioriza as espécies citadas), é quem determina a composição botânica (Voisin 1975). Outro fator que pode ter influenciado na baixa variedade de espécies é que em sistemas de PRV implantados há mais de 10 anos tendem a reduzir o número e promover o equilíbrio natural entre as espécies, pelo fato do manejo ser estruturado em poucas espécies forrageiras (Machado, 2004). O melhor estabelecimento da gramínea de inverno (*L. multiflorum*) dentro do SSPnúcleo, pode ter sido pela influência do microclima proporcionado pelo mesmo, que reduz a amplitude térmica, esse fator favoreceu o estabelecimento das gramíneas de inverno, nas estações frias (Rodrigues et al., 2014).

Neste estudo, no tratamento AEN (40% de proteção luminosa), obtivemos produção forrageira superior a do tratamento PSA (pleno sol) em todas as estações do ano. Todavia, quando comprado o PSA ao tratamento APN (60% de proteção luminosa) obteve a menor produção em todas as estações com exceção do inverno. Fato este que ocorre devido ao sombreamento intenso (60 %) reduzir os valores de massa forrageira, enquanto que o sombreamento moderado (35 %) não modifica essa variável, em relação ao cultivo a sol pleno (Paciullo et al. 2007). Os resultados da produção forrageira estão de acordo com os encontrados por Paciullo et al. (2010), que cultivando *B. decumbens*, encontrou taxas de produção de matéria seca total iguais à condição de pleno sol, tanto para 35% como para 18% de sombreamento e acima de 50% baixou a produção. Alguns autores afirmam que os SSPs promovem maior produção de forragem, por proporcionar aumento dos nutrientes do solo devido à queda das folhas e galhos das árvores e por diminuir a flutuação brusca de temperatura entre o dia e a noite, minimizando grandes amplitudes e choques térmicos, favorecendo a produção forrageira (Altieri, 2012; Nicodemo et al., 2004).

O SSPnúcleo mostrou-se eficiente e proporcionou melhores condições para o crescimento da altura do dossel forrageiro no decorrer do ano, principalmente no tratamento AEN com proteção luminosa na faixa de 40%. Como a luminosidade dentro do sistema foi inferior do que a pleno sol, a baixa incidência luminosa cria maior competição pela luz e

promovem estímulos que favorecem maior altura total forrageira (Ainswoeth; Skarpe. 2012). Os resultados de altura do dossel forrageiro desse trabalho foram semelhantes os trabalhos de (Martuscello et al. 2009; Pilau et al. 2015) que encontraram maior estatura e crescimento forrageiro sob nível de sombreamento na faixa de 40 a 50%.

As melhores condições microclimáticas proporcionadas pelo SSPnúcleo, principalmente no verão, gerou maior teor de PB na APN com diferença de 4,1% do PSA. Resultados inferiores de PB, foram encontrados por Barro et al. (2008), que observou diferença de apenas 1,5% próximo as árvores do SSP e a pleno sol. Um ponto importante observado é o maior teor de PB no inverno (APN e AEN maior que PSA), isso mostra a importância em se fazer sobressemeadura de “inverno” e como SSPnúcleo favoreceu o desenvolvimento da espécie (*L. multiflorum*) desejada. A técnica de sobressemeadura de inverno além de minimizar a sazonalidade de produção forrageira, aumenta o teor proteico da pastagem (uso de espécies com maior valor nutritivo), isso é fundamental para melhor produção animal e leite a base de pasto (Silveira et al., 2015). O incremento de PB em ambiente sombreado se justifica, porque nesse ambiente há um incremento no tamanho das folhas do componente forrageiro (Marenco; Lopes, 2009). Com o maior crescimento de folhas, tem-se também produção de enzimas de origem proteica que fazem parte do metabolismo, essas enzimas apresentam em suas estruturas químicas, possuem radicais nitrogenada, quanto maior a quantidade desses radicais na planta maior será seu teor de PB (Taiz e Zeiger 2013).

