FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO

CONFORTO TÉRMICO E COMPORTAMENTO DE BOVINOS MACHOS NELORE EM SISTEMAS EM INTEGRAÇÃO LAVOURA – PECUÁRIA - FLORESTA

Flávio de Aguiar Coelho

CAMPO GRANDE, MATO GROSSO DO SUL
2021

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

CURSO DE MESTRADO

CONFORTO TÉRMICO E COMPORTAMENTO DE BOVINOS MACHOS NELORE EM SISTEMAS EM INTEGRAÇÃO LAVOURA – PECUÁRIA - FLORESTA

Discente: Flávio de Aguiar Coelho

Orientadora: Prof.ª Dr.ª Viviane Maria Oliveira dos Santos

Coorientadora: Dr.ª Fabiana Villa Alves

Dissertação apresentada à Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de concentração: Bioclimatologia e produção animal.

CAMPO GRANDE, MATO GROSSO DO SUL

2021

Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Certificado de aprovação

FLÁVIO DE AGUIAR COELHO

CONFORTO TÉRMICO E COMPORTAMENTO DE NOVILHOS MACHOS NELORE EM SISTEMAS EM INTEGRAÇÃO LAVOURA – PECUÁRIA – FLORESTA

THERMAL COMFORT AND BEHAVIOR OF NELORE STEEL IN INTEGRATED CROP-LIVESTOCKFORESTRY SYSTEMS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção Animal.

Aprovado em: 30-06-2021
BANCA EXAMINADORA:

_____
Dra. Viviane Maria Oliveira dos Santos
(UFMS) – (Presidente)

_____
Dra.Caroline Carvalho de Oliveira
(IF Goiano)

_____
Dr. Diogo Alves da Costa Ferro
UEG

_____
Dr. Nivaldo Karvatte Junior
(IF Goiano)

_____
Dr. Rodrigo da Costa Gomes
EMBRAPA Gado de Corte

Documento assinado eletronicamente por **Caroline Carvalho de Oliveira**, **Usuário Externo**, em 21/07/2021, às 19:00, conforme horário oficial de Mato

Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **Diogo Alves da Costa Ferro**, **Usuário Externo**, em 22/07/2021, às 07:56, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **Viviane Maria Oliveira dos Santos Nieto**, **Professora do Magistério Superior**, em 22/07/2021, às 09:46, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **Nivaldo Karvatte Junior**, **Usuário Externo**, em 22/07/2021, às 16:45, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo da Costa Gomes**, **Usuário Externo**, em 27/07/2021, às 11:54, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2685218** e o código CRC **F1E394B4**.

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

Referência: Processo nº 23104.001236/2021-33 SEI nº 2685218

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço ao senhor Pai santo por nunca me abandonar, amparando nos momentos bons e ruins, e renovando minha fé em todos os momentos que necessitei. À nossa senhora Aparecida por me direcionar sempre para as escolhas certas, sendo minha protetora de todo mal e injustiça.

Aos meus pais Fabio Figueiredo Coelho e Efigênia Marieta de Aguiar Coelho, e meus irmãos Fernanda de Aguiar Coelho, Fabio Henrique de Aguiar Coelho e Luís Fernando de Aguiar Coelho, por serem sempre os melhores torcedores e admiradores de minhas conquistas, motivo de todos os meus esforços.

Meu agradecimento às professoras Dr.ª Viviane Maria O. dos Santos e Dr.ª Fabiana Villa Alves, pelas orientações. Obrigado por não medirem esforços em me amparar, sendo companheiras fiéis nessa trajetória.

À Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, por permitir meu alcance ao tão sonhado título de Mestre. Também, a todos os professores por compartilhar o conhecimento, promovendo meu crescimento pessoal e profissional. Em especial, aos professores Dr. Charles Kiefer e Dr. Rodrigo Gomes pela amizade construída.

À empresa brasileira de pesquisa agropecuária, EMBRAPA – Gado de Corte, por disponibilizar todos os recursos necessários para a condução do projeto de pesquisa da dissertação. Também aos funcionários dessa instituição, por estarem sempre disponíveis em ajudar a tornar esse trabalho possível. Meu sincero reconhecimento a todos vocês.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos e recursos financeiros concedidos em todo o período dedicado.

Por fim, porém não menos importante, agradeço aos meus inúmeros amigos, que direta e indiretamente me ajudaram em todos os momentos que precisei. Em especial, ao Dr. Nivaldo Karvatte Junior, a Dr.ª Caroline Carvalho de Oliveira, e ao auxiliar de pesquisa, Odivaldo Goulart, por serem meus parceiros fiéis, confiáveis e dispostos em ajudar. Sem vocês o caminho seria muito mais difícil.

