

Matheus Deniz

**MICROCLIMA E COMPORTAMENTO ANIMAL EM SISTEMA
SILVIPASTORIL COM NÚCLEOS**

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 L. Schmitt
Filho, PhD.

Coorientadora: Profa. Maria José
Hötzel, PhD.

Florianópolis
2018

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

Deniz, Matheus

Microclima e comportamento animal em sistema
silvipastoril com núcleos / Matheus Deniz ;
orientador, Abdon Luiz Schmitt Filho,
coorientador, Maria José Hötzel, 2018.
114 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias,
Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas,
Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Agroecossistemas. 2. Bioclimatologia. 3.
Etologia aplicada. 4. Bem-estar animal. 5. Ranque
social. I. Schmitt Filho, Abdon Luiz . II. Hötzel,
Maria José. III. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Agroecossistemas. IV. Título.

Matheus Deniz

**MICROCLIMA E COMPORTAMENTO ANIMAL EM SISTEMA
SILVIPASTORIL COM NÚCLEOS**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Agroecossistemas e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas

Florianópolis, 23 de fevereiro de 2018.

Prof. Dr. Arcângelo Loss
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Abdon Luiz Schmitt Filho, PhD
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Arcângelo Loss
Universidade Federal de Santa Catarina

Dra. Luciana Aparecida Honorato
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Sérgio Augusto Ferreira de Quadros
Universidade Federal de Santa Catarina

Esse trabalho é dedicado a minha
família pelo imensurável amor me
concedido e pelo conforto em afeto e
palavras nos momentos mais difíceis

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por me dar o dom da vida, por todas as oportunidades e pela proteção diária.

As entidades espirituais pelo conforto do corpo e da alma.

A minha mãe Isabel C. Parra, pelo imensurável amor, carinho, afeto e confiança que depositou em mim, desde o início desta longa jornada, sempre me apoiando e dando forças para que eu continuasse mesmo nos momentos mais difíceis. Dedico a você, minha vida.

Ao meu pai Sérgio D. Deniz, pelo incentivo e confiança que dedicou em mim.

A minha irmã Marcela Deniz, que sempre me incentivou e hoje sente-se orgulhosa desta conquista.

A minha avó Maria H. F. Parra, que sempre com carinho e amor me mostrou os caminhos corretos a serem seguidos.

Ao meu amigo e orientador de graduação Frederico M. C. Vieira, que além de me conduzir até esse caminho, me apresentou a ciência e demonstrou que a zootecnia é algo muito maior que produção animal.

Aos meus orientadores na pós-graduação Abdon L. Scmitt Filho e Maria J. Hötzel pela amizade, paciência, orientação, ensinamentos durante todo o percurso e apoio em todos os momentos.

A Universidade Federal de Santa Catarina, onde colecionei muito mais que grandes amigos.

Ao Laboratório de Sistemas Silvipastoris e Restauração Ecológica LASSre/UFSC pelos conhecimentos atribuídos a mim.

Aos amigos: Karolini T. de Sousa e Matheus F. Moro sem os quais eu não conseguiria ter realizado este trabalho.

Aos colegas de laboratório: André da Silva, Carina M. Rover, Stéfano Kretzer e Thais Buratto.

Aos amigos: Kleber da Silva Jr. pelos auxílios em computação gráfica e José A. Bran, pelos auxílios prestados com a estatística.

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

Aos colegas de pós-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.



“Nós, seres humanos, estamos na natureza para auxiliar o progresso dos animais, na mesma proporção que os anjos estão para nos auxiliar. Portanto, quem maltrata um animal é alguém que não aprendeu a amar”.
Chico Xavier

Vacas a campo durante a execução do artigo 1. Propriedade do Sr. Lauro Boemer, Santa Rosa de Lima – SC, fevereiro de 2017.

RESUMO

O estresse térmico é um dos principais fatores de impacto econômico no rebanho leiteiro, comprometendo o desenvolvimento, o comportamento e a produção animal. Devido à preocupação com o estresse térmico e seus efeitos no bem-estar dos animais criados a pasto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência bioclimática do Sistema Silvipastoril com Núcleos (SSPnúcleos) nos aspectos microclimáticos e no comportamento de vacas leiteiras. A pesquisa foi realizada em uma propriedade leiteira característica da região sul, localizada no município de Santa Rosa de Lima, Santa Catarina. No artigo 1, foi realizado levantamento das variáveis microclimáticas: temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%), iluminância (lux), velocidade do vento (m/s) e temperatura superficial do solo ($^{\circ}\text{C}$), comparando o SSPnúcleos com um sistema de Pasto Aberto (PA) durante as estações do ano. Para cada sistema foram definidas as seguintes condições: sombra no SSPnúcleos, sol no SSPnúcleos e sol no PA. A partir dos dados coletados nas condições supracitadas, foi calculado o índice de temperatura e umidade (ITU) como indicativo de conforto térmico. 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. Os sistemas e as condições apresentaram influência ($p < 0,05$) no ITU, favorecendo as condições que estavam contidas no SSPnúcleos. No artigo 2, foi avaliado o comportamento diurno de 39 vacas leiteiras da raça Jersey em período produtivo. Nesta etapa, foi realizada avaliação microclimática (nas mesmas variáveis do artigo 1) e comportamental em duas áreas distintas do piquete: área do entorno dos núcleos (ET) e área do piquete ensolarada distante dos núcleos (SO). No entanto, devido ao deslocamento da sombra ao longo do dia, a área ET foi dividida em duas subáreas: área do entorno dos núcleos sombreada (ETsb) e área do entorno dos núcleos não sombreada (ETso). As características comportamentais foram avaliadas através de observações instantâneas e observações contínuas durante o período diurno. Houve diferença ($p < 0,05$) entre as variáveis de temperatura do ar, iluminância e temperatura superficial do solo dentro das distintas áreas avaliadas nos respectivos piquetes. As áreas ET registraram as maiores frequências dos comportamentos diurnos (83,3%), sendo que a subárea ETsb recebeu frequência de comportamento superior ($p < 0,01$) que as demais (ETso e SO). Consequentemente nesta subárea (ETsb) foram registradas frequências significativamente superiores às demais (ETso e SO) para os comportamentos contínuos de urinar e defecar. Com as aferições

comportamentais do artigo 2, foram observadas as interações agonísticas que deram origem ao artigo 3. Pela carência de uma plataforma gratuita unificada e rápida para determinação de ranque social de animais gregários, no terceiro artigo foi elaborada uma abordagem padrão para facilitar e agilizar a determinação da posição social. Com isso, foi desenvolvido o software ETlog que padroniza o cálculo de ranque social. O software é baseado em equações já conhecidas e realiza cálculo de ranque social, de instigadores de vítimas e índice de linearidade sem viés sistemático ou erros tendenciosos. Com essa pesquisa pode-se concluir que os núcleos arbóreo do SSP núcleos alteraram substancialmente as variáveis microclimáticas e comportamentais. Isto reforça a necessidade da sombra dispersa nos piquetes, já que a melhoria da ambiência levou a uma alta concentração do rebanho nas áreas sombreadas. Também conclui-se que a utilização do ETlog facilitou a determinação do ranque social viabilizando pesquisas futuras que correlacionem esta com o bem-estar e produtividade do rebanho leiteiro.

Palavras-chave: Bem-estar animal. Bioclimatologia. Ecologia de paisagens rurais. Etologia aplicada. Ranque social. Sombreamento de pastagens. Voisin Silvipastoril.

ABSTRACT

Thermal stress is one of the main factors of economic impact on the dairy herd, compromising the development, behavior and production. Due to the concern with thermal stress and its effects on the welfare of grazing animals, the objective of this work was to evaluate the bioclimatic influence of the Silvipastoril System with Nuclei (SSPnuclei) on the microclimatic aspects and the behavior of dairy cows. The research was carried out in a dairy farm in Santa Rosa de Lima, characteristic of the southern region of state Santa Catarina, Brazil. In article 1, an evaluation of the microclimatic variables was performed: air temperature ($^{\circ}$ C), relative humidity (%), illuminance (lux), wind speed (m / s) and soil surface temperature ($^{\circ}$ C), comparing the SSPnuclei with an Open Pasture (OP) system during the seasons. For each system the conditions were defined: shadow in the SSPnuclei, sun in the SSPnuclei and sun in the OP. From the data collected, the temperature and humidity index (THI) was calculated as indicative of thermal comfort. For this study, there was a difference ($p < 0.05$) between the conditions evaluated, where the shadow condition in the SSPnuclei obtained the lowest mean values of the microclimatic variables. The systems and conditions presented influence ($p < 0.05$) in the THI, promote the conditions that were contained in the SSPnuclei. In article 2, the daytime behavior of 39 Jersey dairy cows during productive period was evaluated. In this stage, a microclimatic evaluation (in the same variables of article 1) and behavioral evaluation was carried out in two distinct areas of the paddock: area around of the nuclei (AN) and sunny paddock area far from the nuclei (SU). However, due to the displacement of the shade along the day, the ET area was divided into two subareas: the area around the shaded nuclei (ANSH) and the area around the unshaded nuclei (ANSU). Behavioral characteristics were assessed through instantaneous observations and continuous observations during the daytime period. There was a difference ($p < 0.05$) between the variables of air temperature, illuminance and soil surface temperature within the different areas evaluated in the respective paddock. The AN areas showed the highest frequencies of daytime behavior (83.3%), and the subarea ETsb received a higher behavior frequency ($p < 0.01$) than the others (ANSU and SU). Consequently, in this subarea (ANSH) frequencies significantly higher than the others (ANSU and SU) were recorded for the continuous behaviors of urinating and defecating. With the behavioral assessments

of article 2, the agonistic interactions was observed and gave rise to article 3. Due to the lack of a free and fast unified free platform to determine the social rank of gregarious animals, in the third article a standard approach was developed to facilitate and expedite the determination of social position. With this, the ETlog software was developed that standardizes the calculation of social rank. The software is based on already known equations and performs social rank calculation, victim instigators and linearity index without systematic bias or bias errors. With this research it can be concluded that the tree nuclei of SSP nuclei substantially altered the microclimatic and behavioral variables. This reinforces the need for the dispersed shade at the paddocks, as the improvement of the environment led to a high concentration of the herd in the shaded areas. It is also concluded that the use of ETlog facilitated the determination of the social rank, making possible future research correlating this with the welfare and productivity of the dairy herd.

Keywords: Animal welfare. Applied ethology. Bioclimatology. Ecology of rural landscapes. Management intensive grazing. Shaded pasture. Social rank.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1 – SISTEMA SILVIPASTORIL COM NÚCLEOS: ALTERNATIVA SUSTENTAVEL PARA MELHORAR O AMBIENTE TÉRMICO

Figura 1 - Representação esquemática dos sistemas avaliados (A – Sistema Silvipastoril com Núcleos; B – Sistema de Pasto Aberto).....39

Figura 2 – Representação esquemática dos pontos e distância de coleta.....41

Figura 3 – Aplicação do modelo GLM para as diferentes condições e variáveis microclimáticas.....43

Figura 4 – Variação dos elementos microclimáticos: temperatura do ar (T, °C), umidade relativa do ar (UR, %) e iluminância (lux) dos sistemas SSPnúcleos e PA nas diferentes estações do ano.....44

ARTIGO 2 – NÚCLEOS ARBÓREOS ALTERAM O COMPORTAMENTO DE VACAS LEITEIRAS EM CLIMA SUBTROPICAL

Figura 1 – Representação esquemática das áreas existentes no SSPnúcleos (A – área do entorno do núcleo com sombra (ETsb); B - área do entorno do núcleo sem sombra (ETso); C - área dos piquetes com presença de sol (SO)).....58

Figura 2 – Frequência do comportamento de pastoreio durante as horas no período experimental.....64

Figura 3 – Frequência de ruminção deitado durante as horas no período experimental.....65

Figura 4 – Frequência de ingestão de água comparada com a frequência de comportamentos instantâneos registrados na áreas dos piquetes em todo o período experimental.....66

ARTIGO 3 – DETERMINAÇÃO DO RANQUE SOCIAL DE BOVINOS UTILIZANDO O SOFTWARE ETlog

Figura 1 – Representação de diferentes hierarquias (A– hierarquia transitiva (linear); B – hierarquia intransitiva (não linear)).....79

Figura 2 – Representação do ranque de dominância de diferentes animais (A – animais com o mesmo valor de ranque de dominância; B – animais que receberam 0,5 por apresentarem mesmo valor de ranque de dominância).....80

Figura 3 – Matrizes contendo as frequências de instigador e vítima. (A - matriz interações de dominância diádica; B - matriz após o procedimento de ordenação linear).....	80
Figura 4 – Visão inicial do ETlog (A - visão do cadastro de dados; B - visão sistêmica dos dados lançados).....	83
Figura 5 - Modelo de matriz sociométrica com quatro animais.....	84

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1 – SISTEMA SILVIPASTORIL COM NÚCLEOS: ALTERNATIVA SUSTENTAVEL PARA MELHORAR O AMBIENTE TÉRMICO

Tabela 1 - Valores médios das variáveis térmicas do ambiente: temperatura do ar (T, °C), umidade relativa do ar (UR, %), iluminância (lux), velocidade do vento (VV, m/s) e temperatura superficial do solo (TSS, °C) nas condições avaliadas.....46

Tabela 2 - Valores médios do índice de temperatura e umidade (ITU) para as condições existentes nos sistemas (SSPnúcleos e PA) em função dos horários avaliados nas estações do ano.....48

ARTIGO 2 – NÚCLEOS ARBÓREOS ALTERAM O COMPORTAMENTO DE VACAS LEITEIRAS EM CLIMA SUBTROPICAL

Tabela 1 – Valores médios das variáveis térmicas do ambiente: temperatura do ar (T, °C), umidade relativa do ar (UR, %), iluminância (lux), velocidade do vento (VV, m/s) e temperatura da superfície do solo (TSS) nas áreas do SNN.....62

Tabela 2 – Frequência (%) dos comportamentos instantâneos: pastoreio, ócio em pé, ócio deitado, ruminação em pé e ruminação deitado nas áreas do SNN.....63

Tabela 3 – Frequência (%) de eventos contínuos e distribuição espacial de urina e fezes nas áreas do SNN.....65

ARTIGO 3 – DETERMINAÇÃO DO RANQUE SOCIAL DE BOVINOS UTILIZANDO O SOFTWARE ETLOG

Tabela 1 - Número total de interações agonísticas, interações com e sem contato físico dos rebanhos estudados.....83

Tabela 2 – Índices de linearidade dos rebanhos calculados pelo ETlog através do método de Landau.....84

Tabela 3 – Resultados de ranque social (RS), ranque de instigadores (RI) e ranque de vítimas (RV) dos diferentes rebanhos estudados.....86

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A – Planilha de campo do artigo 1 para avaliação microclimática do Sistema Silvipastoril com Núcleos nas quatro estações.....	103
APÊNDICE B – Planilha de campo do artigo 1 para avaliação microclimática do Sistema Pasto Aberto nas quatro estações.....	105
APÊNDICE C – Planilha de campo do artigo 2 para avaliação microclimática das áreas existentes dentro do Sistemas Silvipastoril com Núcleos.....	107
APÊNDICE D – Planilha de campo do artigo 2 para avaliação dos comportamentos contínuos.....	109
APÊNDICE E – Planilha de campo do artigo 2 para avaliação dos comportamentos instantâneos.....	111
APÊNDICE F – Planilha de campo do artigo 2 para avaliação dos interações agonísticos.....	113

LISTA DE ABREVIATURAS

SSP – Sistema Silvipastoril
SSPnúcleos – Sistema Silvipastoril com Núcleos
PA – Pasto Aberto
°C – Graus centígrados
UR – Umidade relativa do ar
VV – Velocidade do vento
TSS – Temperatura superficial do solo
FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations
IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change
m² – Metro quadrado
PRV – Pastoreio Racional Voisin
GLM – Modelos Lineares Generalizados
ITU – Índice de temperatura e umidade
Tbs – Temperatura de bulbo seco
Tpo – Temperatura do ponto de orvalho
SO – Área do piquete com sol
ET – Área do entorno dos núcleos
ETsb – Área entorno dos núcleos com sombra
ETso – Área entorno dos núcleos com sol
ISA – Índice de sombreamento arbóreo
RS – Ranque social
RI – Ranque de instigadores
RV – Ranque de vítimas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	27
1.1	HIPÓTESE	28
1.2	OBJETIVOS	28
1.2.1	Objetivo geral	28
1.2.2	Objetivos específicos	28
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	31
2.1	BOVINOCULTURA LEITEIRA EM CLIMA TROPICAL E SUBTROPICAL	31
2.2	SISTEMA SILVIPASTORIL (SSP)	32
2.3	COMPORTAMENTO E CONFORTO TÉRMICO DE BOVINOS LEITEIROS	33
3	ARTIGO 1 - SISTEMA SILVIPASTORIL COM NÚCLEOS: ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA MELHORAR O AMBIENTE TÉRMICO	37
3.1	INTRODUÇÃO	38
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	39
3.2.1	Localização e padrão climático	39
3.2.2	Área experimental	39
3.2.3	Definição dos tratamentos	41
3.2.4	Aferições microclimáticas	41
3.2.5	Índice de conforto térmico	42
3.3	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	42
3.4	RESULTADOS	44
3.4.1	Ambiente	44
3.4.2	Índice de conforto térmico	47
3.5	DISCUSSÃO	48
3.5.1	Ambiente	48
3.5.2	Índice de conforto térmico	50
3.6	CONCLUSÃO	51
3.7	REFERÊNCIA	51
4	ARTIGO 2 – NÚCLEOS ARBÓREOS ALTERAM O COMPORTAMENTO DE VACAS LEITEIRAS EM CLIMA SUBTROPICAL	55
4.1	INTRODUÇÃO	56
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	57
4.2.1	Descrição geral	57
4.2.2	Aferições	57
4.3	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	61
4.4	RESULTADOS	61

4.4.1	Ambiente	61
4.4.2	Comportamentos registrados em instantâneos	63
4.4.3	Comportamentos registrados em eventos contínuos	65
4.5	DISCUSSÃO.....	67
4.6	CONCLUSÃO	69
4.7	REFERÊNCIA	69
5	ARTIGO 3 – DETERMINAÇÃO DO RANQUE SOCIAL DE BOVINOS UTILIZANDO O SOFTWARE ETLOG	75
5.1	INTRODUÇÃO	76
5.2	MATERIAL E MÉTODOS	77
5.2.1	Informações gerais a respeito do ETlog.....	77
5.2.2	Ranque de dominância	78
5.2.3	Índice de linearidade	78
5.2.4	Informações técnicas do ETlog.....	81
5.2.5	Resultados confirmatórios.....	81
5.2.6	Coleta de dados para validação	81
5.3	RESULTADOS.....	83
5.3.1	Registro de interações agonísticas.....	83
5.3.2	Presença ou ausência de contato físico.....	83
5.3.3	Matriz sociométrica.....	84
5.3.4	Índice de linearidade de Landau e índice de linearidade de Landau modificado por de Vries.....	84
5.3.5	Ranques.....	85
5.4	DISCUSSÃO.....	87
5.4.1	Principais vantagens do software	87
5.5	CONCLUSÃO	89
5.6	REFERÊNCIA	90
6	CONCLUSÃO GERAL	94
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	94
8	REFERÊNCIAS	95
	APÊNDICE A – PLANILHA DE CAMPO DO ARTIGO 1 PARA AVALIAÇÃO MICROCLIMÁTICA DO SISTEMA SILVIPASTORIL COM NÚCLEOS NAS QUATRO ESTAÇÕES.....	103
	APÊNDICE B – PLANILHA DE CAMPO DO ARTIGO 1 PARA AVALIAÇÃO MICROCLIMÁTICA DO SISTEMA PASTO ABERTO NAS QUATRO ESTAÇÕES	105
	APÊNDICE C – PLANILHA DE CAMPO DO ARTIGO 2 PARA AVALIAÇÃO MICROCLIMÁTICA DAS ÁREAS EXISTENTES DENTRO DO SISTEMAS SILVIPASTORIL COM NÚCLEOS	107

APÊNDICE D – PLANILHA DE CAMPO DO ARTIGO 2 PARA AVALIAÇÃO DOS COMPORTAMENTOS CONTÍNUOS.....	109
APÊNDICE E – PLANILHA DE CAMPO DO ARTIGO 2 PARA AVALIAÇÃO DOS COMPORTAMENTOS INSTANTÂNEOS.....	111
APÊNDICE F – PLANILHA DE CAMPO DO ARTIGO 2 PARA AVALIAÇÃO DOS COMPORTAMENTOS AGONÍSTICOS.....	113

1 INTRODUÇÃO

A ação antrópica vem causando degradação aos ecossistemas há séculos, ocasionando diversos problemas ambientais, entre eles o aquecimento global. É de conhecimento geral que há uma crescente demanda por parte dos consumidores para o uso consciente dos recursos naturais. A utilização racional dos recursos mundiais é uma maneira de evitar efeitos adversos no ambiente elevando a biodiversidade através de manejos adequados tornando os sistemas produtivos cada vez mais sustentáveis (BROOM, 2017).