O sombreamento proporcionado na APN do SSPnúcleo na estação mais quente (verão), também influenciou no teor de FDN, onde o PSA (56,8%) foi superior a APN (62,8%) e o teor de FDA na APN (36,1%) foi inferior ao PSA (37,1%). Os resultados FDN encontrados por Silva et al. (2007) trabalhando com *Pennisetum purpureum* foram superiores ao presente trabalho com 68,6% de FDN a pleno sol e 61% em área sombreada (40%) abaixo da copa das árvores. Os valores de FDA foram semelhantes aos encontrados por Lorenzoni et al. (2016) trabalhando com *A. catharinensis* com 45% de sombreamento. A menor concentração de FDN e FDA na sombra é devido à maior disponibilidade de fotoassimilados ao sol, o que resulta em aumento na quantidade de tecido esclerenquimático, com maior número de células e paredes celulares mais espessas (Taiz e Zeiger 2013). Isso mostra que o sombreamento do SSPnúcleo favoreceu a melhor qualidade forrageira ao longo do ano, por ter menores teores de FDA e FDN e maiores teores de PB.

O maior desenvolvimento radicular (50%) observado na camada

de 0-5cm em ambos os tratamentos (APN; AEN e PSA) pode ser explicado, pois à medida que aumenta a frequência da utilização da pastagem também aumenta a concentração das raízes na camada superior do solo, pois a concentração de nutrientes e atividades biológicas é maior e favorece seu desenvolvimento (Kerber, 2005). Estes resultados são inferiores aos observados por Fidalski et al. (2008) que encontraram valor acima de 60% de raízes na camada de 0-5 cm, levando em conta a camada de 0-30 cm do solo. O sombreamento de 50% na área em torno do núcleo (APN) proporcionado pelo SSPnúcleo teve um menor desenvolvimento radicular nos períodos de avaliação. Isso porque na fase vegetativa da planta grande parte dos fotoassimilados produzidos pelas folhas é utilizada para a elongação de novas folhas para depois ser translocado para as raízes a fim de armazenar nutrientes (Floss, 2011). Outro fator que pode contribuir para o menor desenvolvimento radicular, produção e altura do dossel forrageiro próximo dos núcleos (APN), é que as vacas chegam a ficar 70% do tempo que estão dentro dos piquetes do SSPnúcleo, no entorno dos núcleos, o que acarreta em maior pastoreio, pisoteio e deposição de dejetos nessa área (Deniz et al., 2018).

6.5 CONCLUSÃO

O Sistema Silvipastoril com Núcleos de Alta Biodiversidade (SSPnúclei) influenciou no desenvolvimento forrageiro quando comparado com a pastagem sem o componente arbóreo (PSA), além de favorecer a resiliência do sistema pastoril em cada ciclo de pastoreio. O sombreamento gerado pelo componente arbóreo proporcionou maior qualidade e manteve a produção forrageira no sistema como um todo, comprovando sua eficiência.

6.6 REFERÊNCIAS

ALTIERI, M. Agroecologia: Bases científicas para uma agricultura sustentável. 3. ed. São Paulo: Rio de Janeiro Expressão Popular, 2012, 400p.

AINSWORTH JAW, Moe SR, Skarpe C (2012) Pasture shade and farm management effects on cow productivity in the tropics. *Agric Ecosyst Environ* 155:105–110. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.04.005>.

ANTONELLI, P. V. et al. Desenvolvimento de *Cordia trichotoma* em função da adubação, em sistema silvipastoril no Sudoeste do ParanáBrasil. *Ecologia e Nutrição Florestal*, v. 3, n. 3, p. 59–70, 2015.

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, [s.l.], v. 22, n. 6, p.711-728, 1 dez. 2013. Schweizerbart. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

BARRO, R. S.; Saibro, J. C De; Medeiros, R. B. De; Silva, J. L. Da S.; Varella, A. C. Rendimento de forragem e valor nutritivo de gramíneas anuais de estação fria submetidas a sombreamento por *Pinus elliottii* e ao sol pleno. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v. 37, n. 10, 2008.