Esse trabalho é dedicado a todos vocês. Muito obrigado!!!

“O entusiasmo é a maior força da alma.

Conserva-o e nunca te faltará poder para conseguir o que desejas”

(Napoleon Hilll)

Resumo

Os sistemas em integração Lavoura – Pecuária – Floresta são eficientes em proteger o solo, promover maior biodiversidade ao sistema e, o componente arbóreo em reduzir a incidência de radiação solar direta sobre os animais de produção. Portanto, objetivou-se: I - avaliar o efeito de diferentes ofertas de sombra na distribuição térmica, comportamento ingestivo e exploratório de bovinos Nelore, no verão do bioma Cerrado. II – Aplicar as técnicas de automação (termografia por infravermelho, bioacústica e gerenciamento de posicionamento global - GPS) nas predições de microclima, comportamento ingestivo e exploração espacial dos bovinos a pasto. O ensaio foi realizado no verão de 2020, na área experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Gado de Corte), localizada na cidade de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil. Foram utilizados 24 bovinos machos Nelore distribuídos aleatoriamente em delineamento em blocos completos casualizados, em parcelas subdivididas, com diferentes ofertas de sombra: Dois sistemas em integração Pecuária – Floresta, com diferentes densidades arbóreas (IPF-22: 113 árvores.ha^{-1}; IPF-28: 89 árvores.ha^{-1}), e um sistema pastoril não sombreado (NS). A área total de 18 ha foi dividida em 12 piquetes, com quatro repetições por tratamento. O componente arbóreo utilizado foi o eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, clone H 13), distribuído em linhas simples espaçadas em 22 e 28 metros entre renques, e 4 metros entre árvores. Foram coletados dados de microclima, comportamento ingestivo exploratório. Os dados foram submetidos aos procedimentos UNIVARIATE para verificação da normalidade dos dados, à correlação de Pearson e GLM para análise de variância, com as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Os bosques dos sistemas em IPF-22 e IPF-28 apresentaram melhor distribuição térmica, com valores de temperatura infravermelha inferiores ao NS. Houve interação das variáveis de microclima e índices de conforto nas 24 horas do dia ($P<0,05$). A sombra projetada dos sistemas em integração proporcionou menores valores de carga térmica radiante, temperatura de globo negro, índice de temperatura de globo negro e umidade, e índice de carga de calor durante a tarde ($P<0,05$). Os sistemas IPF-28 e NS apresentaram melhor velocidade do vento ($P<0,05$), com menor acúmulo de calor no IPF-28, com correlação negativa de escala moderada. Houve interação do comportamento ingestivo nas horas ($P<0,05$). O pastejo nos sistemas em NS e em IPF-22, foi realizado com menor intensidade durante a noite ($P<0,05$), e maior frequência e menor intensidade de pastejo, ruminação e ócio no sistema IPF-28 durante o dia e a noite ($P<0,05$). O deslocamento dos novilhos nos sistemas em IPF-22 e IPF-28 foi maior ($P<0,05$), com exploração da área visivelmente melhor no sistema em IPF-28. Contudo, a sombra proporcionou melhor microclima, com reflexo em maior homogeneidade na distribuição, orientação nos comportamentos dos bovinos no sistema em IPF-28. Também, as tecnologias de termografia por infravermelho, bioacústica e gerenciamento de posicionamento global foram ferramentas metodológicas eficientes em descrever a distribuição térmica do microclima, a frequência e intensidade dos comportamentos de pastejo, ruminação e ócio em períodos diurnos e noturnos, e exploração espacial dos bovinos a pasto.

Palavras-chave: Bem-estar; Bioacústica; Estresse por calor; Exploração espacial; GPS; Pastejo.