No Brasil, como um dos maiores produtores de leite do mundo (FAOSTAT, 2017), há uma crescente preocupação com boas práticas de manejo animal, associadas a estudos de comportamento e bem-estar animal, devido a serem fatores que influenciam diretamente na produtividade e sustentabilidade dos sistemas de produção (NASCIMENTO et al., 2013). A produtividade leiteira em regiões de clima tropical e subtropical é relativamente baixa em todo o mundo, havendo necessidade de selecionar animais mais adaptados a climas quentes (BORBUREMA et al., 2013). O ambiente térmico é um dos principais fatores que afetam negativamente o estado fisiológico, comportamento e bem-estar dos animais de produção (SCHÜTZ et al., 2010; WEST, 2003), podendo ser mitigado através do fornecimento de sombra (KARVATTE JUNIOR et al., 2016).

Dentre os comportamentos desempenhados pelos animais ao longo do dia, ruminância, ócio (PIRES et al., 2010), ingestão de água e alimento (WHEELLOCK et al., 2010), são os que sofrem mais alterações devido ao estresse causado pelos elementos climáticos, fazendo com que aumente a busca por sombra (FERREIRA et al., 2014). O comportamento de pastoreio também é influenciado pela presença de sombra, neste sentido, quando comparado com pastagem sem árvores, sistemas silvipastoris que fornecem sombra em quantidade e qualidade adequada proporcionam ambiente mais favorável para realização dos comportamentos ao longo do dia (ARAÚJO et al., 2017).

Sistemas agroflorestais apresentam-se como estratégia sustentável de melhorar o uso da terra, a biodiversidade local e ao mesmo tempo fornecer melhores índices de conforto térmico aos animais nos sistemas pastoris (AINSWORTH; MOE; SKARPE, 2012; SALTON et al., 2014). Dentre as agroflorestas, destacam-se os sistemas silvipastoris, que consistem no consócio intencional de árvores, pastagens e animais em uma mesma área, manejados de forma

simultânea, onde o produtor rural consiga extrair renda extra dessa integração (PERI; DUBE; VARELLA, 2016).

A introdução de árvores em sistemas pastoris além de aumentar a provisão de serviços ecossistêmicos (FAO, 2015), tem se mostrado extremamente eficiente em mitigar a ação dos elementos climáticos (SOUZA et al., 2010b), pois reduz a carga térmica radiante sobre os animais e proporciona microclima que favorece o conforto térmico, devido a apresentar menores valores de temperatura do ar (BALISCEI et al., 2012; ROVIRA; VELAZCO, 2010; TUCKER; ROGERS; SCHÜTZ, 2008). No entanto a utilização de árvores nativas como elemento arbóreo para sistemas silvipastoris ainda é pouco comum no Brasil, em função do seu moderado crescimento e pela falta de conhecimento em silvicultura (ANTONELLI et al., 2015).

É conhecido que sistemas silvipastoris fornecem inúmeros benefícios ao agroecossistema, como: recuperação de áreas degradadas, melhoria na qualidade do solo e pastagens, sequestro de carbono entre outros. Porém, são necessárias pesquisas que comprovem a eficiência de árvores nativas em outras modalidades de plantio na mitigação dos elementos climáticos, conforto térmico e comportamento dos animais de criação.

1.1 HIPÓTESE

Sistema pastoril com elementos arbóreos em nucleação apresenta melhores condições ambientais e altera o comportamento dos animais devido à oferta de sombra?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a influência bioclimática do Sistema Silvipastoril com Núcleos em aspectos microclimáticos e no comportamento de vacas leiteiras.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o ambiente térmico promovido pelo sistema silvipastoril com núcleos em diferentes estações do ano.
- Avaliar o da paisagem e presença de sombra na deposição de fezes e urina de vacas leiteiras.

- Avaliar interações agonísticas e desenvolver software para execução do cálculo de ranque social.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 BOVINOCULTURA LEITEIRA EM CLIMA TROPICAL E SUBTROPICAL

A produção leiteira no Brasil vem aumentando gradativamente e concomitantemente a uma crescente preocupação com práticas de manejo animal que proporcionem aumento da produtividade. Isso tudo atrelado a estudos do comportamento e bem-estar animal, visto que são fatores que influenciam diretamente a sustentabilidade dos sistemas de produção (NASCIMENTO et al., 2013). O número de vacas ordenhadas se elevou nos últimos anos e atrelada à melhoria das pastagens e manejos mais adequados fizeram com que a produção de leite nacional chegasse a patamares jamais alcançados. Essa elevação da capacidade produtiva é dada pela extensa área territorial uma vez que permite a criação da maioria dos animais em pastagens (BIAVATTI et al., 2014).

Propriedades leiteiras de regiões tropicais e subtropicais têm importado animais de genética europeia com o objetivo de elevar sua produção. Porém a adaptação dessas raças ao clima tropical e subtropical tornou-se um grande desafio, principalmente considerando animais de elevado potencial genético de raças europeias, as quais são adaptadas às regiões de clima temperado (KADZERE et al., 2002; KARVATTE JUNIOR et al., 2016).

O Brasil apresenta regiões onde predominam clima tropical e subtropical, com condições que podem ser consideradas limitantes para a produção animal, em virtude de apresentar altas temperaturas combinadas com elevada umidade relativa do ar, baixa velocidade do vento e excessiva incidência de radiação solar sobre os animais (BORBUREMA et al., 2013; PINHEIRO, 2012; SOUZA et al., 2010; SILVA et al., 2010). Todavia, é importante considerar que a produtividade leiteira em regiões de clima tropical e subtropical é relativamente baixa em todo o mundo. Esta deficiência se dá por vários fatores, entre eles estão: limitado potencial genéticos dos rebanhos, manejo reprodutivo, nutricional e sanitário inadequados, atrelados a condições climáticas desfavoráveis para a criação animal (BORBUREMA et al., 2013).

Como meios de mitigar os efeitos ambientais adversos, alternativas como aspersão, nebulização e sombreamento natural e artificial apresentam influência positiva na redução da carga térmica dos animais, elevando assim, seus índices de bem-estar e conseqüentemente

a produtividade (BARBOSA et al., 2004; MELLACE et al., 2009; SOUZA et al., 2010; DOMINGOS et al., 2013).

2.2 SISTEMA SILVIPASTORIL (SSP)

Na busca de melhorias ambientais, integrar as propriedades agropecuárias e torná-las mais sustentáveis, sistemas agroflorestais vem chamando a atenção dos pesquisadores (FADL; MAHMOUD; HAMAD, 2015). Dentre as agroflorestas, destacam-se os sistemas silvipastoris, que consistem em consociar de forma intencional em uma mesma área espécies lenhosas (nativas ou exóticas) e forrageiras em meio à produção animal (PERI; DUBE; VARELLA, 2016). A integração simultânea relaciona-se de forma sustentável e busca atender diversas necessidades do produtor rural, como: alimento, madeira, lenha, frutas e plantas medicinais (GARCIA; TONUCCI; GOBBI, 2010).

Em sua grande maioria, os sistemas silvipastoris brasileiros são compostos por espécies arbóreas exóticas plantadas em linhas, bosques ou aleatoriamente distribuídas pela pastagem (PACIULLO, 2014; SOUZA, 2010b; SOUZA, 2010b). Porém, para ter um SSP eficiente é necessária a escolha correta das árvores e pastagem. Alguns aspectos como: não produzirem efeito alelopático, serem tolerantes a seca (SILVA et al., 2008; COSTA et al., 2004), possuírem adaptação ao ambiente onde serão implantadas, apresentar crescimento moderado e copa pouco densas que proporcionem abrigo aos animais devem ser levados em consideração na implantação (CARVALHO, 2001). O mesmo autor ainda destaca que a utilização desse sistema vem se mostrando muito promissor no ramo leiteiro, não somente pela renda extra de extração de madeira e frutas, mas sim pelas positivas respostas na elevação de produtividade das propriedades.

Apesar da grande biodiversidade, a utilização de árvores nativas como elemento arbóreo para sistemas silvipastoris ainda é incomum no Brasil. Isto está relacionado à percepção de que o crescimento das espécies nativas é mais lento que o das espécies exóticas e pela falta de conhecimento em silvicultura. No entanto pesquisas nesta área vêm demonstrando que o fornecimento de madeiras nobres com espécies nativas dentro destes sistemas é muito promissor (ANTONELLI et al., 2015). A escolha de espécies nativas para compor SSP pode ser um fator-chave e apresenta grande probabilidade de êxito, pois elas já são adaptadas ao clima e ao solo local (POTT; POTT, 2003).

Sistemas silvipastoris promovem diversificação nas propriedades agropecuárias, além de proporcionar melhor uso da terra formando ecossistemas mais resilientes e menos dependentes de recursos externos (DIAS FILHO, 2006; SOUZA et al., 2007). A combinação intencional de elementos arbóreos em meio à produção animal diminui o estresse térmico dos animais e ainda gera renda extra ao produtor. Além disso, acarreta benefícios ecológicos ao local como: sequestro de carbono, enriquecimento do solo, recuperação de áreas degradadas, aumento da biodiversidade e alteração na paisagem local (BALBINO et al., 2011; LATAWIEC, 2014).

A presença das árvores propicia modificação e recuperação da paisagem local devido aos elementos estarem interligados de forma mais harmoniosa com o ecossistema (água, terra e ar), amenizando os efeitos do vento e eventualmente agindo como corredores para matas preservadas (VALERI et al., 2003; OTERO E ONAINDIA, 2009). Esta combinação tem motivado à implantação destes sistemas, pois é pautado em princípios ambientalmente adequados, socialmente ecológico e economicamente viável (GARCIA et al., 2011).

Árvores em meio a sistemas pastoris modificam o microclima do local onde estão implantadas, reduzindo a incidência de radiação solar, que resulta em temperaturas mais amenas, fazendo com que, a umidade fique mais elevada e diminua a taxa de evapotranspiração vegetal (BERNARDINO; GARCIA, 2009, ALVES; NICODEMO; PORFÍRIO-DA-SILVA, 2015; KARVATTE JUNIOR et al., 2016). Desta forma, a implantação de sistemas silvipastoris é considerada uma alternativa viável, pois intensifica e diversifica a produção, não havendo necessidade de abertura de novas áreas. Estes fatores fazem com que a produção animal se torne cada vez mais sustentável (MURGUEITIO et al., 2011; BROOM; GALINDO; MURGUEITO, 2013).

Disponibilizar sombra a animais de aptidão leiteira independente do estado fisiológico é uma condição para que possa melhorar os índices de conforto térmico, bem-estar, elevar a produtividade da propriedade, torna-la cada vez menos dependente de recursos externos, além de reabilitar a paisagem rural (SOUZA et al., 2010).

2.3 COMPORTAMENTO E CONFORTO TÉRMICO DE BOVINOS LEITEIROS

O clima é composto por um conjunto de fatores que podem agir separadamente ou em conjunto (IPCC, 2014) e interferem diretamente no comportamento e bem-estar dos animais. O estudo e compreensão do

comportamento animal dentro de seus hábitos naturais é uma das formas para diagnosticar possíveis problemas e contribui para futuras tomadas de decisão a fim de melhorar o bem-estar e elevar a produtividade animal (COSTA et al., 2003).

Pelo fato de serem homeotérmicos, os animais possuem uma zona de termoneutralidade que está contida entre a temperatura crítica superior (TCS) e temperatura crítica inferior (TCI) (SILVA, 2000). Para bovinos europeus essas temperaturas variam de -6 a 27°C e para raças zebuínas de 10 a 27°C (AZEVEDO; ALVES, 2009). Estando dentro destas faixas, o animal não necessita dissipar nem produzir calor, tendo esforço fisiológico mínimo, podendo assim, expressar sua máxima capacidade produtiva. No entanto, cabe salientar que na literatura existem vários conflitos no que diz respeito às faixas que delimitam a termoneutralidade, pois o conforto térmico não é determinado somente pela temperatura, mas também pela capacidade adaptativa do animal, umidade relativa do ar, incidência luminosa entre outros fatores (RICCI; ORSI; DOMINGUES, 2013).

O ITU embora não seja o mais completo dos índices para determinação do conforto térmico, é extremamente utilizado, pois envolve informações meteorológicas como temperatura (°C) e umidade do ar (%) que são facilmente adquiridas (Souza et al. 2010). Índices de temperatura e umidade até 74 representam ambientes seguros aos animais, de 74 a 78 exigem determinado cuidado (estado de alerta), de 79 a 84 perigosos (estresse moderado) e acima de 85 são ambientes em condição de emergência (National Weather Service, 1976).

Bovinos, assim como outros animais, apresentam comportamentos que correspondem às suas características físicas, fisiológicas e emocionais (BROOM; MOLENTO, 2004). Os principais parâmetros comportamentais estudados em bovinos leiteiros são os relacionados à alimentação, ruminação, ócio e procura por água e sombra (MONTY E GARBARENO, 1978).

Os animais costumam dividir seu tempo entre várias atividades, mas as principais são pastejo, ruminação e ócio. Geralmente bovinos passam cerca de oito horas pastando, sendo esta atividade dividida de três a cinco períodos ao longo do dia, tendo seu pico ao amanhecer e ao entardecer, pois as temperaturas são mais amenas (JANUSKIEWICZ et al., 2011). Dentre os comportamentos que os bovinos expressam, o ingestivo é um dos mais estudados podendo ser influenciado por diversos fatores. Dentre estes fatores estão a palatabilidade do alimento fornecido e a hierarquia social, uma vez que os grupos apresentam níveis sociais diferentes, fazendo com que animais subordinados tenham

menos acesso a certos recursos, como a alimentação (DIAS, 2008). A hierarquia social também influencia o uso da sombra, visto que há aumento das interações agonísticas à medida que área de sombra é reduzida (PELLIZZONI, 2011).

Pesquisadores tem demonstrado que os animais zootécnicos apresentam preferência por sombra natural em comparação com meios artificiais de sombreamento, (BLACKSHAW; BLACKSHAW, 1994; GAUGHAN et al., 1999). Animais em sistema silvipastoril apresentam tempo de pastoreio maior do que animais a pleno sol (KARKI; GOODMAN, 2010). No verão, quando disponível, animais passam cerca de 70% do tempo na sombra, embora grande parte deste tempo seja gasto com pastejo, diferente de animais expostos ao sol onde este comportamento é comprometido em função do estresse térmico (LEME et al., 2005).

A movimentação da sombra proporcionada pelo sistema silvipastoril modifica o comportamento dos animais, fazendo com que eles procurem sombra e se concentrem sob a copa das árvores por um longo período do dia (FERREIRA et al., 2014). A modificação de comportamento por presença de sombra foi evidenciado por Pellizzoni (2011), observando que aumentaram interações agonísticas quando animais foram submetidos a locais com pouca área sombreada.

Animais que estão sob estresse térmico apresentam alterações evidentes em seu comportamento, procurando locais sombreados (FERREIRA et al., 2014) e água (WHEELLOCK et al., 2010), diminuindo a ingestão de alimento e reduzindo o tempo de ruminação (MEYER et al., 2006; PIRES E CAMPOS, 2008). Bovinos leiteiros, devido ao seu elevado consumo de alimento, apresentam maior produção de calor metabólico, o que dificulta seu equilíbrio térmico quando expostos a ambientes com temperaturas elevadas (AZEVEDO et al., 2005).

A interação entre os elementos climáticos provocam alterações fisiológicas nos animais que acabam interferindo em seu potencial produtivo e reprodução. Bovinos leiteiros necessitam de um ambiente que lhes propicie o mínimo de condições necessárias para sua produção, visto que estes animais são capazes de detectar mínimas variações climáticas a ponto de necessitarem utilizar de seus recursos termorregulatórios (SCHÜTZ et al., 2010).

3 ARTIGO 1 - SISTEMA SILVIPASTORIL COM NÚCLEOS: ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA MELHORAR O AMBIENTE TÉRMICO

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi realizar avaliação do microclima e determinar o índice de conforto térmico do Sistema Silvipastoril com Núcleos (SSPnúcleos) comparado com um Sistema de Pasto Aberto (PA) nas quatro estações do ano. O estudo foi desenvolvido em uma propriedade leiteira no município de Santa Rosa de Lima na região sul de Santa Catarina. Nos sistemas foram determinadas as seguintes condições: sombra no SSPnúcleos, sol no SSPnúcleos e sol no PA. Durante dois dias consecutivos (por estação) foram coletadas as variáveis microclimáticas: temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), iluminância (lux), velocidade do vento (m/s) e temperatura superficial do solo (°C). A partir dos dados obtidos foi calculado o índice de temperatura e umidade (ITU) para cada condição como indicativo de conforto térmico. Para avaliar se os sistemas e as condições interferem nas variáveis microclimáticas foi realizada análise de influência por meio de Modelos Lineares Generalizados. As análises confirmatórias foram determinadas através do teste de Wilcoxon-Mann-Whitney de amostras independentes. Os sistemas de produção e as condições influenciaram ($p < 0,05$) as variáveis coletadas apresentando diferença ($p < 0,05$) entre as variáveis microclimáticas. Os menores valores médios de temperatura do ar, iluminância, velocidade do vento e temperatura superficial do solo foram encontrados no SSPnúcleos. Foram verificadas influências ($p < 0,05$) dos sistemas no ITU em todas as estações do ano, sendo que o outono e o inverno apresentaram ambiente seguro para a produção animal em ambos os sistemas, enquanto que na primavera somente o SSPnúcleos obteve valores satisfatórios. O SSPnúcleos apresentou estado de alerta nas primeiras horas do dia (ITU = 76) no verão. Já no PA os animais estariam em ambiente perigoso desde as primeiras horas (ITU entre 79 e 85). Assim, conclui-se que o SSPnúcleos proporcionou melhores condições microclimáticas e de conforto térmico aos animais em todas as estações do ano.

Palavras-chave: Ambiência. Árvores nativas. Conforto térmico. Microclima. Núcleos arbóreos. Sombreamento de pastagem. Voisin silvipastoril.

3.1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas afetam diretamente a cadeia produtiva e fazem com que os sistemas de produção agropecuários sejam constantemente alterados (KASTNER et al., 2012; NELSON et al., 2014). Os efeitos negativos dessas mudanças sobre os meios de produção são constatados em diferentes regiões do mundo, sendo um desafio principalmente nos países em desenvolvimento, visto que necessitam manter a produtividade e ao mesmo tempo diminuir os impactos ambientais (IPCC, 2014). Dentre os desafios da agropecuária moderna estão à exploração do máximo potencial produtivo atrelado a recorrente preocupação em recuperar e preservar os sistemas produtivos (GILL; SMITH; WILKINSON, 2010).

A produtividade no Brasil é influenciada em grande parte pelas zonas tropicais e subtropicais, que promovem ambiente térmico prejudicial ao desempenho produtivo dos animais de criação (SOUZA; SILVA; SILVA, 2016). Neste sentido, estratégias de climatização devem ser implantadas nas propriedades a fim de minimizar o impacto das temperaturas excessivas, principalmente no verão (NASCIMENTO et al., 2017).

O sombreamento proveniente de elementos arbóreos é uma prática eficiente e economicamente viável de estruturar e recuperar os sistemas de produção, pois além de minimizar perdas, o fornecimento de sombra favorece a melhoria dos índices de bem-estar aos animais (BROOM; GALINDO; MURGUEITIO, 2013; THORNTON et al., 2009). Como requisito parcial de atender a esta demanda, foi desenvolvido o sistema silvipastoril com núcleos, como alternativa de mitigar os efeitos climáticos adversos e viabilizar a diminuição de perdas produtivas (SCHMITT FILHO et al., 2017). O sistema foi idealizado desta forma, devido à nucleação proporcionar melhoria na resiliência dos sistemas, além de elevar a biodiversidade local e aumentar a sinergia entre as plantas (REIS et al., 2003).