BORBUREMA JB, de Souza BB, Cezar MF, Filho JMP (2013) Influência de fatores ambientais sobre a produção e composição físico-química do leite. *Agropecuária Científica No Semiárido* 9:15–19.

COELHO, Joysiene Sanguinete et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária em sistema silvipastoril com diferentes arranjos espaciais. **Semina: Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 35, n. 3, p.1487-1502, 25 jun. 2014. Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n3p1487>.

DENIZ, Matheus. MICROCLIMA E COMPORTAMENTO ANIMAL EM SISTEMA SILVIPASTORIL COM NÚCLEOS. 2018. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agroecossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

DE OLIVEIRA AP, Casagrande DR, Bertipaglia LMA, Barbero RP, Berchielli TT, Ruggieri AC, Reis RA (2016) Supplementation for beef cattle on Marandu grass pastures with different herbage allowances. *Animal Production Science* 56, 123–129. doi:10.1071/AN14636.

DIAS-FILHO, M.B., 2011. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. MBDF, Belém, PA.

EUCLIDES VPB, Lopes FC, Nascimento D Jr, Da Silva SC, Difante GS, Barbosa RA (2016) Steer performance on *Panicum maximum* (cv. Mombaça) pastures under two grazing intensities. *Animal Production Science* 56, 1849–1856. doi:10.1071/AN14721.

KARKI, U.; GOODMAN, M. S. Cattle distribution and behavior in southern-pine silvopasture versus open-pasture. *Agroforestry Systems*. v. 78, p. 159-168, 2010.

KERBER, R. L. Avaliação da implantação de um sistema de Pastoreio Racional Voisin no Colégio Agrícola de Camboriú. 2005. 133 f. - Programa de Pós Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

LOPES, L.B.; Eckstein, C.; Pina, D. S.; Carnevalli, R. A.; The influence of trees on the thermal environment and behaviour of grazing heifers in Brazilian Midwest. *Tropical Animal Health Production*. v. 8, p. 755-761, 2016.

LORENZONI, I. G., et al. Desempenho da grama missioneira gigante (*axonopus catharinensis* valls) na região noroeste do rio grande do sul. *Salão do Conhecimento*, [S.l.], set. 2016. ISSN 2318-2385.

MARTUSCELLO, J.A.; JANK, L.; GONTIJO NETO, M.M.; LAURA, V.A; CUNHA, D.N.F.V. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.38, n.7, p.1183-1190, 2009.

MACHADO, L.C.P. Pastoreio Racional Voisin: tecnologia agroecológica para o terceiro milênio. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2004. 310 p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. *Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral*. 3. ed. Viçosa: UFV, 2009, 486p.

NICODEMO, M. L. F.; Silva, V. P. Da; Thiago, L. R. L.; Gontijo Neto, M. M.; Laura, V. A. *Sistemas Silvipastoris: Introdução de árvores na Pecuária do Centro-Oeste Brasileiro*. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2004, 37p.

PACIULLO, D. S. C.; Carvalho, C. A. B De. Aroeira, L. J. M.; Morenz, M. J. F.; Lopes, F. C. F; Rosseillo, R. O. P. *Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol Pleno*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 4, p. 573-579, 2007.

PACIULLO, D. S. C.; Castro, C. R. T. De; Gomide, C. A. De M.; Fernandes, P. B.; Rocha, W. S. B. Da; Müller, M. D.; Rossiello, R. O. P. Soil bulk density and biomass partitioning of *Brachiaria decumbens* in silvopastoral system. *Scientia Agricola*, v. 67, n. 5, p. 598-603, 2010.

PERI, P. L.; Dube, F.; Varella, A.; *Silvopastoral Systems in Southern South America*. In: *Silvopastoral Systems in the Subtropical and Zones of South America: An Overview*. 11. ed. Gainesville: Springer International Publishing, p. 2-12, 2016.