Abstract

The integrated Crop – Livestock – Forest systems are efficient in protecting the soil, promoting greater biodiversity to the system, and the arboreal component in reducing the incidence of direct solar radiation on production animals. Therefore, the aim of the study was: I - to evaluate the effect of different shade offers on the thermal distribution, ingestive and exploratory behavior of Nellore cattler, in the summer of the Cerrado biome. II – Apply automation techniques (infrared thermography, bioacoustics and global positioning management - GPS) in the prediction of microclimate, ingestive behavior and spatial exploration of grazing cattle. The trial was carried out in the summer of 2020, in the experimental area of the Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA beef of cattle), located in the city of Campo Grande, Mato Grosso of Sul, Brazil. Twenty-four male Nellore cattler were randomly distributed in a randomized complete block design, in subdivided plots, with different shade offers: Two systems in Livestock – Forest integration, with different tree densities (ILF-22: 113 trees.ha-1; ILF -28: 89 trees.ha-1), and an unshaded pastoral system (NS). The total area of 18 ha was divided into 12 paddocks, with four replications per treatment. The tree component used was eucalyptus (Eucalyptus grandis x E. urophylla, clone H 13), distributed in simple rows spaced 22 and 28 meters between rows and 4 meters between trees. Microclimate, exploratory ingestive behavior were collected. Data were submitted to UNIVARIATE procedures to verify the normality of the data, to Pearson correlation and GLM for analysis of variance, with means compared by Tukey test at 5% significance. The forests of the systems in ILF-22 and ILF-28 presented better thermal distribution, with infrared temperature values lower than NS. There was an interaction of microclimate variables and comfort indices 24 hours a day ($P<0.05$). The projected shadow of the systems in integration provided lower values of radiant thermal load, black globe temperature, black globe temperature index and humidity and heat load index during the afternoon ($P<0.05$). The ILF-28 and NS systems showed better wind speed ($P<0.05$), with less heat accumulation in the ILF-28, with moderate scale negative correlation. There was an interaction of ingestive behavior in the hours ($P<0.05$). Grazing in the NS and ILF-22 systems was carried out with lower intensity during the night ($P<0.05$), and greater frequency and lower intensity of grazing, rumination and idleness in the ILF-28 system during the day and the night ($P<0.05$). The displacement of steers in the systems in ILF-22 and ILF-28 was higher ($P<0.05$), with exploration of the area visibly better in the system in ILF-28. However, the shade provided a better microclimate, with greater homogeneity in the orientation distribution in the behavior of cattler in the ILF-28 system. Also, infrared thermography, bioacoustics and global positioning management technologies were efficient methodological tools in describing the thermal distribution of the microclimate, the frequency and intensity of grazing, rumination and idle behavior in day and night periods, and spatial exploration of cattle to pasture.

Keywords: Biacoustics; GPS; Grazing; Heat stress; Space exploration; Welfare.

Figuras

- Figura 01: Aplicação da técnica acústica no registro e avaliação dos comportamentos de pastejo, ruminação e ócio de bovinos Nelore a pasto.....24

- Figura 02: Diferentes ondas sonoras características da atividade de ruminação no percurso do tempo de bovinos a pasto.....25

- Figura 03: Frequencímetro cardíaco e gerenciamento de posicionamento global aplicado em bovinos Nelore a pasto.....26

- Figura 04: Médias mensais climáticas durante o ano de 2020, em Campo Grande, Mato Grosso do sul, Brasil (IMNET).....43

- Figura 05: Área experimental e representação espacial do componente arbóreo, nas diferentes densidades dos sistemas IPF, e sistema não sombreado (NS).....44

- Figura 06: Pontos de leitura espacial da temperatura em imagens termográficas dos sistemas com sombreamento (IPF-22 e IPF-28), ao sol, na sombra e de sistema (IA, IB e IC, respectivamente), e em sistema com pastagem não sombreada (NS).....46

- Figura 07: Distribuição espaço temporal da temperatura por infravermelho em sistemas com diferentes ofertas de sombra (IPF-22 e IPF-28) e em sistema com pastagem não sombreada (NS), durante o verão do bioma Cerrado.....51

- Figura 08: Distribuição espaço temporal da temperatura por infravermelho ao sol e na sombra em sistemas com diferentes ofertas de sombra (IPF-22 e IPF-28), durante o verão do bioma Cerrado.....52

- Figura 09: Valores médios do Índice de Carga de Calor (HLI) em sistemas com diferentes ofertas de sombra (IPF-28 e IPF-22) e em sistema de pastagem não sombreada (NS), durante o verão no bioma Cerrado.....54

- Figura 10: Valores médios de velocidade do vento nos sistemas com diferentes ofertas de sombra (IPF-22 e IPF-28) e em sistema com pastagem não sombreada (NS), durante o período diurno, no verão do bioma Cerrado.....55

- Figura 11: Manifestação dos comportamentos de pastejo, ruminação e ócio de bovinos Nelore nos períodos noturno e diurno em sistemas com diferentes ofertas de sombra (IPF-22 e IPF-28) e em pastagem não sombreada (NS), no verão do bioma Cerrado.....56