Na tentativa de discutir acerca dos potenciais benéficos da implantação de sistemas agroflorestais, o objetivo deste trabalho foi realizar avaliação do microclima e determinar índice de conforto térmico nas condições de sombra e sol em sistema silvipastoril com núcleos, comparado com a condição de sol no sistema de pasto aberto, em diferentes estações do ano.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

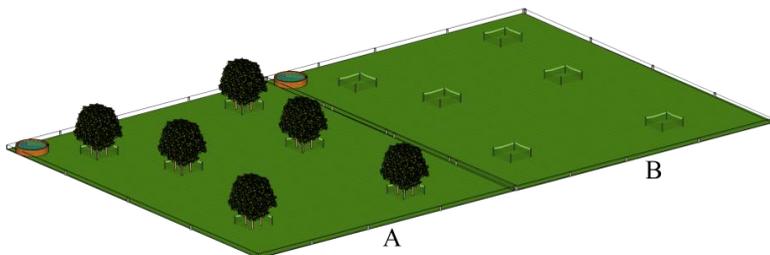
3.2.1 Localização e padrão climático

O experimento foi conduzido em uma propriedade leiteira no município de Santa Rosa de Lima, na região sul do estado de Santa Catarina, localizada a 28°02'21"S, 49°07'40" WO com altitude de 240m. O clima da região é caracterizado como subtropical úmido mesotérmico (Cfa) de acordo com a classificação de Köppen e apresenta temperatura mínima abaixo de 18°C e máxima acima de 22°C com precipitação média mensal acima de 40 mm (ALVARES et al., 2013).

3.2.2 Área experimental

As variáveis desta pesquisa foram coletadas em uma pastagem ondulada (12 – 15% de declive) de manejo rotativo com Pastoreio Racional Voisin (PRV) implantado há 18 anos. Em cinco piquetes foram implantados o Sistema Silvipastoril com Núcleos arbóreos (SSPnúcleos) pareados com outros cinco sem o componente arbóreo denominado de Pasto Aberto (PA) (Figura 1).

Figura 1 - Representação esquemática dos sistemas avaliados (A – Sistema Silvipastoril com Núcleos; B – Sistema de Pasto Aberto).



Fonte: O autor, (2017).

Em ambos os sistemas a pastagem no verão é composta por missioneira gigante (*Axonopus catarinenses*), amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) e grama forquilha (*Paspalum notatum*) e no inverno é feito sobresemeadura de aveia preta (*Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*).

3.2.2.1 Sistema Silvipastoril com Núcleos (SSPnúcleos)

O Sistema Silvipastoril com Núcleos (SSPnúcleos) foi desenvolvido de pelo Laboratório de Sistemas Silvipastoris e Restauração Ecológica LASSre/UFSC com o propósito de viabilizar a reabilitação da paisagem rural enquanto provê sombra ao rebanho e proporciona renda adicional aos produtores através de produtos florestais não-madeireiros. O sistema consiste em quarenta núcleos de 5 m x 5 m devidamente cercados e dispostos de forma equidistante em cada hectare, totalizando 10% da área de pastagem. Em média cada piquete possui cinco núcleos, essa quantidade é determinada para que se alcance de 20 a 30% de sombra, evitando prejudicar o desenvolvimento forrageiro (SCHMITT et al. 2013; SCHMITT et al., 2017).

Durante a primeira fase de implantação os núcleos arbóreos são formados por 12 mudas de sete espécies diferentes: Bracatinga (*Mimosa scabrella*), Vassorão (*Cinnamomum stenophyllum*), Aroeira (*Schinus terebinthifolius*), Ingá (*Ingá edulis*), Bananeira (*Musa ssp.*), Canela (*Ocotea ssp.*) e Tucaneira (*Citharexylum myrianthum*).

O sistema foi implantado na propriedade há seis anos e possui no total 33 núcleos de árvores nativas plantados no sentido norte/sul com espaçamento de 14 metros entre núcleos. As árvores presentes no sistema possuem cerca de sete metros de altura e no total, fornecem sombra de aproximadamente 308,25m².

Para que as aferições fossem realizadas no mesmo local em todo o período experimental, foram estipulados cinco pontos de coleta em cada núcleo do SSPnúcleos e fixadas estacas a 1,5 metros de distância da cerca dos núcleos, totalizando 165 pontos.

3.2.2.2 Pasto aberto (PA)

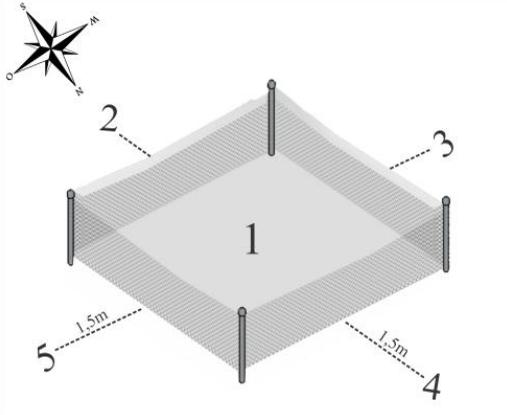
Para os piquetes PA foram elaborados núcleos fictícios (sem árvores e com o mesmo tamanho dos contidos no SSPnúcleos) distribuídos nos piquetes conforme a localização dos núcleos no SSPnúcleos e fixadas estacas com a mesma distância (1,5m) da cerca dos núcleos (fictícios), para coleta dos dados, totalizando 132 pontos.

3.2.2.3 Pontos de coleta

Os pontos foram distribuídos da seguinte forma em ambos os sistemas (SSPnúcleos e PA): o ponto um (P1) foi alocado no centro dos

núcleos, o ponto dois (P2) foi determinado ao sul do P1, o ponto três (P3) foi demarcado a 180° oeste do P1, o ponto quatro (P4) foi fixado ao norte do P1 e o ponto cinco (P5) ficou a 180° leste do P1 (Figura 2). No entanto, no sistema PA não foram coletadas as variáveis no P1.

Figura 2 – Representação esquemática dos pontos e distância de coleta



Fonte: O autor, (2017).

3.2.3 Definição dos tratamentos

Devido ao deslocamento da sombra no decorrer do dia, em todas as coletas foram anotadas as condições em que os pontos estavam submetidos (sombra ou sol). Desta forma, foram delimitados três tratamentos, sendo eles: **Sombra no SSPnúcleos**: pontos dentro do SSPnúcleos que estavam sob influência da sombra dos elementos arbóreos no momento da coleta; **Sol no SSPnúcleos**: pontos que no momento da aferição não estavam sob influência da sombra dos elementos arbóreos; **Sol no PA** (testemunha): pontos que sempre estiveram ao sol, devido à ausência de árvores no sistema.

3.2.4 Aferições microclimáticas

Para evitar variações temporais entre os sistemas, as coletas foram realizadas de forma simultânea e em condições de céu aberto, durante dois dias consecutivos em cada estação do ano. A primeira coleta foi realizada no inverno de 2017 e a última no verão de 2018.

Para o levantamento microclimático, em ambos em sistemas foram aferidas as seguintes variáveis ambientais: temperatura do ar (°C),

umidade relativa do ar (%), iluminância (lux), velocidade do vento (m/s) e temperatura superficial do solo (°C). As coletas foram realizadas em três faixas de horários (das 08:00 às 10:00, 12:00 às 14:00 e 16:00 às 18:00 horas), a uma altura de 1,3 metros do solo, pois corresponde a altura da massa central de um bovino adulto (EMBRAPA, 2016).

As medidas de temperatura e umidade do ar foram determinadas (com a devida proteção da radiação solar) por meio da utilização de um termohigrômetro (Modelo AK 625); a medição da iluminância foi realizada com a utilização de um luxímetro digital (Modelo AK 309); para a medida de velocidade do vento foi utilizado um termoanemômetro (Modelo AK 821); e para a aferição da temperatura do solo foi utilizado um termômetro infravermelho (Modelo AK 32).

3.2.5 Índice de conforto térmico

Com os dados microclimáticos coletados, foi obtido o índice de conforto térmico animal para cada estação do ano (outono, inverno, primavera e verão). O índice de temperatura e umidade (ITU) foi determinado conforme equação (1) desenvolvida por Thom, (1959).

$$ITU = Tbs + 0,36 * Tpo + 41,2 \quad (1)$$

Onde:

Tbs é temperatura de bulbo seco (°C) e Tpo é a temperatura do ponto de orvalho (°C).

A temperatura do ponto de orvalho (Tpo) foi calculada conforme equação (2) desenvolvida por Wilhelm (1976).

$$Tpo = (T - (100 - UR) / 5) \quad (2)$$

Onde:

T é a temperatura do ar (°C) e UR é a umidade relativa do ar (%).

3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

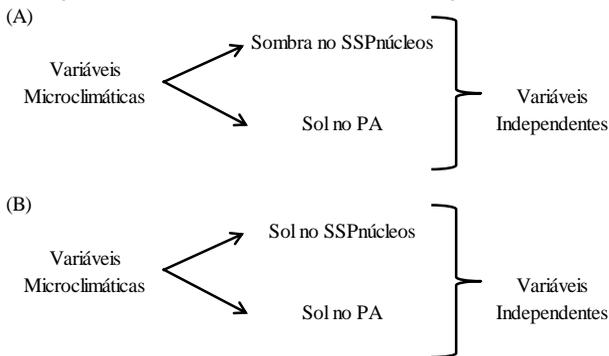
O delineamento experimental foi composto por três variáveis independentes (sombra no SSPnúcleos, sol no SSPnúcleos e sol no PA (testemunha) e cinco variáveis dependentes (temperatura do ar, umidade relativa do ar, iluminância e temperatura superficial do solo).

A análise dos dados iniciou com a avaliação dos pressupostos de normalidade por meio do teste de Shapiro–Wilk. Devido aos dados não atenderem a normalidade, os mesmos foram analisados por estatística não paramétrica.

Para que fosse possível afirmar que os sistemas (SSPnúcleos e PA) e as condições (sombra e sol) atuam sobre as variáveis microclimáticas, os dados foram submetidos a análises de influência por meio de Modelos Lineares Generalizados (GLM) ao nível de 95% de confiança. Foi realizada uma análise de influência das condições (sombra no SSPnúcleos, sol no SSPnúcleos e sol no PA) nas variáveis microclimáticas existentes dentro de cada sistema. A fim de demonstrar que os sistemas e as condições interferem no índice de temperatura e umidade (ITU), o mesmo também foi submetido à análise de influência por GLM.

As estações do ano foram analisadas separadamente e para cada variável microclimática a análise de influência (GLM) obteve um modelo, comparando a condição dos sistemas: sombra no SSPnúcleos com sol no PA (Figura 3a) e sol no SSPnúcleos com sol no PA (Figura 3b).

Figura 3 – Aplicação do modelo GLM para as diferentes condições e variáveis microclimáticas em cada estação do ano (A – modelo comparando a condição de sombra no SSPnúcleos com a condição sol no PA; B - modelo comparando a condição de sol no SSPnúcleos com a condição sol no PA).



Fonte: O autor, (2017).

Para os modelos de GLM foi utilizada distribuição Gamma com função de ligação logarítmica para as variáveis de temperatura do ar, umidade relativa do ar, iluminância, temperatura superficial do solo e

índice de temperatura e umidade. Para a variável de velocidade do vento foi utilizada distribuição Poisson com função de ligação logarítmica.

Os dados foram submetidos à análise confirmatória por meio do teste de Wilcoxon-Mann-Whitney de amostras independentes ao nível de confiança de 95%, para constatar a diferença entre as condições existentes dentro de cada sistema (sombra e sol).

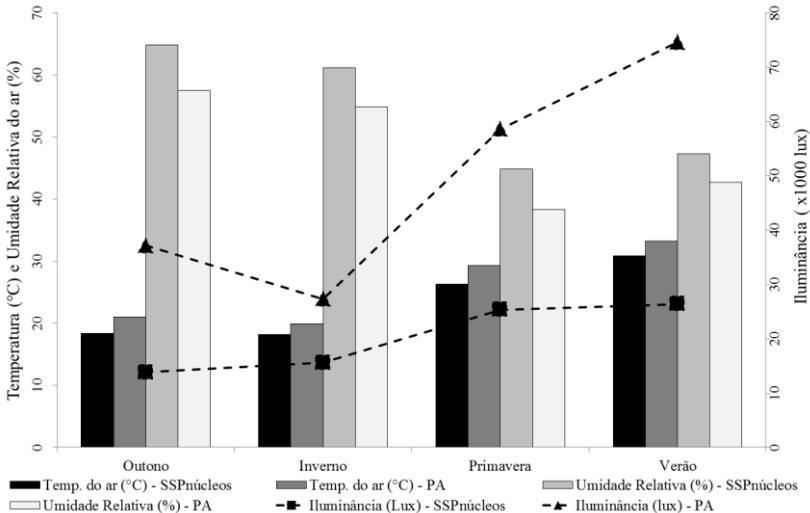
Todas as análises (influência, descritivas e confirmatórias) foram realizadas por meio da extensão do Software estatístico R, Action Stat (Software Action, 2014).

3.4 RESULTADOS

3.4.1 Ambiente

As variáveis temporais respondem de forma diferente conforme a estação do ano, onde no decorrer das estações o sistema PA obteve os maiores valores de temperatura do ar e iluminância em comparação com o sistema SSPnúcleos (Figura 4).

Figura 4 – variação dos elementos microclimáticos: temperatura do ar (T, °C), umidade relativa do ar (UR, %) e iluminância (lux) dos sistemas SSPnúcleos e PA nas diferentes estações do ano.



As maiores médias de temperatura do ar nas estações outono (19,47 °C – SSPnúcleos e 27,66 °C – PA) e inverno (19,54 °C – SSPnúcleos e 21,24 °C – PA) foram registradas entre as 12:00 e 14:00 horas. Já na primavera (28,09 °C – SSPnúcleos e 33 °C – PA) e verão (31,21 °C – SSPnúcleos e 34,22 °C – PA) as maiores médias de temperatura foram registradas entre as 16:00 e 18:00 horas.

Foi verificada influência ($p < 0,05$) dos sistemas e das condições nas variáveis microclimáticas, fazendo com que apresentassem diferença ($p < 0,05$) entre as variáveis dentro dos sistemas estudados, sendo que a condição sombra no SSPnúcleos apresentou os menores valores médios de temperatura do ar, iluminância, velocidade do vento e temperatura superficial do solo em comparação com as demais (Tabela 1).

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

Outono								
Sistema	SSPnúcleos						PA	
Condição	Sombra			Sol			Sol	
Variáveis	Média	CV (%)	p-valor	Média	CV (%)	p-valor	Média	CV (%)
T (°C)	17,9 ^a	20,6	<0,001	18,7 ^b	21,4	<0,001	21,1 ^c	21,5
UR (%)	66,7 ^c	20,5	<0,001	61,5 ^b	19,4	<0,001	57,6 ^a	23,7
Ilum. (lux)	4873,3 ^a	93,0	<0,001	32338,3 ^b	47,8	<0,001	37204,8 ^c	47,6
VV (m/s)	0,5 ^a	126,1	<0,001	0,5 ^a	125,2	<0,001	0,7 ^b	108,3
TSS (°C)	13,9 ^a	26,7	<0,001	20,5 ^b	60,7	0,182	20,5 ^b	33,4
Inverno								
Sistema	SSPnúcleos						PA	
Condição	Sombra			Sol			Sol	
Variáveis	Média	CV (%)	p-valor	Média	CV (%)	p-valor	Média	CV (%)
T (°C)	17,0 ^a	27,5	<0,001	19,9 ^b	29,2	0,775	20,0 ^b	27,7
UR (%)	64,6 ^c	24,9	<0,001	55,6 ^b	33,8	0,537	54,9 ^a	30,5
Ilum. (lux)	3162,1 ^a	114,2	<0,001	27335,7 ^b	39,7	<0,001	33360,5 ^c	58,4
VV (m/s)	0,5 ^a	112,8	<0,001	0,5 ^a	108,3	<0,001	0,8 ^b	88,5
TSS (°C)	13,7 ^a	51,8	<0,001	17,3 ^b	35,9	0,958	18,5 ^b	37,7
Primavera								
Sistema	SSPnúcleos						PA	
Condição	Sombra			Sol			Sol	
Variáveis	Média	CV (%)	p-valor	Média	CV (%)	p-valor	Média	CV (%)
T (°C)	26,0 ^a	9,4	<0,001	26,6 ^b	9,0	<0,001	29,3 ^c	9,4
UR (%)	45,4 ^b	24	<0,001	44,3 ^b	60	<0,001	38,4 ^a	44,7
Ilum. (lux)	6149,3 ^a	63,9	<0,001	50343,3 ^b	63,3	<0,001	58631,8 ^c	46,6
VV (m/s)	0,5 ^b	112,1	<0,001	0,4 ^a	153,2	<0,001	1,0 ^c	109,5
TSS (°C)	21,0 ^a	15,5	<0,001	23,9 ^b	14,9	<0,001	25,3 ^c	22,6
Verão								
Sistema	SSPnúcleos						PA	
Condição	Sombra			Sol			Sol	
Variáveis	Média	CV (%)	p-valor	Média	CV (%)	p-valor	Média	CV (%)
T (°C)	30,5 ^a	10,4	<0,001	31,4 ^b	38,5	<0,001	33,26 ^c	29,6
UR (%)	46,7 ^b	20,5	<0,001	48,2 ^c	48,0	<0,001	42,77 ^a	40,0
Ilum. (lux)	6560,7 ^a	116,1	<0,001	51076,0 ^b	59,8	<0,001	74611,8 ^c	39,8
VV (m/s)	0,4 ^a	92,0	<0,001	0,4 ^a	104,8	<0,001	0,99 ^b	160,3
TSS (°C)	25,5 ^a	13,6	<0,001	28,7 ^b	12,2	<0,001	28,29 ^c	12,7

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

Variáveis microclimáticas com $p < 0,05$ sofrem influência significativa do SSPnúcleos em comparação ao PA pelo Modelo Linear Generalizado.

A maior amplitude térmica foi registrada nas estações outono e inverno, onde a diferença entre as temperaturas médias na condição sombra no SSPnúcleos foi de 16,9°C (outono) e 18,3°C (inverno). Já na condição sol no SSPnúcleos as diferenças registradas foram de 17,8°C

(outono) e 24,4°C (inverno). Para a condição sol no PA a amplitude registrada foi de 18,2°C (outono) e 15,4°C (inverno).

O SSPnúcleos forneceu para a condição sombra proteção contra radiação solar de 86,9% no outono, 90,5% no inverno, 89,5% na primavera e 91,2% no verão. Enquanto que para a condição sol no SSPnúcleos a proteção exercida foi de 13,1% no outono, 18,1% no inverno, 14,1% na primavera e 31,5% no verão.

Quando comparado com o sol no PA, a influência ($p < 0,05$) do SSPnúcleos na condição sombra proporcionou redução térmica de 15,1% no outono, 14,6% no inverno, 11,1% na primavera e 8,2% no verão. Ao mesmo tempo, para a condição sol no SSPnúcleos forneceu redução de 11,5% no outono, 0,5% no inverno, 9,2% na primavera e 5,5% no verão.

3.4.2 Índice de conforto térmico

Foram verificadas influências ($p < 0,05$) dos sistemas no ITU em todas as estações do ano. O índice de temperatura e umidade variou de acordo com as horas do dia em função da estação, onde as maiores médias foram encontradas no verão (ITU = 79 para SSPnúcleos e ITU = 82 para PA) e primavera (ITU = 73 para SSPnúcleos e ITU = 77 para PA) e conseqüentemente as menores no inverno (ITU = 63 para SSPnúcleos e ITU = 65 para PA) e outono (ITU = 64 para SSPnúcleos e ITU = 67 para PA). Todavia, o SSPnúcleos proporcionou redução de 4,5% no ITU para a estação outono, 3,1% no inverno, 5,2% na primavera e 3,6% no verão.

Houve diferença ($p < 0,05$) entre os índices de temperatura e umidade (ITU) apresentados pelas condições avaliadas, visto que a presença dos elementos arbóreos influenciou o ITU nas condições existentes dentro do SSPnúcleos (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios do índice de temperatura e umidade (ITU) para as condições existentes nos sistemas (SSPnúcleos e PA) em função dos horários avaliados nas estações do ano.