PILAU, J.; ELLI, E. F.; NARDINO, M.; KORCELSKI, C.; SCHMIDT, D.; CARON, B. O. Desenvolvimento e qualidade do azevém no sub-bosque de angico-vermelho em sistema silvipastoril. *Comunicata Scientiae*. v. 6, n. 4, p. 437-444. 2015.

PINHEIRO MACHADO, L. C. *Pastoreio Racional Voisin*, second ed. Expressão Popular, São Paulo. 2010.

RODRIGUES, C. O. D.; VIANA, M. C. M.; ROCHA, N. S.; BRAZ, T. G. dos S.; VILLELA, S. D. J. Light relations and performance of signal grass in silvopastoral system. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v. 36, n. 2, p. 129-136, 2014.

SILVEIRA, Magali Floriano da et al. Production and quality of forage of birdsfoot overseeding in different densities in pasture of *Cynodon nlenfuensis* and ryegrass. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 31, n. 6, p.1801-1808, nov. 2015.

SOARES, A. B.; Sartor, L. R.; Adami, P. F.; Varella, A. C.; Foncesa, L.; Mezzalira, J. C. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. *Revista Brasileira Zootecnia*. v. 38, n. 3, p. 443-451, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

VOISIN, A. *Dinâmica das pastagens: deveremos lavar nossas pastagens para melhorá-las?* Mestre Jou: São Paulo, 1975. 407 p.

7 CONCLUSÃO GERAL

A presença do componente arbóreo do Sistema Silvipastoril com Núcleos (SSPnúcleo) alterou de forma positiva as variáveis microclimáticas. O extrato arbóreo interceptou a radiação solar incidente e, portanto, reduziu a temperatura do ar, iluminância, velocidade do vento, temperatura do solo e aumentou a umidade relativa do SSPnúcleo como um todo, comparado com os piquetes sem árvore, o que favorece o desenvolvimento forrageiro.

Os níveis de sombreamento proporcionado pela copa das árvores favoreceu a maior produção e altura forrageira nas áreas entre os núcleos, elevando a qualidade forrageira principalmente no entorno dos núcleos. A composição botânica foi influenciada pelo SSPnúcleo principalmente no inverno, favorecendo o desenvolvimento da gramínea da época.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Sistema Silvipastoril com Núcleo (SSPnúcleo) se mostra com uma alternativa para maximizar e preservar a produção pecuária a longo prazo, pois proporciona melhores condições microclimáticas que favorece o desenvolvimento forrageiro, aumentando a resiliência da área de pastagem como um todo, além de fornecer renda extra ao produtor com produtos florestais madeireiros e não madeireiros.

Grande parte dos produtores e técnicos locais carecem de informações a respeito dos benefícios, importância e como se trabalha com SSPs, pois o manejo é mais complexo e creem que baixa a produtividade forrageira em ambiente sombreado. Por outro lado é importante pesquisas que trabalhem com diferentes modelos de SSPs (como o SSPnúcleo), avaliando as modificações microclimáticas proporcionadas pelo componente arbóreo e a influência nos demais componentes do sistema.

9 REFERÊNCIAS

ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. Revista Caatinga, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.

ANTONELLI, P. V.; BRUN, E. J.; SANTOS, M. A. B.; SARTOR, L. R.; BRUN, F. G. K. Desenvolvimento de *Cordia trichotoma* em função da adubação, em sistema silvipastoril no Sudoeste do Paraná-Brasil. Ecologia e Nutrição Florestal, 2015.

BARBIERI, Cezar Wancura et al. Sward Structural Characteristics and Performance of Beef Heifers Reared under Rotational Grazing Management on Campos Grassland. American Journal Of Plant Sciences, [s.l.], v. 05, n. 07, p.1020-1029, 2014. Scientific Research Publishing, Inc., <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2014.57114>.

BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R. Sistemas silvipastoris. Pesquisa Florestal Brasileira, n.60, p.77-87, 2009.

BIAVATTI, H. A. Z.; BERBER, G. C. M.; BERBER, R. C. A. Milk production in integrated systems: review. Scientific Electronic Archives, p 1-16, 2014.