Horário	Estação				Horário	Estação			
	Outono					Inverno			
	Sistema	SSPnúcleos		PA		Sistema	SSPnúcleos		PA
	Condição	Sombra	Sol	Sol		Condição	Sombra	Sol	Sol
08:00 às 10:00	59 ^a	60 ^a	66 ^b	08:00 às 10:00	57 ^a	57 ^a	64 ^b		
12:00 às 14:00	67 ^a	68 ^a	69 ^a	12:00 às 14:00	57 ^a	66 ^b	69 ^b		
16:00 às 18:00	62 ^a	64 ^{ab}	68 ^b	16:00 às 18:00	61 ^a	64 ^a	66 ^a		
Horário	Estação				Horário	Estação			
	Primavera					Verão			
	Sistema	SSPnúcleos		PA		Sistema	SSPnúcleos		PA
	Condição	Sombra	Sol	Sol		Condição	Sombra	Sol	Sol
08:00 às 10:00	70 ^a	71 ^b	74 ^c	08:00 às 10:00	74 ^a	77 ^a	79 ^b		
12:00 às 14:00	75 ^a	76 ^b	77 ^b	12:00 às 14:00	81 ^a	82 ^a	82 ^a		
16:00 às 18:00	73 ^a	74 ^a	79 ^b	16:00 às 18:00	81 ^a	82 ^{ab}	85 ^b		

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

Com exceção do período da tarde no verão, a condição de sombra no SSPnúcleos apresentou valores ideais de conforto térmico (ITU entre 57 e 74). Já a condição sol no SSPnúcleos apresentou valores satisfatórios com exceção da medição entre 12:00 e 14:00 horas na primavera (ITU = 76) e no verão (ITU entre 77 e 82). Na primavera, a condição sol no PA apresentou valores satisfatórios somente nas primeiras horas do dia (ITU = 74) enquanto que nas estações outono (ITU entre de 66 e 68) e inverno (ITU entre 64 e 66) todos os horários apresentaram condições ideais.

O sistema silvipastoril com núcleos favoreceu para que a condição sombra no SSPnúcleos apresentasse os menores valores das variáveis microclimáticas e índice de conforto térmico.

3.5 DISCUSSÃO

3.5.1 Ambiente

Dentre as estações avaliadas, a primavera e o verão foram as que apresentaram as maiores médias de iluminância e temperatura do ar. A temperatura na superfície terrestre é determinada pelo balanço de ondas curtas (carga térmica radiante que recebe do sol) e ondas longas (radiação terrestre), ou seja, à medida que a radiação solar se eleva, a

temperatura do ar aumenta de forma linear a ela (GUREVITCH; SCHEINER; FOX, 2009).

A eficiência do SSPnúcleos em mitigar os elementos temporais fez com que a condição sombra no SSPnúcleos fosse significativamente menor que as demais, apresentando os menores valores de temperatura do ar. O fornecimento de sombra faz com que a temperatura do ar sob a copa das árvores seja cerca de 3 a 4°C menor que áreas a pleno sol (ALVES; NICODEMO; PORFÍRIO-DA-SILVA, 2015; KARVATTE et al., 2016).

A condição sol no PA foi detentora das maiores médias de temperatura do ar e menores porcentagens de umidade relativa em todas as estações do ano. Isto ocorreu devido ao fato de serem variáveis inversamente proporcionais, ou seja, à medida que a temperatura do ar eleva, a umidade relativa diminui. Uma massa gasosa presente em condição constante de pressão é diretamente proporcional a sua temperatura (LUZ, 2005), ou seja, à medida que a temperatura ambiental se eleva, o volume de gás (também presente no ambiente) se expande e ocupa o lugar do vapor da água, fazendo com que a umidade relativa do ar diminua.

Foi encontrada diferença ($p < 0,05$) para a variável iluminância entre as condições em todas as estações do ano, sendo as menores médias registradas na condição sombra no SSPnúcleos, seguida de sol no SSPnúcleos e PA. A altura máxima do sol sofre alteração ao longo do ano, fazendo com que ocorra variação espacial na disponibilidade de radiação solar recebida pelo planeta terra (MONTEITH; UNSWORTH, 2013).

As áreas com as menores médias de iluminância (sombra e sol no SSPnúcleos) também foram as que apresentaram os maiores valores de UR e menores médias de TSS. Mesmo estando em áreas ensolaradas, à condição sol no SSPnúcleos foi inferior ($p < 0,05$) a da condição sol no PA para iluminância. Quando inserido no ecossistema pastoril, elementos arbóreos acarretam inúmeros benefícios ao microclima do local, ambientes cobertos apresentam redução na radiação solar, menor velocidade do vento e locais próximos às árvores dispõem de maior umidade (BLACKSHAW; BLACKSHAW, 1994; EMBRAPA, 2012; PEZZOPANE et al., 2015).

A presença das árvores no SSPnúcleos exerceu a função de quebra vento, fazendo com que as menores médias de velocidade do vento fossem registradas nas condições sombra e sol no SSPnúcleos. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta auxiliam na diminuição da velocidade do vento, no entanto a densidade, altura e distribuição dos

elementos arbóreos devem ser levadas em consideração, visto que ambientes com árvores muito densas podem apresentar desconforto aos animais, pois podem elevar as temperaturas nas camadas inferiores (OLIVEIRA et al., 2017).

3.5.2 Índice de conforto térmico

Este estudo não se concentrou em aferições diretas nos animais, porém atentou-se em responder algumas demandas de conforto térmico através dos resultados apresentados pelo ITU. O ITU é utilizado por englobar informações meteorológicas como temperatura (°C) e umidade do ar (%) que são facilmente adquiridas (SOUZA et al., 2010a).

O SSPnúcleos (sombra e sol) forneceu temperaturas ideais para a criação de bovinos nas estações outono, inverno e primavera, ficando a cima das faixas indicadas na estação verão. Porém a umidade relativa do ar só esteve em condições ideais nas estações outono e inverno. Baeta e Souza (2010) definem como condições ideais para a criação de bovinos, locais com temperaturas entre 10 e 27°C e umidade relativa entre 60 e 70%, enquanto que para Perissinotto et al. (2007) ambiente com umidade na faixa dos 50% associadas à temperaturas inferiores a 24°C promovem conforto térmico a animais de aptidão leiteira.

As estações outono e inverno apresentaram ambientes seguros para a produção animal em ambos os sistemas (ITU entre 60 a 72), enquanto que na primavera somente o SSPnúcleos obteve valores satisfatórios (ITU máximo de 75). O verão foi à estação mais crítica em termos de conforto térmico, onde nas primeiras horas do dia o SSPnúcleos apresentou valores que exigem cuidado para a produção animal (ITU = 76), enquanto que no PA desde as primeiras horas os animais estariam em ambiente de estresse moderado (ITU = 79) chegando a permanecerem em ambiente de estresse severo nas ultimas horas o dia (ITU = 85). Índices de temperatura e umidade até 74 representam ambientes seguros aos animais, de 74 a 78 exigem determinado cuidado (estado de alerta), de 79 a 84 perigosos e acima de 85 são ambientes em condição de emergência (NATIONAL WEATHER SERVICE, 1976).

Ao comparar o SSPnúcleos com o PA, no sistema sob influência das árvores foram registradas as menores médias de ITU em todas as estações, pois a presença de árvores nas pastagens acarreta em redução de até 3,7% do ITU quando comparadas a áreas a pleno sol (KARVATTE et al., 2016).

Os baixos valores registrados nas condições (sombra e sol) existentes no SSPnúcleos, associadas às baixas densidades de árvores, favorecem as trocas térmicas por condução e convecção entre os animais e o meio ambiente, reduzindo o estresse calórico (BAETA; SOUZA, 2010). Assim, Integrar o sistema silvipastoril com núcleos nos sistemas a base de pasto é uma alternativa ecológica de melhorar a qualidade térmica do ambiente e assim estimular a buscar por meios cada vez mais sustentáveis de proporcionar bem-estar aos animais.

3.6 CONCLUSÃO

A presença de sombra no sistema silvipastoril com núcleos alterou os elementos temporais independente da estação do ano, fornecendo melhores condições microclimáticas ao local e melhor índice de conforto térmico aos animais.

3.7 REFERÊNCIA

ALVARES, C. A. et al. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711–728, 2013.

ALVES, F. V.; NICODEMO, M. L. F.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Bem-estar animal em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. In: CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (Ed.). **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 274-287.

BAÊTA, F. C., SOUZA, C. F., 2010. *Ambiência em edificações rurais - conforto animal*, second ed. UFV, Viçosa.

BEAUDET, M. Managing under story light conditions in boreal mixed woods through variation in the intensity and spatial pattern of light: A modelling approach. **Forest Ecology and Management**. v. 261, p. 84-94, 2011.

BLACKSHAW, J. K.; BLACKSHAW, A. W. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: A review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 34, n. 2, p. 285–295, 1994.

BROOM, D. M.; GALINDO, F. A.; MURGUEITIO, E. Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 280, n. 1771, p. 1-9, 2013.

GILL, M.; SMITH, P.; WILKINSON, J. M. Mitigating climate change: The role of domestic livestock. **Animal**, v. 4, n. 3, p. 323–333, 2010.

GUREVITCH, J.; SCHEINER, S. M.; FOX, G. A. **Ecologia Vegetal**. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, p. 592, 2009.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

KARVATTE JUNIOR, N. et al. Microclima e índices de conforto térmico em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, (Documentos / **Embrapa Gado de Corte**, Campo Grande, ISSN1983-974X ; 225), p. 38, 2016.

KARVATTE JUNIOR, N. et al. Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, n. 12, p. 1933–1941, 2016.

KASTNER, T. et al. Global changes in diets and the consequences for land requirements for food. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 18, p. 6868–6872, 2012.

LUZ, A. M. R. D. Comportamento dos gases. In: _____ Curso de Física. Vol. 2, São Paulo: Scipione, cap. 11. 2005.

MONTEITH, J. L.; UNSWORTH, M. H. **Principles of Environmental Physics: Plants, Animals, and the Atmosphere**. 4ª ed. Academic Press. p. 422, 2013.

NASCIMENTO, S. T. et al. Influência da temperatura ambiente no verão na produção de leite de vacas holandesas. **Pub**, v. 11, n. 3, p. 217–223, 2017.

NELSON, G. C. et al. Climate change effects on agriculture: Economic responses to biophysical shocks. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 9, p. 3274–3279, 2014.

NWS-National Weather Service. Central Region. **Livestock Hot Weather Stress**. Regional Operations Manual Letter, C-31-76, Washington, D.C: National Academy Press, 1976.

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

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J. D. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 1, n. 2, p.117-126, 2007.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Microclimate and soil moisture in a silvopastoral system in southeastern Brazil. **Bragantia**, v. 74, n. 1, p. 110–119, 2015.

REIS, A. et al. Restauração de áreas degradadas : a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza e Conservação**, v. 1, n. 1, p. 28–36, 2003.

SCHMITT, A. L. et al. Integrating agroecology with payments for ecosystems services in Santa Catarina’s Atlantic Forest. In: R MURADIAN AND L RIVAL (Ed.). . **Governing the Provision of Ecosystems Services, Studies in Ecological Economics**. Burlington, p. 481, 2013.

SCHMITT FILHO, A. L. et al. Nucleation theory inspiring the design of High Biodiversity Silvopastoral System in the Atlantic Forest Biome: ecological restoration, family farm livelihood and agroecology. **VII World Conference on Ecological Restoration - SER 2017**, Foz do Iguaçu, 2017.

Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável / Davi José Bungenstab, editor técnico. – 2. ed. – Brasília, DF : **Embrapa**, 2012. xvii, 239 p. ISBN 978-85-7035-110-4

SOUZA, A. de et al. Um Estudo De Conforto E Desconforto Térmico Para O Mato Grosso Do Sul. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 12, n. 2, p. 15–25, 2010. a.

SOUZA, B. B. de; SILVA, G. de A.; SILVA, E. M. N. da. Índice de conforto térmico para vacas leiteiras em diferentes microrregiões do estado da Paraíba , Brasil. **J Anim Behav Biometeorol**, v. 4, n. 1, p. 12–16, 2016.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, Boston, v.12, n.1, p.57-60, 1959.

THORNTON, P. K. et al. The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. **Agricultural Systems**, v. 101, n. 3, p. 113–127, 2009.

WILHELM, L. R. Numerical calculation of psychrometric properties in SI units. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.19, n.2, p. 318-325, 1976.

4 ARTIGO 2 – NÚCLEOS ARBÓREOS ALTERAM O COMPORTAMENTO DE VACAS LEITEIRAS EM CLIMA SUBTROPICAL

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a interferência bioclimática do Sistema Silvipastoril com Núcleos nos comportamentos diurnos de 39 vacas leiteiras durante o verão. O experimento foi realizado durante quatro dias consecutivos em uma propriedade leiteira no município de Santa Rosa de Lima, localizada ao sul do estado de Santa Catarina. As variáveis desta pesquisa foram divididas em dois fatores de influência: ambiente e animal. No fator ambiente foram aferidas variáveis microclimáticas: temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), iluminância (lux), velocidade do vento (m/s) e temperatura superficial do solo (°C), das 9h às 17h com intervalo de 2h entre as mesmas. No fator animal os comportamentos foram avaliados durante 8h por dia. Para aferição foram adotadas duas metodologias: instantâneos (com intervalo de 10 minutos) e observação contínua. Os fatores: ambiente e animal foram avaliados em duas regiões distintas do piquete: área do entorno dos núcleos (ET) e área do piquete ensolarada distante dos núcleos (SO), no entanto devido à movimentação solar, a área ET foi dividida em duas subáreas, sendo elas: área do entorno dos núcleos sombreadas (ETsb) e área do entorno dos núcleos não sombreadas (ETso). As variáveis térmicas do ambiente foram analisadas pelo teste de Tukey. Para análise dos comportamentos utilizou-se modelo misto com distribuição de Poisson. Houve diferença ($p < 0,05$) entre as variáveis: temperatura do ar, iluminância e temperatura superficial do solo dentro das áreas existentes nos piquetes. As áreas ET registraram as maiores frequências dos comportamentos (83,3%), conseqüentemente nessas áreas, foram depositadas quantidade de fezes e urina significativamente superior. Com isso, concluiu-se que as condições de ambiência viabilizadas pelo SSPnúcleos fez com que os animais permanecessem a maior parte do tempo nas áreas do entorno dos núcleos.

Palavras chave: Ambiência. Etologia. Microclima. Núcleos arbóreos.

4.1 INTRODUÇÃO

Propriedades leiteiras de regiões tropicais e subtropicais têm importado animais oriundos de genética europeia com o objetivo de elevar sua produção. Essa prática constitui um problema por esses animais não serem adaptados às condições climáticas dessas regiões, não expressando todo o seu potencial genético (KARVATTE JUNIOR et al., 2016).

A variabilidade climática da atualidade eleva o grau de estresse dos animais em produção, cujos reflexos são evidenciados principalmente no comportamento e bem-estar (BALISCEI et al., 2012; SCHÜTZ et al., 2010). As alterações comportamentais mais comuns em animais sob estresse térmico são a diminuição do tempo de pastejo e ruminção, aumento do tempo em ócio e busca por locais com presença de sombra (FERREIRA et al., 2011; MALAFAIA et al., 2011; MELLO et al., 2017).

Com o aumento da produção intensiva a base de pasto, principalmente nas regiões dos trópicos (BARCELLOS et al., 2008), o estresse térmico ganhou destaque como um grande limitante da produção animal. Neste contexto, o estudo e compreensão do comportamento animal contribuem para futuras tomadas de decisões a fim de melhorar o bem-estar e elevar a produtividade (COSTA et al., 2003; PIRES; CAMPOS, 2008; WHEELOCK et al., 2010).

Na tentativa de minimizar os efeitos do estresse térmico e proporcionar melhoria no bem-estar, estratégias como o uso de sombreamento natural apresentam efeito comprovado na redução da carga térmica de animais criados a pasto (BROOM et al., 2013; SALTON et al., 2014; SOUZA et al., 2010). Neste quesito, o Sistema Silvipastoril com Núcleos (SSPnúcleos) tem se mostrado uma alternativa viável para fornecimento de sombra a animais criados a pasto. Além de proporcionar sombra a partir do segundo/terceiro ano de implantação, o SSPnúcleos se caracteriza pelos inúmeros serviços ecossistêmicos que gera as propriedades. Além disso, fornece renda extra aos produtores através da extração de produtos florestais não madeireiros e viabiliza a restauração ecológica (SCHMITT FILHO et al., 2017).

Devido à preocupação dos efeitos microclimáticos no bem-estar dos animais criados a pasto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a interferência bioclimática do sistema silvipastoril com núcleos nos comportamentos diurnos de bovinos leiteiros durante o verão.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Descrição geral

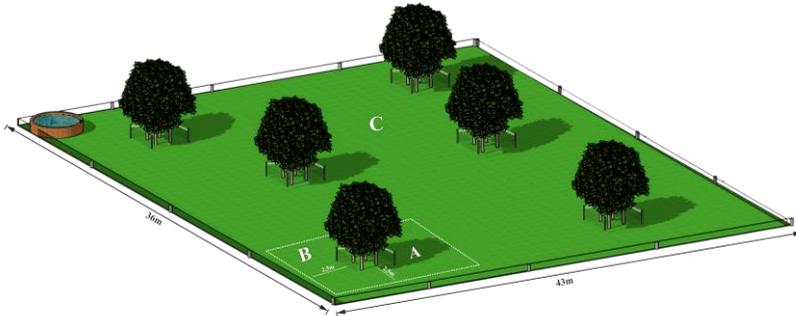
O experimento foi realizado em uma propriedade leiteira no município de Santa Rosa de Lima, georreferenciada em 28°02'21"S, 49°07'40" WO com altitude de 240m, na região sul do estado de Santa Catarina. O clima da região pela classificação de Koppen é caracterizado como subtropical úmido mesotérmico (Cfa) e apresenta verões quentes com temperatura média anual entre 18 e 20°C (ALVARES et al., 2013).

As coletas foram realizadas durante quatro dias consecutivos no mês de fevereiro de 2017, em uma área de quatro piquetes com 1550m² cada. Ao total, os piquetes possuem 33 núcleos de árvores nativas de alta diversidade, com aproximadamente 7 metros de altura (que juntos fornecem uma área sombra de 308,25m²), plantados no sentido norte/sul com espaçamento de 14 metros entre núcleos. Cada núcleo é delimitado com uma cerca para impedir o acesso dos animais, medindo 25m² (5m x 5m).

4.2.2 Aferições

As variáveis desta pesquisa foram divididas em dois fatores de influência: ambiente e animal. Ambos foram aferidos em duas áreas distintas dentro dos piquetes, sendo elas: área do entorno dos núcleos (ET) e área ensolarada do piquete distante (2,5m) dos núcleos (SO). Devido à movimentação da sombra, a área ET foi dividida em duas subáreas, sendo elas: área do entorno dos núcleos sombreada no momento das aferições (ETsb) e área do entorno dos núcleos, não sombreada no momento das aferições (ETso) (Figura 1).

Figura 1 – Representação esquemática das áreas existentes no SSPnúcleos (A – área do entorno dos núcleos com sombra (ETsb); B - área do entorno dos núcleos sem sombra (ETso); C - área dos piquetes com presença de sol (SO)).



Fonte: O autor, (2017).

A área ETsb (5% da área do piquete) foi determinada através do cálculo de ISA (índice de sombreamento arbóreo) (Equação 1), que se refere ao percentual de sombra resultante da soma das áreas de projeção das copas dentro da área total do piquete.

$$ISA_{(ETsb)} = \left[\frac{\text{área sombreada (m}^2\text{)}}{\text{área total do piquete (m}^2\text{)}} \right] \times 100 \quad (1)$$

A ETso (20% da área do piquete) é referente à porcentagem da área total do entorno do núcleo desconsiderando a área sombreada em relação à área total do piquete (Equação 2).

$$ET = \frac{(a^2 - b^2) \times N - ETsb}{\text{área total do piquete (m}^2\text{)}} \quad (2)$$

Onde:

a^2 corresponde a área do entorno dos núcleos, onde adiciona-se 2,5m a cada lado a partir da cerca de isolamento do núcleo;

b^2 corresponde a área do interior núcleo, no qual cada lado possui 5m;

N corresponde ao número de núcleos existente dentro de cada piquete.

A SO (67% da área do piquete) é a porcentagem da área do piquete, afastada dos núcleos arbóreos, que em nenhum momento do dia recebeu sombra. Esta área foi determinada através do cálculo (Equação 3).

$$SO = (\text{área total do piquete (m}^2) - ETsb - ETso - 25 \times N) \quad (3)$$

Os 8% restantes, são referentes ao interior dos núcleos onde os animais não possuem acesso.

4.2.2.1 Ambiente

Foram delimitados três pontos de coleta dentro de cada piquete para aferição dos elementos microclimáticos. Os pontos foram distribuídos da seguinte forma: o ponto um (P1) foi alocado dentro da área ETsb, o ponto dois (P2) foi determinado a 180° do P1, porém dentro da área ETso e o ponto três (P3) foi demarcado na área SO. Sendo que ao longo do dia, os pontos (1 e 2) alteravam de posição devido a movimentação solar.

As variáveis ambientais aferidas nesta pesquisa foram: temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), iluminância (lux), velocidade do vento (m/s) e temperatura superficial do solo (°C). As aferições ocorreram de forma instantânea nos seguintes horários: 09h, 11h, 13h, 15h e 17h, a uma altura de 1,3 metros do solo, pois corresponde a massa central de um bovino adulto (EMBRAPA, 2016).

As medidas de temperatura e umidade do ar foram determinadas (com a devida proteção da radiação solar) por meio da utilização de um termohigrômetro (Modelo AK 625); a medição da iluminância foi realizada com a utilização de um luxímetro digital (Modelo AK 309); para a medida de velocidade do vento foi utilizado um termoanemômetro (Modelo AK 821) e para a aferição da temperatura do solo foi utilizado um termômetro infravermelho (Modelo AK 32).

4.2.2.2 Animal

Para a aferição dos comportamentos foram utilizadas 39 vacas leiteiras em período produtivo, da raça Jersey, com peso médio de 450 kg. Os animais possuem área sombreada de aproximadamente 2,53m²/animal e são manejados a base de pasto sob o sistema de Pastoreio Racional Voisin (PRV), onde diariamente são trocadas para novo piquete (PINHEIRO MACHADO, 2010, Alvez et al., 2013). As observações ocorreram durante o dia no intervalo entre as ordenhas da manhã e da tarde (com início às 9h e término às 17h) com duração de 8h, com início após o último animal adentrar no piquete.

Este trabalho está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da “Comissão de Ética no Uso de Animais” da

Universidade Federal de Santa Catarina, sob protocolo número 8645200817.

Os comportamentos foram avaliados por duas metodologias: instantâneos (ALTMANN, 1974) com intervalo de tempo entre as mesmas de 10 minutos e de forma contínua, ou seja, anotado sempre que determinado comportamento ocorria (Quadro 1).

Quadro 1 - Definições dos comportamentos instantâneos e contínuos avaliados durante o período experimental.

Comp. Instantâneos	Definição
Pastando	Animal com a boca próxima ao solo ou apreendendo forragem, podendo se movimentar vagarosamente para frente, mas com a boca abaixo do nível superior da pastagem.
Ócio em pé	Animal em pé não desempenhando nenhuma atividade.
Ócio deitado	Animal deitado não desempenhando nenhuma atividade.
Ruminando em pé	Animal em pé regurgitando, remastigando ou redeglutindo o bolo alimentar.
Ruminando deitado	Animal deitado regurgitando, remastigando ou redeglutindo o bolo alimentar.
Comp. Contínuos	Definição
Urinando	Animal em pé eliminando excremento líquido natural.
Defecando	Animal em pé eliminando excremento sólido natural.
Ingerindo água	Animal em pé com lábios submersos na água com movimentos de garganta característicos de ingestão de água.

No momento das aferições (instantâneas e contínuas) anotou-se em qual das áreas os animais estavam desempenhando seu comportamento. Para isso, foi considerado que o animal estava na área do entorno dos núcleos (ET) quando o mesmo se localizava até 2,5 metros de distância da cerca de proteção dos núcleos. Registrou-se dentro da área ETsb, quando o animal possuía mais de 50% do seu corpo sob a sombra dos núcleos arbóreos. Na área ETso considerou-se quando o animal estava com mais de 50% do seu corpo sob influência do sol, enquanto que na área SO o animal estava distante dos núcleos (mais de 2,5 metros) com 100% de seu corpo sob influência do sol.

4.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado sem estrutura de parcelas, onde:

As variáveis térmicas do ambiente (temperatura do ar, umidade relativa do ar, iluminância, velocidade do vento e temperatura superficial do solo) foram submetidas à análise de variância e teste de homogeneidade, quando significativas, a comparação das médias foi feita através do teste de Tukey ao nível de 5% de significância. O teste de ajuste do modelo foi realizado por meio de gráficos dos resíduos.

Para análise comportamental utilizou-se um modelo misto com distribuição de Poisson, usando como efeito aleatório: animais, dias e horas. O modelo foi ajustado através do método *maximum likelihood-Laplace approximation* no pacote estatístico lme4 (BATES et al., 2015). Os intervalos de confiança foram estimados mediante uso do *Type II Wald chisquare tests* e o ajuste do modelo foi conferido por *likelihood-test*. A normalidade dos efeitos aleatórios foi conferida por meios de gráficos de quartis com intervalo de confiança de 95%. Para a análise foi utilizada como variável resposta a frequência de cada comportamento avaliado e como variável explicativa a área onde os animais desempenharam tal comportamento.

Todos os resultados (descritivos e confirmatórios) foram analisados via Software estatístico R (R Core Team, 2017).

4.4 RESULTADOS

4.4.1 Ambiente

Houve diferença ($p < 0,05$) entre as variáveis de temperatura do ar, iluminância e temperatura superficial do solo dentro das três áreas existentes nos piquetes, sendo que as áreas sombreadas (ETsb) apresentaram os menores valores médios em comparação com as demais (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores médios e erro padrão da média (SE) das variáveis térmicas do ambiente: temperatura do ar (T, °C), umidade relativa do ar (UR, %), iluminância (lux), velocidade do vento (VV, m/s) e temperatura da superfície do solo (TSS, °C) nas áreas do SSPnúcleos.

Variáveis	Áreas do SSPnúcleos					
	Entorno dos núcleos				Distante dos núcleos	
	Sombra (ETsb)		Sol (ETso)		Sol (SO)	
	Média	SE	Média	SE	Média	SE
T (°C)	31,05 ^a	0,66	31,92 ^a	0,62	33,39 ^c	0,72
UR (%)	57,23 ^a	2,18	55,20 ^a	2,47	52,85 ^a	2,34
Ilumin. (lux)	5665 ^a	420,79	61065 ^b	9156,57	75380 ^c	7869,53
VV (m/s)	1,39 ^a	0,338	1,27 ^a	0,297	1,57 ^a	0,458
TSS (°C)	27,35 ^a	0,652	32,38 ^b	1,054	35,87 ^c	1,58

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

4.4.1.1 Temperatura do ar

Para esta variável as maiores médias foram registradas entre as 13 e 15 horas, onde a diferença entre as áreas ETsb para com as áreas SO e ETso foi de até 2,3 °C e 1,8°C respectivamente. A presença das árvores reduziu em 7% a carga térmica nas áreas ETsb e 4,4% nas ETso.

4.4.1.2 Iluminância

O SSPnúcleos forneceu uma proteção contra a radiação solar de 91,3%, acarretando diminuição significativa da incidência luminosa nas áreas ETsb.

4.4.1.3 Temperatura superficial do solo

Para essa pesquisa verificou-se uma relação entre a TSS e a iluminância, pois as maiores médias de TSS foram registradas nas áreas em que a incidência luminosa foi maior (ETso e SO). No entanto, mesmo com a presença de sol em algumas horas do dia a TSS nas áreas ETso é significativamente menor que as áreas SO.

4.4.2 Comportamentos registrados em instantâneos

Com os resultados de comportamento, pode-se observar que houve diferença ($p < 0,01$) na frequência de comportamento dentro das três áreas existentes nos piquetes (Tabela 2).

Tabela 2 – Frequência (%) dos comportamentos instantâneos: pastoreio, ócio em pé, ócio deitado, ruminção em pé e ruminção deitado nas áreas do SSPnúcleos.

Comportamento	Áreas do SSPnúcleos						
	Entorno dos núcleos				Distante dos núcleos		
	Sombra (ETsb)		Sol (ETso)		Sol (SO)		Total
	Freq.	Razão	Freq.	Razão	Freq.	Razão	
Pastoreio	12,6 ^a	0,63	4,8 ^c	0,38	11,1 ^b	0,88	28,5
Ócio em pé	26,9 ^a	1,47	4,2 ^b	0,16	2,5 ^c	0,09	33,6
Ócio deitado	8,7 ^a	0,34	1,2 ^b	0,15	1,2 ^b	0,14	11,1
Rumin. em pé	16,4 ^a	0,75	2,1 ^b	0,13	0,9 ^c	0,06	19,4
Rumin. deitado	5,3 ^a	0,18	1,0 ^b	0,2	1,0 ^b	0,19	7,4
Total	69,9		13,4		16,7		100

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de regressão de Poisson ($p < 0,01$).

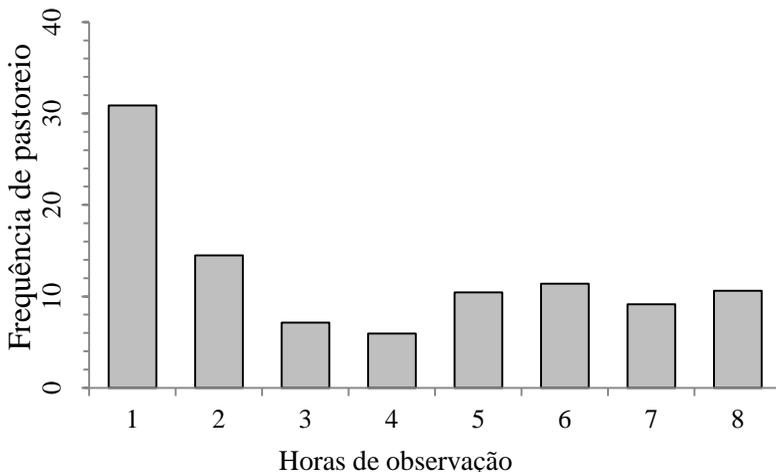
A razão quantifica a frequência com que a área de referência (ETsb) é maior do que as demais (ETso e SO).

As maiores frequências de comportamento (83,3%) foram registradas nas áreas do entorno dos núcleos. Por conta das dimensões de cada área e a presença dos elementos arbóreos, em todo o período experimental nas áreas ETsb foram registrados 68 eventos por m², nas áreas ETso três eventos por m² enquanto que as áreas SO receberam um evento por m².

4.4.2.1 Pastoreio

Verificou-se maior frequência do comportamento de pastoreio nas primeiras horas do dia (Figura 2) e sua ocorrência foi concentrada em áreas ETsb, seguidas de SO e ETso. Com esse comportamento, os animais gastaram em média 150 minutos, distribuídos ao longo das 08 horas de avaliação.

Figura 2 – Frequência do comportamento de pastoreio durante as horas no período experimental (1 – faixa de horário das 09h às 10h; 2 - faixa de horário das 10h às 11h; 3 - faixa de horário das 11h às 12h, 4 - faixa de horário das 12h às 13h; 5 - faixa de horário das 13h às 14h; 6 - faixa de horário das 14h às 15h; 7 - faixa de horário das 15h às 16h; 8 - faixa de horário das 16h às 17h).



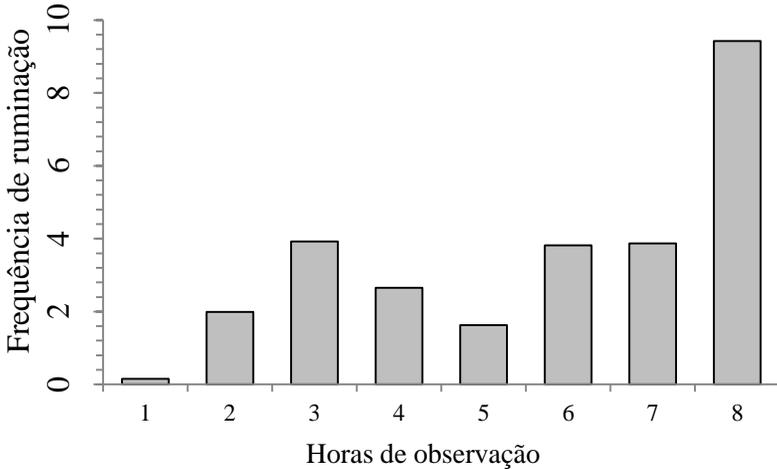
4.4.2.2 Ócio e ruminação em pé

Os comportamentos: ócio e ruminação em pé foram os que apresentaram maior frequência dentre os estudados, sendo que os animais permaneceram em ócio 80,15% do tempo e 84,62% ruminando nas áreas ETsb. Nas áreas ETso foram gastos 12,54% do tempo em ócio e 10,60% em ruminação, enquanto que nas SO o tempo em ócio correspondeu a 7,31% do tempo e a ruminação 4,78%.

4.4.2.3 Ócio e ruminação deitado

A maior frequência do comportamento de ruminação deitado ocorreu nas últimas horas do dia (Figura 3). Nas áreas ETsb os animais gastaram 78,04% do tempo em ócio e 71,99% do tempo ruminando, enquanto que nas áreas ETso foram gastos 11,17% com ócio e 14,10% em ruminação. As áreas SO são as que recebem as menores frequências para os comportamentos supracitados, nas mesmas os animais gastaram 10,80% do tempo em ócio e 13,91% do tempo ruminando.

Figura 3 – Frequência de ruminção deitado durante as horas no período experimental (1 – faixa de horário das 09h às 10h; 2 - faixa de horário das 10h às 11h; 3 - faixa de horário das 11h às 12h, 4 - faixa de horário das 12h às 13h; 5 - faixa de horário das 13h às 14h; 6 - faixa de horário das 14h às 15h; 7 - faixa de horário das 15h às 16h; 8 - faixa de horário das 16h às 17h).



4.4.3 Comportamentos registrados em eventos contínuos

Houve diferença ($p > 0,01$) para os comportamentos contínuos entre as áreas existentes dentro dos piquetes (Tabela 3).

Tabela 3 – Frequência (%) de eventos contínuos e distribuição espacial de urina e fezes nas áreas do SSPnúcleos.

Comportamento	Áreas do SSPnúcleos						Total
	Entorno dos núcleos				Distante dos núcleos		
	Sombra (ETsb)		Sol (ETso)		Sol (SO)		
	Freq.	Razão	Freq.	Razão	Freq.	Razão	
Urina	34,3 ^a	0,16	9,2	0,58 ^b	6,9	0,73 ^b	50,4
Fezes	30 ^a	0,12	9,9	0,98 ^b	9,7	0,92 ^b	49,6
Total	64,4		19		16,6		100

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de regressão de Poisson ($p < 0,01$).

A razão quantifica a frequência com que a área de referência (ETsb) é maior do que as demais (ETso e SO).

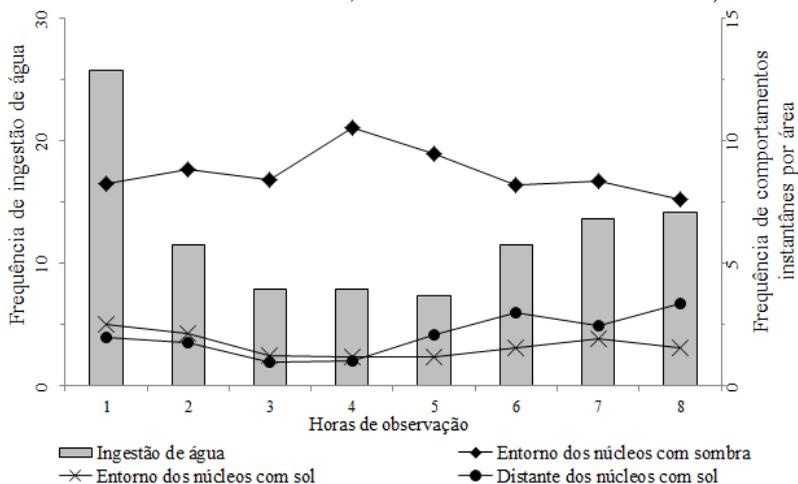
4.4.3.1 Distribuição de fezes e urina

A maior permanência dos bovinos nas áreas sombreadas (ETsb) fez com que a maior concentração de urina e fezes ocorresse nessas áreas, totalizando 64,36% dos dejetos depositados nas áreas ETsb, 19,04% nas áreas ETso e 16,60% nas áreas SO.

4.4.3.2 Ingestão de água

Para a variável ingestão de água não houve diferença das áreas, pois o bebedouro permaneceu no mesmo local em todo o período experimental (ao sol). Pode-se observar que os animais ingeriram mais água nos horários com temperaturas mais amenas, optando por permanecer na sombra durante os horários com temperatura do ar elevada (Figura 4).

Figura 4 – Frequência de ingestão de água comparada com a frequência de comportamentos instantâneos registrados nas áreas dos piquetes em todo o período experimental (1 – faixa de horário das 09h às 10h; 2 - faixa de horário das 10h às 11h; 3 - faixa de horário das 11h às 12h, 4 - faixa de horário das 12h às 13h; 5 - faixa de horário das 13h às 14h; 6 - faixa de horário das 14h às 15h; 7 - faixa de horário das 15h às 16h; 8 - faixa de horário das 16h às 17h).



4.5 DISCUSSÃO

As áreas ETsb e ETso foram as que apresentaram as menores médias de temperatura do ar, iluminância e temperatura superficial do solo. Este fato está relacionado com a eficiência do SSPnúcleos em mitigar os efeitos microclimáticos adversos, que são os principais responsáveis pelo desconforto dos animais. A presença dos elementos arbóreos altera o microclima do local onde estão inseridos, diminuindo os quadros de estresse térmico, pois a vegetação eleva a umidade relativa fornecendo assim temperaturas mais amenas aos estratos superiores (CEBALLOS et al., 2011). O fornecimento de sombra aos animais diminui a incidência luminosa em determinados locais, favorecendo a redução da incidência de estresse calórico, pois em áreas sombreadas a temperatura do ar pode ser até 2,3°C menor que locais a pleno sol, dependendo da hora do dia (SOUSA et al., 2010).

Mesmo não havendo diferença estatística entre as áreas, para as variáveis: umidade relativa no ar e velocidade do vento cabe salientar que essas variáveis estão dentro das faixas ideais (50 a 80% para umidade relativa e 1,39 a 2,2 m/s para velocidade do vento) de conforto térmico dos animais estabelecidas por e Baeta e Souza (2010).

As baixas velocidades do vento estão relacionadas com a função de quebra-vento que as árvores exercem dentro do sistema devido à distribuição e densidade dos elementos arbóreos. No entanto, deve-se dar atenção as densidades das árvores, pois áreas muito densas podem causar desconforto aos animais pelo fato de aumentar as temperaturas no estrato inferior e também prejudicarem o crescimento forrageiro (OLIVEIRA et al., 2017).

A eficiência do SSPnúcleos em barrar os raios solares, interferiu na temperatura superficial do solo nas áreas ETsb e ETso. O fornecimento adequado de sombra em ambientes pastoris altera o microclima do ecossistema e como consequência ajuda na redução da carga térmica dos animais, pois reduzem o aquecimento superficial do solo e favorecem as trocas térmicas (KAZAMA et al., 2008; EMBRAPA, 2012).

A presença das árvores influenciou de forma considerável nas áreas onde os bovinos executaram seus comportamentos diurnos. A disponibilidade de sombra causa alterações comportamentais nos animais (SCHÜTZ; COX; TUCKER, 2014), visto que bovinos leiteiros gastaram até 57% de seu tempo desempenhando comportamentos em áreas sombreadas (FERREIRA et al., 2014) e o tempo gasto na sombra

umenta à medida que a temperatura do ar eleva (ATRIAN; SHAHRYAR, 2012).

As árvores presentes no SSPnúcleos fornecem sombra eficiente, pois houve efeito da presença de sombra na distribuição dos animais dentro dos piquetes. Vacas preferem ambientes que possuem sombra com qualidade e que ofereçam maior proteção contra a radiação solar (SCHÜTZ et al., 2009; TUCKER et al., 2008).

As áreas ETsb e SO registraram as maiores frequências de pastoreio, fazendo com que esse comportamento diminuísse à medida que as temperaturas se elevaram, pois até mesmo para vacas Jersey, temperaturas na faixa dos 30°C causam desconforto. Bovinos leiteiros optam por desempenhar comportamento de pastoreio em áreas sombreadas, quando disponíveis nos piquetes (JARA et al., 2016), no entanto a importância do forrageamento pode superar a necessidade de sombra em períodos de pastejo (FOUST; HEADLEE, 2017).