BORBUREMA, J. B.; SOUZA, B. B.; CEZAR, M. F.; FILHO, J. M. P. Influência de fatores ambientais sobre a produção e composição físico-química do leite. ACSA – Agropecuária Científica no Semiárido, V. 9, n. 4, p. 15 - 19, 2013.

CARVALHO, M.M.; SILVA, J.L.O.; CAMPOS JR., B.A. Produção de matéria seca e composição mineral da forragem de seis gramíneas tropicais estabelecidas em um sub-bosque de angicovermelho. Revista Brasileira de Zootecnia, v.26, n.2, p.213-218, 1997

CARVALHO, M. M. et al. Estabelecimento de sistemas silvipastoris: ênfase em áreas montanhosas e solos de baixa fertilidade. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2002. 12p. (Embrapa Gado de Leite. Circular Técnica; 68).

CASTRO, A.C.; JÚNIOR, J.B.L.; SANTOS, N.F.A.; MONTEIRO, E.M.M.; AVIZ, M.A.B.; Garcia, A.R. Sistema silvipastoril na Amazônia:

ferramenta para elevar o desempenho produtivo de búfalos. *Cienc. Rural* vol.38 no.8 Santa Maria Nov. 2008.

CONFORTIN, A. C. C. et al. Leaf tissue fluxes of Pampa biome native grasses submitted to two grazing intervals. *Grass And Forage Science*, [s.l.], p.1-9, out. 2016. Wiley-Blackwell.

CRAESMEYER, K. C. Avaliação da ambiência de vacas leiteiras de alta performance criadas em sistema silvipastoril de alta diversidade no sul do Brasil. 2015. Trabalho (conclusão de Curso) - Programa de Graduação em Bacharelado em Zootecnia - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2015.

CASTRO, C.R.T.D., Paciullo, D.S.C., Gomide, C.A.M., Muller, M.D., Nascimento Jr., E.R., 2009. Características agronômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. *Pesqui. Florest. Bras.* 19–25.

CRAESMEYER, K. C. Avaliação da ambiência de vacas leiteiras de alta performance criadas em sistema silvipastoril de alta diversidade no sul do Brasil. 2015. Trabalho (conclusão de Curso) - Programa de Graduação em Bacharelado em Zootecnia - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2015.

CRUZ P., QUADROS F.L.F., THEAU J.P., FRIZZO A., JOUANY C., DURU M. and CARVALHO P.C.F. (2010) Leaf traits as functional descriptors of the intensity of continuous grazing in native grasslands in the south of Brazil. *Rangeland Ecology and Management*, 63, 350–358.

CUNHA, Fernando França da et al. Sistema radicular de seis gramíneas irrigadas em diferentes adubações nitrogenadas e manejos. *Acta Scientiarum. Agronomy*, [s.l.], v. 32, n. 2, p.351-357, fev. 2010.

DIAS, P.F.; SOUTO, S.M.; RESENDE, A.S.; URQUIAGA, S.; ROCHA, G.P.; MOREIRA, J.F.; FRANCO, A.A. Transferência do N fixado por leguminosas arbóreas para o capim *Survenola* crescido em consórcio. *Ciência Rural*, v.37, p.352-356, 2007. DOI: 10.1590/S010384782007000200009.

DIAS-FILHO, M. B. Sistemas Silvopastoris na recuperação de pastagens tropicais degradadas. Anais de Simpósios da 43ª Reunião Anual da SBZ – João Pessoa – PB, 2006.

EPAGRI/CEPA. Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2008-2012. Disponível em: http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/Sintese_2014.pdf. Acesso em: 21 de setembro de 2016.

FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 05 de Janeiro de 2019.

FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. D. Production systems - An example from Brazil. *Meat Science*, v. 84, n. 2, p. 238-243, 2010.

GARDNER. A. L. Técnicas de pesquisa em pastagens e aplicabilidade de resultados em sistemas de produção. Brasília, IICA/EMBRAPA-CNPGL, 1986.