Nas áreas ETsb ocorreram as maiores frequências de comportamentos deitado (ócio e ruminção), fato este que possivelmente ocorreu devido a essas áreas apresentarem as menores médias de TSS. Animais buscam por sombra nas horas mais quentes do dia e reduzem suas atividades permanecendo deitados em ócio ou ruminando, pois se permanecerem deitados em superfícies quentes diminuem suas trocas de calor latente e sensível (ANDERSON et al., 2013; BLACKSHAW; BLACKSHAW, 1994).

O estado dos animais foi influenciado pela sombra, pois o tempo gasto em pé nas áreas ETsb, foi superior aos demais. Animais criados em áreas com sombra parcial ou total passam mais tempo em pé (SOUZA et al., 2017), no entanto esta permanência também pode estar relacionada com a existência de claudicação no rebanho (ALLEN et al., 2015).

Mesmo os núcleos arbóreos estando equidistantes entre si (14m), os animais se distribuíram de forma heterogênea devido à presença e movimentação da sombra, localizando-se predominantemente nas áreas ET. Em grande maioria a distribuição dos dejetos está relacionada com as áreas mais habitadas pelos animais, sendo elas: áreas sombreadas (quando existentes) e de bebedouro (HIRATA et al., 2011, 2009).

Embora as áreas ETsb tenham recebido uma quantidade expressiva de nutrientes (via dejetos), cabe salientar que estas também receberam maior pressão de pastejo e taxa de pisoteio, pelo fato dos animais terem gasto nelas a maior porcentagem de tempo ao longo do dia. No entanto, cabe frisar que esse fato não comprometeu a densidade do solo (DS), pois a DS em áreas sombreadas não apresentou diferença

quando comparadas com áreas de sol na mesma propriedade estudada (BATISTI et al., 2018). A presença de elementos arbóreos faz com que os animais depositem seus dejetos em maior concentração nas áreas sombreadas e suas proximidades (DUBEUX Jr et al., 2006; NETO et al., 2011), fazendo com que a distribuição dos animais seja mais homogênea em sistemas silvipastoris (KARKI; GOODMAN, 2010). Porém, essa distribuição é influenciada pela disposição das árvores, onde sombras dispersas apresentam maior homogeneidade de deposição de dejetos quando comparadas com sombreamento em bosque (FERREIRA et al., 2011).

Quando disponíveis dois recursos (água e sombra) importantes para manutenção da homeostase, os animais optaram por permanecer na sombra ao invés de buscar água. Vacas permanecem mais tempo ao redor do bebedouro quando não há presença de sombra em quantidade e qualidade satisfatória (SCHÜTZ et al., 2010).

Sistemas que integram árvores em meio às pastagens são benéficos aos produtores e aos animais, pois diversificam as propriedades agropecuárias e dispõem de enriquecimento ambiental natural. Neste contexto, a introdução do SSPnúcleos vem se mostrando uma alternativa extremamente importante para melhoria do bem-estar dos animais criados a pasto.

4.6 CONCLUSÃO

A disposição dos elementos arbóreos no sistema silvipastoril com núcleos (SSPnúcleo) e a presença de sombra modificaram as características microclimáticas, fazendo com que os animais utilizassem preferencialmente as áreas de entorno dos núcleos com e sem sombra.

4.7 REFERÊNCIA

ALLEN, J. D. et al. Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 1, p. 118–127, 2015.

ALTMANN, J. Observational Study of Behavior : Sampling. **Behaviour**, v. 49, n. 3, p. 227–267, 1974.

ALVARES, C. A. et al. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711–728, 2013.

ALVES, F. V. Componente animal em sistema de produção em integração, in: Bungenstab, D.J. (d.), Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta a produção sustentável, second ed. **Embrapa**, Brasília, p. 143-154, 2012.

ANDERSON, S. D. et al. Effects of adjustable and stationary fans with misters on core body temperature and lying behavior of lactating dairy cows in a semiarid climate. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 7, p. 4738–4750, 2013.

ATRIAN, P.; SHAHRYAR, H. A. Heat Stress in Dairy Cows (A Review). **Research in Zoology**, v. 2, n. 4, p. 31–37, 2012.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. Ambiência em edificações rurais - conforto animal, second ed. **UFV**, Viçosa. 2010.

BALISCEI, M. A. et al. Behavior of beef cattle and the microclimate with and without shade. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 34, n. 4, p. 409–415, 2012.

BARCELLOS, A. O. de et al. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. SPECIALISSUE, p. 51–67, 2008.

BATES, D. et al. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. **J. Stat. Softw**, v. 67, 2015.

BATISTI, L.F.Z. et al. Os efeito do sistema silvipastoril com núcleos na restauração dos atributos químicos do solo de pastagem no sul do Brasil. **Acta Agronômica**, 2018

BLACKSHAW, J. K.; BLACKSHAW, A. W. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: A review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 34, n. 2, p. 285–295, 1994.

BROOM, D. M.; GALINDO, F. A; MURGUEITIO, E. Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 280, n. 1771, p. 1-9, 2013.

CARDOSO, M. S. da et al. Comportamento diurno de vacas Holandês puras por cruz a em ambiente quente. **Cad. Ciênc. Agrá.**, v. 8, n. 1, p. 49-56, 2016

CEBALLOS, M. C., et al. Efecto de la temperatura y la humedad ambiental sobre el comportamiento de consumo en sistemas silvopastoriles intensivos y posibles implicaciones en el confort térmico. **Revista colombiana de ciencias pecuárias**, v. 24, p. 365-368. 2011.

COSTA, C. O. et al. Comportamento Ingestivo de Vacas Jersey Confinadas durante a Fase Inicial da Lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 2, p. 418-424, 2003.

DUBEUX JR., J. C. B. et al. Litter decomposition and mineralization in bahiagrass pastures managed at different intensities. **Crop Science** v. 46, p.1305-1310, 2006.

FERREIRA, L. C. B. et al. O efeito de diferentes disponibilidades de sombreamento na dispersão das fezes dos bovinos nas pastagens. **Revista brasileira de agroecologia**, v. 6, n. 1, p. 137-146, 2014.

FOUST, A. M.; HEADLEE, W. L. Modeling shade tree use by beef cattle as a function of black globe temperature and time of day. **International Journal of Biometeorology**, v. 61, n. 12, p. 2217-2227, 2017.

HIRATA, M. et al. Deposition and decomposition of cattle dung in forest grazing in southern Kyushu, Japan. **Ecological Research**, v. 24, p. 119-125 2009.

HIRATA, M.; HIGASHIYAMA, M.; HASEGAWA, N. Diurnal pattern of excretion in grazing cattle. **Livestock Science**, v. 142, p. 23-32, 2011.

JARA, I. E.; KEIM, J. P.; ARIAS, R. A. Behaviour, tympanic temperature and performance of dairy cows during summer season in southern Chile. **Archivos de Medicina Veterinaria**, v. 48, n. 1, p. 113-118, 2016.

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

KARVATTE JUNIOR, N. et al. Microclima e índices de conforto térmico em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, (Documentos / **Embrapa Gado de Corte**, Campo Grande, ISSN1983-974X ; 225), p. 38, 2016.

KARVATTE JUNIOR, N. et al. Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, n. 12, p. 1933–1941, 2016.

KAZAMA, R. et al. Orientação e sombreamento do confinamento na temperatura da superfície do pelame de bovinos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 30, n. 2, p. 211–216, 2008.

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

MALAFAIA, P. et al. Distúrbios comportamentais em ruminantes não associados a doenças: Origem, significado e importância. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 31, n. 9, p. 781–790, 2011.

MELLO, A. C. T. et al. Improved grazing activity of dairy heifers in shaded tropical grasslands. Improved grazing activity of dairy heifers in shaded tropical. **Ciência Rural**, v. 47, n. 2, 2017.

NETO, S. et al. Padrões espaciais de deposição de fezes por bovinos de corte em áreas de pastagem. **Rev. Bras. Saúde Prod. An.**, v. 12, n. 2, p. 538–550, 2011.

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

PIRES, M. F. A.; CAMPOS, A. T. Conforto Animal para maior produção de leite. Viçosa-MG, CPT, p. 254, 2008.

R Core Team, 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

SALTON, J. C. et al. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 190, p. 70–79, 2014.

SAMPAIO, C. A. P. de et al. Avaliação do ambiente térmico em instalação para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. **Ciência Rural**, v. 34, p. 785–790, 2004.

SCHMITT FILHO, A. L. et al. Nucleation theory inspiring the design of High Biodiversity Silvopastoral System in the Atlantic Forest Biome: ecological restoration, family farm livelihood and agroecology. **VII World Conference on Ecological Restoration - SER 2017**, Foz do Iguaçu, 2017.

Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável / Davi José Bungenstab, editor técnico. – 2. ed. – Brasília, DF : **Embrapa**, 2012. xvii, 239 p. ISBN 978-85-7035-110-4

SCHÜTZ, K. E.; COX, N. R; TUCKER, C. B. A field study of the behavioral and physiological effects of varying amounts of shade for lactating cows at pasture. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 3599–3605, 2014.

SCHÜTZ, K. E. et al. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: Shade use, behaviour, and body temperature. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 116, n. 1, p. 28–34, 2009.

SCHÜTZ, K. E. et al. The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 1, p. 125–133, 2010.

SOUSA, L. F. et al. Nutritional evaluation of “Braquiarião” grass in association with “Aroeira” trees in a silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, v. 79, p. 189–199, 2010.

SOUZA, B. B. de et al. Avaliação Do Ambiente Físico Promovido Pelo Sombreamento Sobre O Processo Termorregulatório Em novilhas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 6, n. 2, p. 59–65, 2010. b.

SOUZA, L. A. S. et al. Physiological and behavioral responses of dairy heifers in an integrated-crop-livestock-forestry system. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 15, p. 1278–1285, 2017.

TUCKER, C. B.; ROGERS, A. R.; SCHÜTZ, K. E. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 109, n. 2–4, p. 141–154, 2008.

WHEELOCK, J. B. et al. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows¹. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 2, p. 644–655, 2010.

5 ARTIGO 3 – DETERMINAÇÃO DO RANQUE SOCIAL DE BOVINOS UTILIZANDO O SOFTWARE ETLOG

RESUMO

O comportamento social de animais gregários vem sendo alvo de pesquisas há anos, no entanto, não há uma abordagem padrão que preze por facilidade e agilidade na determinação da posição social. Com base nessa problemática é apresentado o software ETlog como um novo instrumento para padronização do cálculo de hierarquia social em pesquisas com animais de produção. Para validação de tal inovação foram utilizados três distintos rebanhos bovinos, dois de raças leiteiras e um de corte. Os resultados obtidos no ETlog, foram comparados com os cálculos realizados manualmente e através do software Excel e em todos os meios os resultados foram semelhantes. As diferenças encontradas foram devido a erros de digitação (Excel) ou contagem (manual), quando corrigidos os erros, todos os cálculos obtiveram o mesmo resultado. Assim, o ETlog mostrou-se uma ferramenta eficaz em determinar o ranque social, de instigadores e de vítimas e índice de linearidade. A originalidade do software ETlog consiste em padronizar o cálculo de hierarquia social de trabalhos que utilizam como base matriz sociométrica, além de agilizar e facilitar o processo dos cálculos, o software não possui viés sistemático ou tendencioso e armazena todos os dados lançados, resultados preliminares e finais em uma única plataforma online que pode ser acessada de qualquer lugar do mundo.

Palavras-chave: Comportamento animal. Comportamento social. Hierarquia social. Produção animal. Sistematização. Matriz sociométrica.

5.1 INTRODUÇÃO

Desde a descoberta da ordem de bicada em galinhas (SCHJELDERUP-EBBE, 1922), os estudos a respeito da organização social de bovinos e outras espécies gregárias se expandiram (BONANNI et al., 2017; CHEBEL et al., 2016; LEE; KHAN; CURLEY, 2017; NOGUEIRA-FILHO et al., 2017). Grande parte dessas espécies possui organização interna denominada de hierarquia social, que os permite melhor utilização dos recursos ambientais em situação de escassez, diminuindo o gasto energético com confrontos desnecessários, pois alguns animais passam a evitar outros sabidamente mais fortes. Animais dominantes, que geralmente são os maiores e mais velhos, possuem prioridade de acesso a um determinado recurso, enquanto que os demais, de menor posição social, têm seu acesso limitado (COIMBRA; MACHADO FILHO; HÖTZEL, 2012).

Hoje, além da compreensão da organização desses animais dentro de um grupo, já é de conhecimento que a posição social de um animal pode afetar sua resposta ao estresse (CHEBEL et al., 2016), seu desempenho (DE PAULA VIEIRA; VON KEYSERLINGK; WEARY, 2010), sanidade (COURET et al., 2009; PROUDFOOT; WEARY; VON KEYSERLINGK, 2012), ingestão de alimento (DUVE et al., 2012), produção de leite (VON KEYSERLINGK; OLENICK; WEARY, 2008) e comportamento (RAUSSI et al., 2005). Apesar disso, o comportamento social é negligenciado na produção animal (BOYLAND et al., 2015), sendo este, um dos principais responsáveis por melhorar o bem-estar dos animais de criação (RAULT, 2012).

Na criação animal, um ambiente social instável pode elevar a ocorrência de doenças devido ao estresse causado pelas disputas por recursos (PROUDFOOT; WEARY; VON KEYSERLINGK, 2012). O conhecimento da organização social é importante para futuras tomadas de decisão, como: dimensionamento correto das instalações e adoção de práticas de manejo que amenizem seu impacto (PROUDFOOT; WEARY; VON KEYSERLINGK, 2012).

Devido à sua importância, vários autores desenvolveram metodologias para estabelecer a posição social dos animais em um determinado grupo (DE VRIES, 1998; DREWS, 1993; GALINDO; BROOM, 2000; KONDO; HURNIK, 1990; MENDL; ZANELLA; BROOM, 1992). Com isso, o desenvolvimento do software ETlog, como uma calculadora de matriz sociométrica, visa auxiliar essas pesquisas. A matriz sociométrica é a síntese dos dados de interações agonísticas obtidas a partir de observações diretas dos animais e

utilizada como base para a determinação dos cálculos das classes sociais (LEHNER, 1996). O ranque de dominância é estabelecido após o somatório da posição social de um animal em relação a todos os outros do grupo (KONDO; HURNIK, 1990) e interfere na linearidade da hierarquia social, que por sua vez demonstra a estrutura existente dentro de um determinado rebanho.

O ETlog foi projetado para facilitar a realização de operações específicas visando flexibilidade de tarefas. O software tem a premissa de subsidiar pesquisas relacionadas ao comportamento social, unificando os dados em uma plataforma online. Através da alimentação do sistema os resultados são fornecidos de forma rápida e com menor viés. Com os resultados do ETlog, o pesquisador pode adotar outras metodologias, levando em consideração quaisquer critérios que julgar necessário para a determinação da hierarquia social do rebanho.

Visa-se com este trabalho apresentar e validar a confiabilidade do software ETlog, como instrumento para padronizar o cálculo de hierarquia social em pesquisas com animais gregários.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Informações gerais a respeito do ETlog

O software ETlog foi desenvolvido para ser acessado gratuitamente de modo on-line e encontra-se hospedado no site <http://www.etlog.ufsc.br>. Na página inicial encontram-se informações gerais sobre o software, equipe de pesquisadores envolvidos no desenvolvimento e o endereço eletrônico para contato. Para utilizá-lo, no primeiro acesso, o usuário deve criar uma conta/cadastro preenchendo o formulário com dados pessoais (nome completo, e-mail, país, cidade, universidade, curso/nível). Nos demais acessos, o usuário realiza o login com o nome e senha criados anteriormente.

O sistema consiste em simples operações, tais como: cadastro de dados identificadores de cada pesquisa, cadastro de instigadores e vítimas, tipo de interação (com ou sem contato físico) e processamento de tais dados que geram os resultados para análise das interações dos animais.

Dentre as operações realizadas pelo ETlog está a elaboração de matriz sociométrica, a qual será utilizada como requisito para realização dos cálculos posteriores e determinação dos resultados finais.

5.2.2 Ranque de dominância

Os cálculos para o estabelecimento da posição social dos animais foram baseados em Kondo e Hurnik (1990), os quais consideram o número de vitórias e derrotas de um indivíduo em relação a todos os animais do rebanho.

Os resultados são extraídos da matriz através da Equação 1:

$$S_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{ji}}{|X_{ij} - X_{ji}|} \quad (1)$$

Onde: S é a relação entre o animal i e o animal j; X_{ij} é o número de vitórias do animal i sobre o animal j e X_{ji} é o número de vitórias do animal j sobre o animal i. Essa equação dará origem a apenas 3 possíveis resultados: -1 (animal i tem menor número de vitórias que animal j), 0 (animal i tem mesmo número de vitórias que animal j) ou +1 (animal i tem maior número de vitórias que animal j) (KONDO; HURNIK, 1990).

Com os resultados obtidos através da Equação 1, será determinado o valor de dominância para cada indivíduo através da Equação 2 (somatório de todas as relações de um animal com todos os outros animais do grupo).

$$S_i = \sum_{j=1}^n S_{ij} \quad (2)$$

Onde: S_i é o somatório de todas as relações envolvendo o animal i; n é o número possíveis interações de um animal do grupo com os demais.

5.2.3 Índice de linearidade

Após os dados serem incorporados na matriz sociométrica o ETlog realiza o cálculo do índice de linearidade baseado em dois autores: Landau (1951) e de Vries (1995).

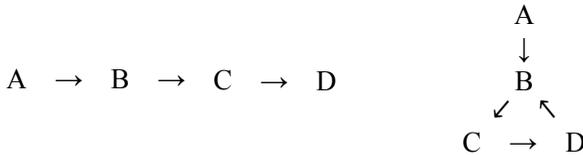
Assume-se que uma hierarquia é linear (Figura 1A) quando o animal A domina todos os outros. Em relações intransitivas (Figura 1B) o A pode ou não dominar todos os demais, podendo haver relações

circulares, onde A domina B e C, B domina C que domina D e D domina B (que está em uma posição social acima do D).

Figura 1 – Representação de diferentes hierarquias (A– hierarquia transitiva (linear); B – hierarquia intransitiva (não linear)).

A) Hierarquia transitiva

B) Hierarquia intransitiva



5.2.3.1 Índice de linearidade de Landau

Para determinar a linearidade das hierarquias, inicialmente o sistema adota o índice de linearidade de Landau (1951) (Equação 3) . Esse índice varia de 0 a 1, sendo 0 hierarquia não linear e 1 perfeitamente linear.

$$h = \left(\frac{12}{n^3 - n} \right) \sum_{a=1}^n \left[V_a - \frac{(n-1)}{2} \right]^2 \quad (3)$$

Onde: h é índice de linearidade; n é o número de animais do grupo; V é o número de animais que determinado animal dominou.

Algumas vezes, animais obtém o mesmo valor de ranque de dominância, podendo atrapalhar a execução e interpretação do cálculo da linearidade (Figura 2A). Para solucionar esse problema o índice de Landau impôs a regra de acrescentar 0,5 ao valor de V para cada indivíduo de mesmo ranque de dominância (Figura 2B).

Figura 2 – Representação do ranque de dominância de diferentes animais (A – animais com o mesmo valor de ranque de dominância; B – animais que receberam 0,5 por apresentarem mesmo valor de ranque de dominância).

A)	A	$V_A = 3$	B)	$V_A = 3$
	↓	$V_B = 5$		$V_B = 5$
	B	$V_C = 7$		$V_C = 7,5$
	↙ ↘	$V_D = 7$		$V_D = 7,5$
	C = D			

5.2.3.2 Índice de linearidade de Vries

De Vries (1995) modificou o cálculo de linearidade de Landau a fim de diminuir as inconsistências (zeros observacionais e estruturais).

Em primeiro lugar, o método consiste em ordenar os indivíduos de acordo com o número de animais dominados. Em seguida, viram-se todos os pares de indivíduos adjacentes uns aos outros no ranque, para que aquele com a posição inferior domine o animal de posição superior. Posteriormente realiza-se o processo de reagrupamento até que a ordem seja apresentada na classificação hamiltoniana, ou seja, até que nenhum par de indivíduos adjacentes seja inconsistente com a ordem de classificação finalmente obtida (Figura 4).

Figura 3 – Matriz com as frequências de instigador e vítima. (A - interações de dominância diádica; B - matriz após o procedimento de ordenação).

A		Vítima									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Instigador	A	*	5	4	6	3	0	2	2	3	1
	B	0	*	0	0	2	1	2	0	7	7
	C	0	0	*	0	1	1	1	2	2	2
	D	0	3	0	*	0	0	6	0	2	5
	E	0	0	0	1	*	2	4	0	3	0
	F	2	0	0	3	0	*	0	0	2	1
	G	0	0	0	0	0	0	*	0	0	4
	H	0	0	0	0	0	0	0	*	2	1
	I	0	0	0	0	0	0	0	2	*	6
	J	0	0	0	0	0	0	0	0	2	*

B		Vítima									
	A	C	B	E	D	H	G	I	J		
Instigador	A	*	4	5	3	0	6	2	2	3	1
	C	0	*	0	2	1	0	2	1	2	2
	B	0	0	*	1	1	0	0	2	7	7
	E	0	0	0	*	2	1	0	4	3	0
	F	2	0	0	0	*	3	0	0	2	1
	D	0	0	3	0	0	*	0	6	2	5
	H	0	0	0	0	0	0	*	0	2	1
	G	0	0	0	0	0	0	0	*	0	4
	I	0	0	0	0	1	0	2	0	*	6
	J	0	0	0	0	0	0	0	0	2	*

Fonte: O autor, (2017). Adaptado de: de Vries (1998)

5.2.4 Informações técnicas do ETlog

Para o desenvolvimento da parte de interação com o usuário, o FRONT END, foi utilizado o framework ANGULAR (Super-powered by Google), o mesmo utiliza das linguagens Javascript, HTML5 e CSS3 para tratamento dos componentes, facilitando assim a manutenção e a responsividade da aplicação. Em relação ao tratamento de dados foi utilizado o framework .Net Core 1.1 (Super-powered by Microsoft), o acesso aos dados foi feito via WebApi, visando a maior segurança e confiabilidade dos dados. Na parte de armazenamento de dados foi utilizado o framework EntityFramework (Super-powered by Microsoft), o mesmo trabalha com banco de dados SQL;

Visando a escalabilidade do software o mesmo foi hospedado no servidor da Universidade Federal de Santa Catarina, com uma máquina pré-configurada pelos técnicos responsáveis da Superintendência de Governança Eletrônica e Tecnologia da Informação e Comunicação (SeTIC) da referida universidade.

5.2.5 Resultados confirmatórios

Para comparação e confirmação dos resultados apresentados pelo ETlog, os dados de interações agonísticas coletados de três rebanhos diferentes, foram submetidos a cálculos manuais e via software Microsoft Excel 2013 para determinação da matriz sociométrica, definição das posições sociais e linearidade.

5.2.6 Coleta de dados para validação

5.2.6.1 Animais

Os dados foram coletados em três rebanhos, sendo estes:

Rebanho I: composto por 39 vacas leiteiras da raça Jersey, com peso médio de 450 kg e produção diária de leite de 20 litros. Esses animais pertencem a uma propriedade leiteira no município de Santa Rosa de Lima/Santa Catarina. As observações ocorreram em quatro piquetes com 1550 m² cada, que contém sistema silvipastoril de árvores plantadas em núcleo.

Rebanho II: composto por 15 novilhas prenhas da raça Braford, com peso médio de 425 kg.

Rebanho III: composto por 21 novilhas não prenhas da raça Jersey, com peso médio de 325 kg.

Os rebanhos II e III pertencem ao setor de Bovinocultura da Fazenda Didático-Experimental da Ressacada (FER) de propriedade da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Os piquetes na FER medem 2500 m² e não possuem sombra.

Os três rebanhos são manejados sob sistema de Pastoreio Racional Voisin (PRV), sistema este à base de pasto em que diariamente os animais são trocados para um novo piquete (PINHEIRO MACHADO, 2010). Todos os animais tinham livre acesso à água durante o período experimental.

Estes trabalhos estão de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da “Comissão de Ética no Uso de Animais” da Universidade Federal de Santa Catarina sob os protocolos n°1004100516 e n°8645200817.

Os dados dos rebanhos II e III estão em vias de publicação e foram concedidos aos autores deste artigo para validação deste software.

5.2.6.2 Observação comportamental

Em todos os experimentos citados acima foi adotada a metodologia de observação contínua para registro das interações agonísticas (MARTIN; BATESON, 1993). As interações agonísticas compreendem em contato físico e/ou deslocamentos por evitação, associados a situações de conflito entre indivíduos com ou sem contato físico, que envolvem um instigador (animal que vence a disputa) e uma vítima (animal que perde ou evita a disputa) como descrita por Kondo e Hurnik (1990).

As observações foram realizadas por observadores previamente apacitados e procederam da seguinte maneira:

Rebanho I: as observações foram realizadas em fevereiro de 2017, durante quatro dias consecutivos, por oito horas, no intervalo entre as ordenhas com início próximo às 9h e término às 17h, totalizando 32 horas de observação. As observações foram realizadas no ambiente natural de pastagem, sem fornecimento de recursos que forçassem interações.

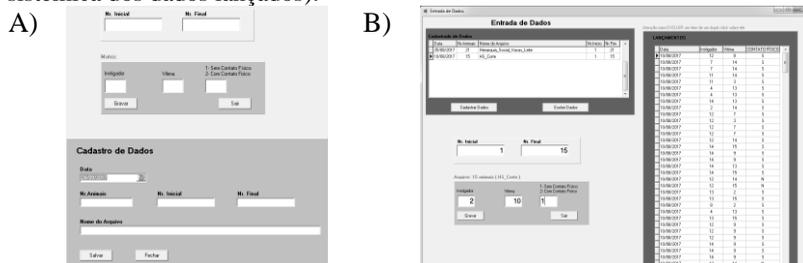
Rebanho II e III: as observações foram realizadas em agosto de 2017, durante uma hora, por sete dias no momento em que a silagem era fornecida, totalizando sete horas de observação.

5.3 RESULTADOS

5.3.1 Registro de interações agonísticas

Inicialmente os dados coletados através das observações diretas foram lançados no software via cadastro de instigadores e vítimas (Figura4). Neste momento o pesquisador deve cadastrar quais animais se envolveram no embate (instigador e vítima) e informar se esse embate foi com ou sem contato físico.

Figura 4 – Visão inicial do ETlog (A - visão do cadastro de dados; B - visão sistêmica dos dados lançados).



5.3.2 Presença ou ausência de contato físico

O ETlog fornece o número total de interações e quantas dessas são com ou sem contato físico (Tabela 1). Essa informação não interfere nos resultados apresentados pelo software (ranque social, de instigadores, vítimas e linearidade), no entanto é uma informação complementar, que dependendo do objetivo da pesquisa pode ser utilizado.

Tabela 1 - Número total de interações agonísticas, interações com e sem contato físico dos rebanhos estudados.

Rebanho	Total de interações	Contato físico	Sem contato físico
1	711	711	Não aferido
2	638	542	96
3	1237	868	369

5.3.3 Matriz sociométrica

Após cadastro dos dados supracitados, o ETlog realiza a soma das interações agonísticas e exibe tais dados em uma matriz sociométrica com o número de interações que cada animal se envolveu.

Na matriz sociométrica (Figura 5) é possível observar nas colunas os animais instigadores e nas linhas, as vítimas. Como é impossível um animal interagir com ele mesmo, na diagonal da matriz sempre irá constar valor igual à zero. Ao final de cada coluna é possível observar o número total que cada animal instigou e nas linhas o número total de derrotas que cada animal sofreu. É na matriz que se verifica também se houve animais que não interagiram entre si, sendo esses resultados iguais a zero.

Figura 5 - Modelo de matriz sociométrica com quatro animais.

		Instigadores				Total
		A	B	C	D	
Vítimas	A	0	0	0	0	0
	B	2	0	0	2	4
	C	1	3	0	2	6
	D	2	0	1	0	3
	Total	5	3	1	4	13

5.3.4 Índice de linearidade de Landau e índice de linearidade de Landau modificado por de Vries

O ETlog calcula o índice de linearidade pelos dois métodos supracitados (Tabela 2) ficando a critério do pesquisador qual utilizar.

Tabela 2 – Índices de linearidade dos rebanhos calculados pelo ETlog através do método de Landau.

Rebanho	Índice de Linearidade (h)
1	1,14
2	0,71
3	0,82

Dos rebanhos estudados, somente o três obteve índice levemente linear (pelo teste de Landau), assumindo-se que os demais apresentam linearidades intransitivas.

5.3.5 Ranques

Os resultados exibidos pelo ETlog (Tabela 3) são apresentados de forma decrescente e divididos em três categorias:

1 – Ranque social (RS): definido com base no somatório das vitórias e derrotas de cada animal.

2 – Ranque de instigadores (RI): determinado a partir da soma de quantas vezes o animal instigou os demais.

3 – Ranque de vítimas (RV): determinado a partir da soma de quantas vezes o animal foi vítima.

Tabela 3 – Resultados de ranque social (RS), ranque de instigadores (RI) e ranque de vítimas (RV) dos diferentes rebanhos estudados.

		Rebanho 1
RS		18(+30) >12(+23) >11(+17) >16(+14) >22(+13) >2(+12) >26(+9) =24(+9) >14(+8) >33(+6) =10(+6) >7(+3) =9(+3) >19(+2) >1(+1) >25(0) >37(-1) =38(-1) =27(-1) >23(-2) =30(-2) >6(-3) >17(-4) >8(-5) =3(-5) =13(-5) =20(-5) >28(-7) =21(-7) >4(-8) >15(-9) =39(-9) =29(-9) =35(-9) >31(- 10) =5(-10) >32(-12) >34(-14) >36(-18)
		18(92) >12(57) >16(49) >22(45) >11(38) >14(36) >19(31) >2(30) >10(29) >24(26) >26(23) >30(20) >33(19) >7(17) =28(17) >37(15) >1(12) =21(12) >9(11) =13(11) =17(11) =23(11) >3(10) =6(10) =8(10) =20(10) =27(10) >38(9) >35(8) >32(7) >25(5) >4(3) =29(3) =34(3) =39(3) >5(2) =15(2) =31(2) =36(2)
RI		21(41) >28(36) >35(33) >32(32) >19(28) >3(26) =34(26) >13(25) =30(25) =36(25) >10(22) >1(20) =15(20) >5(18) =6(18) =14(18) >17(17) =20(17) =24(17) =29(17) >2(16) =4(16) =7(16) >31(15) =39(15) >22(14) =27(14) =33(14) >16(13) =23(13) >8(12) =26(12) =37(12) =38(12) >9(11) >12(10) >25(8) >11(5) >18(2)
RV		
		Rebanho 2
RS		12(+12) >5(+9) >11(+8) =4(+8) >8(+4) >2(+1) >14(0) =7(0) >9(-2) >13(-3) >1(-5) >15(-6) =6(-6) >10(-8) >3(-12)
		11(136) >12(128) >14(80) >4(74) >6(40) >9(34) >8(30) >13(26) >7(24) >5(19) >2(16) >15(14) >10(10) >3(5) >1(2)
RI		3(115) >13(72) >9(65) >6(61) >14(60) =15(60) >10(49) >7(35) >5(28) >2(25) >11(20) >8(18) >1(14) >4(10) >12(6)
RV		
		Rebanho 3
RS		12(+18) >19(+15) >7(+10) =18(+10) =9(+10) >11(+9) >2(+6) >8(+3) >6(+2) >4(+1) >16(0) =1(0) >15(-2) >13(-3) >14(-7) >20(-9) =5(-9) >3(-10) >17(-11) >21(-15) >10(-18)
		12(195) >2(120) >9(113) >18(100) >11(96) >6(93) =19(93) >7(69) >4(63) >1(52) >8(50) >3(38) >15(35) >16(31) >5(30) >13(21) >20(13) >21(11) >17(7) >10(5) >14(2)
RI		6(124) >10(86) >16(84) >21(82) >3(77) =7(77) >2(71) >17(66) >9(65) >4(64) >5(63) >11(62) >1(60) >8(53) =20(53) >15(42) >13(38) >18(24) >12(18) >19(16) >14(12)
RV		

Classificação dos animais, seguido do valor de ranque para cada categoria.

Apesar dos ranques serem exibidos em linha, não significa que a hierarquia social seja linear, essa forma de apresentar é apenas para facilitar a apresentação dos dados.

5.4 DISCUSSÃO

5.4.1 Principais vantagens do software

Pelo fato de ser uma plataforma online, o usuário tem como vantagem armazenar seus dados para realizar consultas e cálculos posteriores de qualquer lugar do mundo.

5.4.1.1 Acurácia e versatilidade

O ETlog gerou resultados precisos, com menor viés e economia de tempo comparado aos cálculos realizados manualmente e no Excel. Além disso, pelo fato do ETlog possuir interface com outros softwares, atende aos mais diversos objetivos das pesquisas relacionadas com comportamento social.

5.4.1.2 Compatibilidade com outros softwares

O ETlog possui interface com as plataformas Apple, Linux e Windows permitindo que pesquisadores administrem, compartilhem e analisem seus dados com liberdade, além de possibilitar a elaboração de tabelas e gráficos, fazendo com que a pesquisa seja mais dinâmica e completa.

5.4.1.3 Interações com ou sem contato físico

O fato do ETlog apresentar os resultados das interações contendo contato físico ou não podem ser utilizados para averiguar se a hierarquia social já está estabelecida. Quando há um novo reagrupamento de animais, esses irão formar uma nova hierarquia (RAUSSI et al., 2005). Após a determinação das relações de dominância em um grupo de animais as taxas de interações físicas e não físicas são mais estáveis (KONDO; HURNIK, 1990).

5.4.1.4 A presença de zeros observacionais

Os zeros observacionais são constatados quando não se observa a campo a interação entre os dois membros de uma díade; enquanto os zeros estruturais referem-se quando os membros de uma díade apresentam o mesmo número de interações um contra o outro (DE VRIES, 1995).

Animais quando conhecem sua posição social em relação aos demais passam a evitar embates com animais de posição social superior à sua (KONDO; HURNIK, 1990), fazendo com que na matriz sociométrica sejam registrados zeros entre estes animais.

Esses resultados (presença de zeros observacionais) não afetam o desempenho do ETlog, comprovando que o software é eficiente para determinação da posição social tanto em rebanhos de constante troca de animais (lotes de gado leiteiro) quanto para rebanhos que sofrem mínimas alterações de animais (gado de corte).

5.4.1.5 Número mínimo ou máximo de indivíduos

O número de indivíduos observados não interfere nos resultados obtidos pelo ETlog (não há número mínimo ou máximo). No entanto, para calcular e exibir o índice de linearidade de forma adequada, o método de Landau necessita de no mínimo cinco animais, já o método modificado por de Vries (1995) não tem número mínimo de animais, porém não é indicado para rebanhos que contenham mais de 80 indivíduos (DE VRIES, 1998).

Ao contrário do ETlog, métodos como o de Clutton-Brok et al., index (CLUTTON-BROCK et al. 1979, 1982) não são indicados para calcular a hierarquia de dominância de pequenos grupos, devido ao número de ambiguidades existentes nos dados (GAMMELL et al., 2003).

Apesar de não haver um número máximo de indivíduos a serem estudados, deve se levar em consideração que quanto maior for o grupo, maior será o número de inconsistências (zeros estruturais e observacionais) desses dados, havendo muitas vezes necessidade de mais observações. A exemplo disso, no experimento I deste trabalho foi constatada uma quantidade excessiva de relações desconhecidas (51,55%), que interferiram no cálculo de linearidade. No índice de Landau podem aparecer valores maiores de linearidade ($h > 1$) (SCHMID; DE VRIES, 2013), quando há uma grande quantidade de zeros ou relações desconhecidas na matriz sociométrica, dificultando os cálculos e possibilitando o aparecimento de valores de linearidade superiores a 1. Devido a isso, o índice de linearidade descrito por de Vries (1995) tem sido um dos mais utilizados em estudos com hierarquia social (NOGUEIRA-FILHO et al., 2017; VAL-LAILLET et al., 2009; WHITEHEAD, 2009), pois não é prejudicado pela presença de zeros observacionais e estruturais.

5.4.1.6 Ranques de dominância e índice de linearidade

O ETlog calcula e exibe os ranques: social, de instigadores e de vítimas de cada rebanho independente da linearidade do mesmo. Como assumido por outros autores (CHASE, 1974; MARTIN; BATESON, 1993), o ETlog descreve como hierarquias fortemente lineares, quando o $h \geq 0,90$.

Em bovinos, relações de dominância completamente lineares são encontradas em grupos estáveis (sem introdução e retirada de membros e/ou mudança da estrutura física do lugar ou na quantidade/qualidade dos recursos oferecidos), onde a hierarquia social já foi definida e os animais conhecem sua posição perante os demais (CHASE et al., 2002). As relações não lineares são encontradas em grupos novos onde estão sendo estabelecidas as relações de dominância (MENDL; ZANELLA; BROOM, 1992). Outro fator que interfere na linearidade é o número de indivíduos no grupo, sendo comum em grupos com mais de 10 indivíduos encontrarmos hierarquias não lineares (JAMESON; APPLEBY; FREEMAN, 1999).

5.4.1.7 Hierarquia social

O fato deste software utilizar a metodologia desenvolvida por Kondo e Hurnik (1990) para determinar a posição social de animais gregários, não significa que pesquisadores não possam adotar outras metodologias a partir dos resultados apresentados pelo ETlog, para determinação da hierarquia social e definição dos grupos presente em cada rebanho (dominante, intermediário e subordinado), desde que os métodos partam do princípio da matriz sociométrica.

A versatilidade dessa ferramenta possibilita que o sistema seja utilizado para determinar posição social de várias espécies gregárias como: capivaras (NOGUEIRA-FILHO et al., 2017), cachorros (BONANNI et al., 2017) e camundongos (LEE; KHAN; CURLEY, 2017), uma vez que esses autores também partiram do pressuposto da matriz sociométrica para determinação da hierarquia destas espécies.

5.5 CONCLUSÃO

O ETlog fornece subsídio para pesquisadores definirem a hierarquia social de rebanhos gregários através da síntese de interações agonísticas (com ou sem contato físico), além de facilitar e unificar os

cálculos em uma plataforma on-line de fácil acesso, aprimorando ainda mais a pesquisa científica.

5.6 REFERÊNCIA

BONANNI, R. et al. Age-graded dominance hierarchies and social tolerance in packs of free-ranging dogs. **Behavioral Ecology**, v. 0, p. 1–17, 2017.

BOYLAND, N. K. et al. The social network structure of a dynamic group of dairy cows: from individual to group level patterns. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 174, p. 1–10, 2015.

CHASE, I. D. et al. Individual differences versus social dynamics in the formation of animal dominance hierarchies. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 99, n. 8, p. 5744–5749, 2002.

CHASE, I. D. Hierarchy formation in animal societies. **Behavioral Science**, v. 19, p. 374–382, 1974.

CHEBEL, R. C. et al. Social stressors and their effects on immunity and health of periparturient dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 4, p. 3217–3228, 2016.

CLUTTON-BROCK, T. H. et al. The logical stag: adaptive aspects of fighting in red deer (*Cervus elaphus L.*). **Animal Behaviour**, v. 27, p. 211–225, 1979.

CLUTTON-BROCK, T. H.; GUINNESS, F. E.; ALBON, S. D. Red Deer: Behavior and Ecology of Two Sexes. Chicago: **University of Chicago Press**, 1982.

COIMBRA, P. A. D.; MACHADO FILHO, L. C. P.; HÖTZEL, M. J. Effects of social dominance, water trough location and shade availability on drinking behaviour of cows on pasture. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 139, n. 3–4, p. 175–182, 2012.

COURET, D. et al. Maternal stress during late gestation has moderate but long-lasting effects on the immune system of the piglets. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 131, n. 1–2, p. 17–24, 2009.

DE PAULA VIEIRA, A.; VON KEYSERLINGK, M. A. G.; WEARY, D. M. Effects of pair versus single housing on performance and behavior of dairy calves before and after weaning from milk. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 7, p. 3079–3085, 2010.

DE VRIES, H. An improved test of linearity in dominance hierarchies containing unknown or tied relationships. **Animal Behaviour**, v. 50, n. 5, p. 1375–1389, 1995.

DE VRIES, H. Finding a dominance order most consistent with a linear hierarchy: a new procedure and review. **Animal Behaviour**, v. 55, n. Roberts 1990, p. 827–843, 1998.