HODGSON, J. The significance of sward characteristics in the management of temperate sown pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 20, Kioto, 1985. Proceedings. s.l.:s.ed., 1985. p. 63-65.

HOFMMAN, R. R. Anatomy of the gastrointestinal tract. p. 145-171. In: D. C. Church (ed.). *The ruminant animal: digestive physiology and nutrition*. Prentice-Hall, 1988.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Santa Rosa de Lima. 2016. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=421560&se arch=santa-catarina|santa-rosa-de-lima>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

JOCHIMS F, Poli CHEC, Carvalho PCF, David DB, Campos NMF, Fonseca L, Amaral GA (2013) Grazing methods and herbage allowances effects on animal performances in natural grassland grazed during winter and spring with early pregnant ewes. *Livestock Science* 155, 364–372. doi:10.1016/j.livsci.2013.05.006

JOCHIMS, F. et al. Improving forage nutritive value and botanical composition in a natural grassland using different grazing methods and herbage allowances. *Animal Production Science*, [s.l.], p.1-9, 2017. CSIRO Publishing.

KAGEYAMA, P. Y., Gandara, F. B. & Oliveira R. E. Biodiversidade e restauração da floresta tropical. In: KAGEYAMA, P. Y. Oliveira, R. E.; Moraes, L. F. D; Engel, V. L. & Gandara, F. B. (orgs.) Restauração ecológica de ecossistemas naturais. FEPAF. Botucatu, SP. 2003. Pp. 27-48.

KIRCHNER, R.; SOARES A.B., SARTOR, L.R.; ADAMI, P.F.; MIGLIORINI F.; FONSECA, L. Desempenho de forrageiras hibernais sob distintos níveis de luminosidade. *R. Bras. Zootec.*, v.39, n.11, p.2371-2379, 2010.

MANNETJE, L'.T. Measuring biomass of grassland vegetation. In: MANNETJE, L'.T. e JONES, R.M. Field and laboratory methods for grassland and animal production research. Cambridge: CABI, p. 151-178, 2000.

MELADO, J. Pastagem Ecológica e serviços ambientais da pecuária sustentável. *Revista Brasileira de Agroecologia*, vol. 2, no. 2, 2007.

MISHRA, A.K., Tiwari, H.S., Bhatt, R.K., 2010. Growth, biomass production and photosynthesis of *Cenchrus ciliaris* L. under *Acacia tortilis* (Forssk.) Hayne based silvopastoral systems in semi arid tropics. *J. Environ. Biol.* 31, 987–993.

MOCHIUTTI, S.; Meirelles, P.R.L.M. Sistemas silvipastoris no Amapá: situação atual e perspectivas. In: Carvalho, M.M.; Alvim, M.J.; Carneiro, J.C. (Ed.). Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, p. 77-99, 2001.

MOURA, A. M. et al. Pasture productivity and quality of *Urochloa brizantha* cultivar Marandu evaluated at two grazing intervals and their impact on milk production. *Animal Production Science*, [s.l.], v. 57, n. 7, p.1384-1391, 2017. CSIRO Publishing. <http://dx.doi.org/10.1071/an16715>.

NASCIMENTO, G. V.; CARDOSO, E. A.; BATISTA, N. L.; SOUZA, B. B.; CAMBUÍ, G. B. Indicadores produtivos, fisiológicos e comportamentais de vacas de leite. *Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v.9, n.4, p 28-36, 2013.

OATES, Lawrence G. et al. Management-Intensive Rotational Grazing Enhances Forage Production and Quality of Subhumid Cool-Season Pastures. *Crop Science*, [s.l.], v. 51, n. 2, p.892-901, 2011. Crop Science Society of America.

ODUM, E. P. *Fundamentos de ecologia*. 4. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1983. 927 p.

OLIVEIRA, Leandro B. et al. Long-Term Effects of Phosphorus on Dynamics of an Overseeded Natural Grassland in Brazil. *Rangeland Ecology & Management*, [s.l.], v. 68, n. 6, p.445-452, nov. 2015.

ORLANDI, S. et al. Drivers of *Setaria pumila* (Poir.) Roem. et Schult growth and impact on forage quality in lowland Switzerland meadows. *Grass And Forage Science*, [s.l.], v. 72, n. 1, p.154-162, 9 nov. 2015. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1111/gfs.12200>.

PACIULLO, Domingos Sávio Campos et al. Soil bulk density and biomass partitioning of *Brachiaria decumbens* in a silvopastoral system. *Scientia Agricola*, [s.l.], v. 67, n. 5, p.598-603, jul. 2010.

PILLAR, V.P.; Boldrini, I.I; Lange, O. Padrões de distribuição espacial de comunidades campestres sob plantio de eucalipto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 37, n. 6, p. 753-761, jun. 2002.

PINHEIRO MACHADO, L. C., 2004. *Pastoreio Racional Voisin: tecnologia agroecológica para o terceiro milênio*. 1ª ed., Cinco Continentes: Porto Alegre. 310 p.

PINHEIRO MACHADO, L. C. *Pastoreio racional Voisin: tecnologia agroecológica para o terceiro milênio*. São Paulo: Expressão Popular, 2010. 376 p.

PEZZOPANE, J.R.M., Bosi, C., Nicodemo, M.L.F., Santos, P.M., Cruz d, P.G., Parmejiani, R. S., 2015. Microclimate and soil moisture in a silvopastoral system in southeastern Brazil. *Bragantia* 74, 110–119.

PEDRO JUNIOR, M. J. Índices climáticos de crescimento para gramíneas forrageiras no estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v. 54, n.2, p. 427-435, 1995.

POLLOCK, K. M., Mead, D. J., & McKenzie, B. A. (2009). Soil moisture and water use by pastures and silvopastures in a sub-humid temperate climate in New Zealand. *Agroforestry Systems*, 75, 223-238. <http://dx.doi.org/10.1007/s10457-008-9172-z>.

RODRIGUES, C.O.D., Araújo, S.A.d.C., Viana, M.C.M., Rocha, N.S., Braz, T.G.d.S., Villela, S. D.J., 2014. Light relations and performance of signal grass in silvopastoral system. *Acta Sci.* 36, 129–136.

ROZADOS-LORENZO, M. J., González-Hernández, M. P., & Silva-Pando, F. J. (2007). Pasture production under different tree species and densities in an Atlantic silvopastoral system. *Agroforestry Systems*, 70, 53-62. <http://dx.doi.org/10.1007/s10457-007-9032-2>.

SANTOS, Darliane de Castro et al. Forage dry mass accumulation and structural characteristics of Piatã grass in silvopastoral systems in the Brazilian savannah. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, [s.l.], v. 233, p.16-24, out. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2016.08.026>.

SARMENTO, Patrícia et al. Sistema radicular do *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio adubado com nitrogênio e submetido à lotação rotacionada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, [s.l.], v. 37, n. 1, p.27-34, fev. 2008.

SCHMITT FILHO, A. L. et al. Integrating Agroecology with Payments for Ecosystem Services in Santa Catarina's Atlantic Forest. *Governing the Provision of Ecosystem Services. Studies in Ecological Economics*. v. 4, p. 333-335. 2013.

SCHMITT FILHO, et al. Payment for Ecosystem Services in Santa Rosa de Lima: Innovative practices to leverage social change and environmental recovery. 4th Convención Internacional AGRODESARROLLO 2016 & 11th International Workshop "Trees and Shrubs in Livestock Production". 2016.

SILVA RG, Maia ASC (2013) The environment. In: Silva RG, Maia ASC (ed) Principles of animal biometeorology. Springer, London, pp 1– 37. doi:10.1007/978-94-007-5733-2.

SILVA-PANDO, F. J., González-Hernández, M. P., & Rozados-Lorenzo, M. J. (2002). Pasture production in a silvopastoral system in relation with microclimate variables in the atlantic coast of Spain. *Agroforestry Systems*, 56, 203-211. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1021359817311>.