DREWS, C. The Concept and Definition of Dominance in Animal Behaviour. **Behaviour**, v. 125, n. 3, p. 283–313, 1993.

DUVE, L. R. et al. The effects of social contact and milk allowance on responses to handling, play, and social behavior in young dairy calves¹. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 11, p. 6571–6581, 2012.

GALINDO, F.; BROOM, D. M. The relationships between social behaviour of dairy cows and the occurrence of lameness in three herds. **Research in Veterinary Science**, v. 69, n. 1, p. 75–79, 2000.

GAMMELL, M. P. et al. David's score: A more appropriate dominance ranking method than Clutton-Brock et al.'s index. **Animal Behaviour**, v. 66, n. 3, p. 601–605, 2003.

JAMESON, K. A.; APPLEBY, M. C.; FREEMAN, Linton C. Finding an appropriate order for a hierarchy based on probabilistic dominance. **Animal Behaviour**, v. 57, n. 5, p. 991–998, 1999.

KONDO, S.; HURNIK, J. F. Stabilization of social hierarchy in dairy cows. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 27, n. 4, p. 287–297, 1990.

LANDAU, H. G. On dominance relations and the structure of animal societies: I. Effect of inherent characteristics. **Bulletin of Mathematical Biophysics**, v. 13, p. 1–19, 1951.

LANDAU, H. G. On dominance relations and the structure of animal societies: i. Effect of inherent characteristics. **Bulletin of Mathematical Biophysics** Volume, v. 13, n. 1922, p. 1–19, 1951.

LEE, W.; KHAN, A.; CURLEY, J. P. Major urinary protein levels are associated with social status and context in mouse social hierarchies. **Proceedings. Biological sciences**, v. 284, n. 1863, p. 20171570, 2017.

LEHNER, P.N. Handbook of Ethological Methods. 2° ed. **Cambridge**, 1996.

MARTIN, P.; BATESON, P. Measuring Behaviour. An Introductory Guide, second ed. **Cambridge University Press**, Cambridge, UK. 1993.

MENDL, M.; ZANELLA, A. J.; BROOM, D. M. Physiological and reproductive correlates of behavioral strategies in female domestic pigs. **Animal Behaviour**, v. 44, p. 1107–1121, 1992.

NOGUEIRA-FILHO, S. L. G. et al. Flexibility in the social behavior of captive female capybaras (Mammalia, Rodentia). **Behavioural Processes**, v. 142, n. December 2016, p. 29–32, 2017.

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

PROUDFOOT, K. L.; WEARY, D. M.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. Linking the social environment to illness in farm animals. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 138, n. 3–4, p. 203–215, 2012.

RAULT, J. L. Friends with benefits: Social support and its relevance for farm animal welfare. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 136, n. 1, p. 1–14, 2012.

RAUSSI, S. et al. Does repeated regrouping alter the social behaviour of heifers? **Applied Animal Behaviour Science**, v. 93, n. 1–2, p. 1–12, 2005.

SCHJELDERUP-EBBE, T. Beiträge zur Sozialpsychologie des Haushuhns. **Z. Psychol.**, v. 88, p. 225–252, 1922.

SCHMID, V. S.; DE VRIES, H. Finding a dominance order most consistent with a linear hierarchy: An improved algorithm for the I&SI method. **Animal Behaviour**, v. 86, n. 5, p. 1097–1105, 2013.

VAL-LAILLET, D. et al. Allogrooming in cattle: Relationships between social preferences, feeding displacements and social dominance. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 116, n. 2–4, p. 141–149, 2009.

VON KEYSERLINGK, M. A. G.; OLENICK, D.; WEARY, D. M. Acute Behavioral Effects of Regrouping Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 91, n. 3, p. 1011–1016, 2008.

WHITEHEAD, H. SOCPROG programs: analyzing animal social structures. **Behav. Ecol. Sociobiol**, v. 63, p. 765–778, 2009.

WHITEHEAD, H. SOCPROG programs: Analysing animal social structures. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 63, n. 5, p. 765–778, 2009.

6 CONCLUSÃO GERAL

A presença do Sistema Silvipastoril com Núcleos (SSPnúcleo) alterou de forma positiva as variáveis microclimáticas, fornecendo melhores índices de conforto térmico aos animais e fez com que eles utilizassem preferencialmente as áreas de entorno dos núcleos (com e sem sombra). A concentração majoritária dos animais no entorno dos núcleos reforça a importância de sistemas silvipastoris com sombras dispersas e que forneçam abrigo a todos os animais. Assim, evita-se a translocação de fertilidade e pisoteio excessivo em áreas concentradas.

A etologia aplicada apresenta carência de plataformas integradas e de fácil utilização que auxiliem nas pesquisas atuais de comportamento social. O software ETlog vem para suprir esta carência, pois através de sua plataforma online e integrada, demonstrou ser eficaz em fornecer subsídio para pesquisadores definirem a hierarquia social de rebanhos gregários, através da síntese de interações agonísticas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adoção do Sistema Silvipastoril com Núcleos (SSPnúcleos) vem se mostrando cada vez mais como uma boa alternativa para mitigar os efeitos microclimáticos adversos e ainda fornecer renda extra ao produtor. Porém, a falta de clareza, por parte dos produtores rurais a respeito da importância de introdução arbórea em ambientes pastoris, muitas vezes compromete o desempenho produtivo e o bem-estar dos animais. Com isso novas pesquisas nesta modalidade de SSP que englobem avaliações microclimáticas correlacionadas com variáveis termorregulatórias se fazem necessárias, para que corroborem com os dados desta pesquisa e confirmem os benefícios do SSPnúcleos nos parâmetros fisiológicos dos animais.

8 REFERÊNCIAS

- AINSWORTH, J. A. W.; MOE, S. R.; SKARPE, C. Pasture shade and farm management effects on cow productivity in the tropics. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 155, p. 105–110, 2012.
- ALVES, F. V.; NICODEMO, M. L. F.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Bem-estar animal em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. In: CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (Ed.). **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 25 2015. p. 274-287.
- ANTONELLI, P. V. et al. Desenvolvimento de *Cordia trichotoma* em função da adubação, em sistema silvipastoril no Sudoeste do Paraná-Brasil. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 3, n. 3, p. 59–70, 2015.
- ARAÚJO, R. A. de et al. Grazing behavior and spatial distribution of feces of Young bulls in silvopastoral systems and Marandu monoculture in the Pre-Amazon region. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 1, p. 83–90, 2017.
- AZEVEDO, M. et al. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4, 7/8 holandes-zebu em lactacao. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p.2000-2008, 2005.
- AZEVEDO, D. M. R.; ALVES, A. A. **Bioclimatologia aplicada á produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, p. 83, 2009.
- BALBINO, L. C. et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, 2011.
- BALISCEI, M. A. et al. Behavior of beef cattle and the microclimate with and without shade. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 34, n. 4, p. 409–415, 2012.

- BARBOSA, O. R. et al. Efeitos da sombra e da aspersão de água na produção de leite de vacas da raça Holandesa durante o verão. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26, n. 1, p. 115-122, 2004.
- BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. Sistemas Silvopastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, 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.
- BLACKSHAW, J. K.; BLACKSHAW, A. W. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture, Collingwood**, v. 34, p. 285-95, 1994.
- BORBUREMA, J. B. et al. Influência de fatores ambientais sobre a produção e composição físico-química do leite. **AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO**, v. 9, n. 4, p. 15–19, 2013.
- BROOM, D. M. Components of sustainable animal production and the use of silvopastoral systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 8, p. 683–688, 2017.
- BROOM, D. M.; GALINDO, F. A; MURGUEITIO, E. Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 280, n. 1771, p. 1-9, 2013.
- BROOM, D. M.; MOLENTO, C. F. M. Bem-estar Animal: Conceito e Questões Relacionadas – Revisão. 2004. **Archives of Veterinary Science**, v. 9, n. 2, p. 1-11, 2004.
- CARVALHO, M. M. Contribuição dos sistemas silvipastoris para a sustentabilidade da atividade leiteira. In: SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE A PASTO E EM CONFINAMENTO, 3., 2001, Juiz de Fora, **Anais...** Juiz de Fora, 2001 p. 85- 108

COSTA, C. O. et al. Comportamento ingestivo de vacas Jersey confinadas durante a fase inicial da lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.418-424, 2003.

COSTA, N. de L. et al. Sistemas Silvipastoris. In: COSTA, N. de L. (Ed.). **Formação, Manejo e Recuperação de pastagens em Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia**, p. 207-219, 2004.

DIAS, P. F. et al. Estabelecimento de leguminosas arbóreas em pastos de capim-marandu e Tanzânia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.10, p.1413-1419, out. 2008.

DIAS-FILHO, M. B. Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens tropicais degradadas. In: GONZAGA NETO, S., COSTA, R. G., PIMENTA FILHO, E. C., CASTRO, J. M. da C. Simpósios da reunião da sociedade brasileira de zootecnia, 43. João Pessoa, Anais. João Pessoa: SBZ: UFPB (Suplemento Especial da **Revista Brasileira de Zootecnia**) v.35, p.535-553, 2006.

DOMINGOS, H. G. T. et al. Effect of shade and water sprinkling on physiological responses and milk yields of Holstein cows in a semi-arid region. **Livestock Science**, p. 169-174, 2013.Ed., 1989. 183p.

FADL, K. E. M.; MAHMOUND, S. E.; HAMAD, Z. M. Farmers perceptions towards agroforestry systems in north and South kordofan stats, Sudan. **International Journal of Environment**. v. 4, 2015.

FAO. **Agroecology for food security and nutrition proceedings of the fao international symposium**. Roma. 2015.

FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 05 de dezembro de 2017.

FERREIRA, L. C. B. et al. Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos submetidos a diferentes ofertas de sombra. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 2, p. 1–14, 2014.

GARCIA, A. R. et al. Variáveis fisiológicas de búfalas leiteiras criadas sob sombreamento em sistemas silvipastoris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1409-1414, 2011.

GARCIA, R.; TONUCCI, R. G.; GOBBI, K. F. Sistema Silvipastoris: uma integração Árvore, Pasto e Animal. In: OLIVEIRA NETO, S. N. de et al. (Ed.). Sistemas agrossilvipastoril: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta. Viçosa: **Editora ARKA**, p. 168-189, 2010.

GAUGHAN, J. B. et al. Heat tolerance of Boran and Tuli crossbred steers. **Journal of Animal Science**, v.77, p.2398-2405, 1999.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

JANUSCKIEWICZ, E. R. R.; CAPUTTI, A. C.; GREGORY P. Comportamento Ingestivo De Bovinos Em Pastejo. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.12; 2011.

KADZERE, C. T. et al. Heat stress in lactatingdairycows: a review. **Livestock Production Science**, v. 77, p. 59-91, 2002.

KARKI, U.; GOODMAN, M. S. Cattle distribution and behavior in outhern-pine silvopasture versus open-pasture. **Agroforest Systems**, 78:159-168, 2010.

KARVATTE JUNIOR, N. et al. Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, n. 12, p. 1933–1941, 2016.

LATAWIEC, A. E. et al. Intensification of cattle ranching production systems: socioeconomic and environmental synergies and risks in Brazil. **Animal**, v. 8, p. 1255-1263, 2014.

LEME, T. M. S. P. et al. Comportamento de vacas mestiças holandês x zebu, em pastagem de Brachiariadecumbens em sistema silvipastoril. **Ciência agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 668-675, maio/jun., 2005.

MELLACE, E. M. et al. Avaliação comportamental de novilhas leiteiras criadas a pasto expostas as diferentes áreas de sombreamento artificial. **Thesis**, v. 11, p. 17-23, 2009.

MEYER, U.; STAHL, W.; FLACHOWSKY, G. Investigations on the water intake of growing bulls. **Livestock Production Science**, nº 103, p186-191, 2006.

MONTY, J. D. E.; GARBARENO, J. L. Behavioral and physiologic responses of Holstein Frisian cows to high environmental temperatures and artificial cooling in Arizona. **American Journal of Veterinary Research**. 1978;39:877-82.

MURGUEITIO, R. E. et al. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of cattle ranch in glands. **Forest Ecology and Management**, v. 261p. 1654-1663, 2011.

NASCIMENTO, G. V. do et al. Indicadores produtivos, fisiologicos e comportamentais de vacas de leite. **Agropecuaria Científica no Semiárido Científica no Semiárido**, v. 9, p. 28–36, 2013.

NWS-National Weather Service. Central Region. **Livestock Hot Weather Stress**. Regional Operations Manual Letter, C-31-76, Washington, D.C: National Academy Press, 1976.

OTERO, J.; ONAINDIA, M. Landscape structure and live fences in Andes Colombian agrosystems: upper basin of the Cane-Iguaque River. **Revista Biología Tropical**, v. 57 (4), p. 1183-1192, 2009.

PACIULLO, D. S. C. et al. Sward characteristics and performance of dairy cows in organic grass–legume pastures shaded by tropical trees. **Animal**, v. 8, n. 8, p. 1264-1271, 2014.

PELLIZZONI, C. **Hierarquia social e uso de sombra por vacas leiteiras: impacto nos parâmetros fisiológicos e comportamentais**. 2011. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

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

PINHEIRO, M. G. Produção de leite em ambiente tropical. **Pesquisa & Tecnologia**, vol. 9, n. 1, 2012.

PIRES, M. F. A; PACIULO, D. S. C.; PIRES, J. A. Conforto animal no Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. **Informe Agropecuário**, 31, (257), 81-89, 2010

PIRES, Maria F. A; CAMPOS, A. T. Conforto Animal para maior produção de leite. Viçosa-MG, **CPT**, 254p. 2008.

POTT, A.; POTT, V. J. Plantas Nativas Potenciais para Sistemas Agroflorestais em Mato Grosso do Sul. In: SEMINÁRIO SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Campo Grande: **Embrapa**, 2003.

RICCI, G. D.; ORSI, A. M.; DOMINGUES, P. F. Estresse calórico e suas interferências no ciclo de produção de vacas de leite – **Revisão Veterinária e Zootecnia**, Botucatu-SP., p. 09-18, 2013.

ROVIRA, P.; VELAZCO, J. The effect of artificial or natural shade on respiration rate, behaviour and performance of grazing steers. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 53, n. 4, p. 347–353, 2010.

SALTON, J. C. et al. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 190, p. 70–79, 2014.

SILVA, R.G.D. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, p. 286, 2000.

SCHÜTZ, K. E. et al. The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 1, p. 125–133, 2010.

SCHÜTZ, K. E. et al. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: shade use, behavior, and body temperature. **Rev. Applied Animal Behaviour Science**, v. 116, p. 28-34, 2009.

SILVA, J. J. et al. Produção de leite de animais criados em pastos no Brasil. **Veterinária e Zootecnia**, p. 26-36, 2010.

SILVA, L. L. G. G. da. Et al. Influência de espécies de leguminosas arbóreas na qualidade e produção de pastagem de capim Marandu (*Brachiaria brizantha*). **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**. v. 16, n. 2, p. 48-55, 2008.

SOUZA, A. de et al. Um Estudo De Conforto E Desconforto Térmico Para O Mato Grosso Do Sul. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 12, n. 2, p. 15–25, 2010. a.

SOUZA, B. B. de et al. Avaliação Do Ambiente Físico Promovido Pelo Sombreamento Sobre O Processo Termorregulatório Em novilhas leiteiras. **Agropecuária Científica do Semi-Árido**, v. 6, n. 2, p. 59–65, 2010.

SOUZA, L. F. et al. Produtividade e valor nutritivo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em sistema silvipastoril. **Arquivo brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. Belo Horizonte, v. 59, n.4, p. 1029-1037, 2007.

SOUZA, W. et al. Behavior of beef cattle in silvipastoral systems with eucalyptus. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, p. 677-684, 2010.

TUCKER, C. B.; ROGERS, A. R.; SCHÜTZ, K. E. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 109, n. 2–4, p. 141–154, 2008.

VALERI, S. V. et al. Manejo e recuperação Florestal: Legislação, uso da água e sistemas agroflorestais. Jaboticabal, **Funep**. 2003, 180p.

WEST, J. W. Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 6, p. 2131–2144, 2003.

WHEELOCK, J. B. et al. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows¹. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 2, p. 644–655, 2010.

**APÊNDICE A – PLANILHA DE CAMPO DO ARTIGO 1 PARA
AVALIAÇÃO MICROCLIMÁTICA DO SISTEMA
SILVIPASTORIL COM NÚCLEOS NAS QUATRO ESTAÇÕES**

Estação do ano: _____ Propriedade: _____

Sistema: _____/_____/_____ Observador _____

DATA _____/_____/_____

Avaliações de variáveis ambientais Hora _____ : _____ às _____ :

Nº	P1	P2	P3	P4	P5	Nº	P1	P2	P3	P4	P5	Nº	P1	P2	P3	P4	P5	
C.D						C.D						C.D						
T						T						T						
UR						UR						UR						
IL						IL						IL						
VV						VV						VV						
TSS						TSS						TSS						

Legenda: T - Temperatura do ar (°C); UR - Umidade Relativa do ar (%); IL - Iluminância (lux); VV - Velocidade do vento (m/s m⁻¹); TSS - Temperatura superficial do solo (°C); CD - Condição do ponto: S - Sombra; O - Sol; N° - número do núcleo.

**APÊNDICE B – PLANILHA DE CAMPO DO ARTIGO 1 PARA
AVALIAÇÃO MICROCLIMÁTICA DO SISTEMA PASTO
ABERTO NAS QUATRO ESTAÇÕES**

Propriedade: _____ Estação do ano: _____ Sistema: _____
 DATA ____/____/____ Observador _____

		Avaliações de variáveis ambientais Hora : ____ : ____ : ____																		
Nº		P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	Nº	P1	P2	P3	P4		
C.D						C.D				C.D				C.D					P4	
T						T				T				T						
UR						UR				UR				UR						
ILUM						ILUM				ILUM				ILUM						
VV						VV				VV				VV						
TSS						TSS				TSS				TSS						
Nº		P1	P2	P3	P4	Nº	P1	P2	P3	P4	Nº	P1	P2	P3	P4	Nº	P1	P2	P3	P4
C.D						C.D					C.D					C.D				
T						T					T					T				
UR						UR					UR					UR				
ILUM						ILUM					ILUM					ILUM				
VV						VV					VV					VV				
TSS						TSS					TSS					TSS				

Legenda: T - Temperatura do ar (°C); UR - Umidade Relativa do ar (%); IL - Iluminação (lux); VV - Velocidade do vento (m/s m⁻¹); TSS - Temperatura superficial do solo (°C); CD - Condição do ponto: S - Sombra, O - Sol; Nº - número do núcleo.

**APÊNDICE C – PLANILHA DE CAMPO DO ARTIGO 2 PARA
AVALIAÇÃO MICROCLIMÁTICA DAS ÁREAS EXISTENTES
DENTRO DO SISTEMAS SILVIPASTORIL COM NÚCLEOS**

Propriedade: _____ Tratamento _____

DATA ____/____/____ Observador _____

Avaliações de variáveis ambientais

09:00			11:00			13:00					
Variável	P1	P2	P3	Variável	P1	P2	P3	Variável	P1	P2	P3
T				T				T			
UR				UR				UR			
IL				IL				IL			
VV				VV				VV			
TSS				TSS				TSS			
15:00			17:00			EXTRA					
Variável	P1	P2	P3	Variável	P1	P2	P3	Variável	P1	P2	P3
T				T				T			
UR				UR				UR			
IL				IL				IL			
VV				VV				VV			
TSS				TSS				TSS			

Legenda: T - Temperatura do ar (°C); UR - Umidade Relativa do ar (%); IL - Iluminação (lux); VV - Velocidade do vento (m/s m⁻¹); TSS - Temperatura superficial do solo (°C); P1 - Entono do núcleo com sombra (ETsb); P2 - Entono do núcleo com sol (Etso); P3 - Distante dos núcleos com sol (SO).

**APÊNDICE D – PLANILHA DE CAMPO DO ARTIGO 2 PARA
AVALIAÇÃO DOS COMPORTAMENTOS CONTÍNUOS**

**APÊNDICE E – PLANILHA DE CAMPO DO ARTIGO 2 PARA
AVALIAÇÃO DOS COMPORTAMENTOS INSTANTÂNEOS**

**APÊNDICE F – PLANILHA DE CAMPO DO ARTIGO 2 PARA
AVALIAÇÃO DOS COMPORTAMENTOS AGONÍSTICOS**