SOLLENBERGER LC, CHERNEY DJR (1995) Evaluating forage production and quality. In 'Forages. The science of grassland agriculture'. (Eds RF Barnes, DA Miller, CJ Nelson) pp. 97–110. (Iowa State University Press: Ames, IA).

TIECHER, T. et al. Phosphorus application and liming effects on forage production, floristic composition and soil chemical properties in the Campos biome, southern Brazil. *Grass And Forage Science*, [s.l.], v. 69, n. 4, p.567-579, 31 ago. 2013.

TILMAN, D. et al. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. 2011.

VOISIN, A. Produtividade do Pasto. São Paulo: Mestre Jou, 1974.520 p.

WONG, C.C.; WILSON, J.R. Effects of shading on the growth and nitrogen content of green panic and siratro in pure and mixed swards defoliated at two frequencies. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.31, n.3, p.269-285, 1980

ZANINE, A. M., Características morfogênicas, estruturais e acúmulo de forragem do capim *Panicum maximum* cv. Tanzânia submetido à intensidade e frequência de desfolhação. Viçosa, 2007. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa.

ZANINE, A. de M. Resposta morfofisiológica em pasto sob pastejo. *Colloquium Agrariae*, v.1, p.50-59, 2005. DOI: 10.5747/ca.2005.v01.n2.a014.

**APÊNDICE A – PLANILHA DE CAMPO DO ARTIGO 1 PARA
AVALIAÇÃO MICROCLIMÁTICA DO DE ACORDO COM A
ÁREA DE AVALIAÇÃO (APN, AEN E PSA) DAS QUATRO
ESTAÇÕES**

Propriedade: _____ Área (APN: 2.5m; AEN: 5m; PSA) _____

DATA ____/____/____ OBSERVADOR _____

Avaliações de variáveis ambientais Hora ____:____ às ____:____

| | P1 | P2 | P3 | P4 | P1 | P2 | P3 | P4 | P1 | P2 | P3 | P4 | P1 | P2 | P3 | P4 |
|------|----|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|
| C.D | | | | | C.D | | | | C.D | | | | C.D | | | |
| TEM | | | | | TEM | | | | TEM | | | | TEM | | | |
| UR | | | | | UR | | | | UR | | | | UR | | | |
| ILUM | | | | | ILUM | | | | ILUM | | | | ILUM | | | |
| VV | | | | | VV | | | | VV | | | | VV | | | |
| TSS | | | | | TSS | | | | TSS | | | | TSS | | | |
| | P1 | P2 | P3 | P4 | P1 | P2 | P3 | P4 | P1 | P2 | P3 | P4 | P1 | P2 | P3 | P4 |
| C.D | | | | | C.D | | | | C.D | | | | C.D | | | |
| TEM | | | | | TEM | | | | TEM | | | | TEM | | | |
| UR | | | | | UR | | | | UR | | | | UR | | | |
| ILUM | | | | | ILUM | | | | ILUM | | | | ILUM | | | |
| VV | | | | | VV | | | | VV | | | | VV | | | |
| TSS | | | | | TSS | | | | TSS | | | | TSS | | | |

Legenda: CD = Condição -> S = Sombra e O = Sol; TEM = temperatura do ar (°C); UR = umidade relativa (%); ILUM = iminência (lux);

VV = velocidade do vento (m/s); TSS = temperatura superficial do solo (°C)

**APÊNDICE B – PLANILHA DE CAMPO DO ARTIGO 2 PARA
AVALIAÇÃO DOS COMPONENTES FORRAGEIROS
(composição botânica, produção e altura) DE ACORDO COM AS
ÁREAS DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA SILVIPASTORIL COM
NÚCLEO AO LONDO DO ANO.**

**APÊNDICE C – PLANILHA DE CAMPO DO ARTIGO 2 PARA
AVALIAÇÃO DOS COMPONENTES FORRAGEIROS
(composição botânica, produção e altura) DOS PIQUETES SEM
ÁRVORES AO LONDO DO ANO.**