- Figura 12: Comportamento ingestivo de bovinos Nelore em sistema com pastagem não sombreada (NS) no verão do bioma Cerrado.....57

- Figura 13: Comportamento ingestivo de bovinos Nelore em sistema silvipastoril, com fileiras espaçadas em 22 metros (IPF-22), no verão do bioma Cerrado.....57

- Figura 14: Comportamento ingestivo de bovinos Nelore em sistema silvipastoril, com fileiras espaçadas em 28 metros (IPF-28), no verão do bioma Cerrado.....58

- Figura 15: Deslocamento espacial por GPS de bovinos Nelore em sistemas com diferentes ofertas de sombra (IPF-22 e IPF-28) e em sistema com pastagem não sombreada (NS), no verão do bioma Cerrado.....59

Tabelas

- Tabela 01: Valores médios registrados em intervalos temporais do dia das variáveis climáticas (Tgn e UR) e índices de conforto térmico animal (ITGU) em sistemas com diferentes ofertas de sobra na estação verão no bioma Cerrado.....53

- Tabela 02: Deslocamento espacial de bovinos Nelore submetidos a diferentes ofertas de sobra na estação verão no bioma Cerrado.....58

Sumário

1 - INTRODUÇÃO 11
2 - OBJETIVO 13
2.1 - Geral 13
2.2 - Especifico 13
3 - CAPITULO I: REVISÃO DE LITERATURA 14
3.1 - Ambiência e conforto térmico 14
3.2 - Comportamento ingestivo dos bovinos a pasto 15
3.3 - Sombreamento natural 17
3.3.1 - Efeito da sombra sobre a estrutura e qualidade da forragem 19
3.3.2 - Efeito da sombra sobre o comportamento dos bovinos 21
3.4 – Ferramentas metodológicas aplicadas em ambientes pastoris 22
3.4.1 – Microclima 22
3.4.2 – Comportamento animal 23
4 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 27
5 - CAPITULO II: EFEITO DE DIFERENTES OFERTAS DE SOMBRA NA DISTRIBUIÇÃO TÉRMICA, COMPORTAMENTO INGESTIVO E EXPLORATÓRIO DE BOVINOS NELORE A PASTO 40
5.1 - Resumo 40
5.2 - Abstract 41
5.3 - Introdução 42
5.4 - Materiais e Métodos 43
5.4.1 - Localização 43
5.4.2 - Área experimental 44
5.4.3 - Manejo animal 45
5.4.4 – Avaliação termográfica e microclimática 46
5.4.5 - Índices de conforto térmico 47
5.4.6 - Comportamento ingestivo e exploração espacial 48
5.4.7 - Design experimental e análises estatística 48
5.5 - Resultados 50
5.5.1 - Microclima 50
5.5.2 - Comportamento ingestivo 55
5.5.3 - Comportamento exploratório 58
5.6 - Discussão 59
5.6.1 – Microclima 59
5.6.2 - Comportamento ingestivo e exploratório 61

5.7 - Conclusão..... 63
5.8 - Agradecimento 63
5.9 - Referências Bibliográficas..... 65

1 - INTRODUÇÃO

As recorrentes mudanças nos processos produtivos e a intensificação da modernização do setor rural nas últimas décadas, tornaram-se necessidades amplamente exigidas pelo mercado, em função das escolhas e padrões de consumo definidos pela sociedade. Esta, além de se preocupar com a manutenção e preservação dos recursos ambientais, passou a exigir maior atenção aos processos de produção à qualidade do alimento, principalmente após episódios negativos decorrentes do consumo de produtos de origem animal (ALVES et al., 2020). Neste sentido, na produção de bovinos de corte a pasto, vem sendo adotadas práticas de manejo que visem a preservação e otimização da terra, em substituição à produção em áreas degradadas, pastagens nativas com longos ciclos de produção e desrespeito ao meio ambiente (DIAS-FILHO et al., 2014).

Sistemas economicamente viáveis, ecologicamente corretos e socialmente aceitos, são o direcionamento da criação de bovinos de corte (ALVES et al., 2015). Neste sentido, sistemas em integração, em suas diferentes modalidades, são internacionalmente reconhecidos por permitir a manutenção da biodiversidade, reestabelecimento da estrutura e vida do solo, recuperação de pastagens degradadas e equilíbrio do ecossistema (ASSIS et al., 2015). Além de permitir o atendimento de metas estabelecidas aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), propostos pela Organização das Nações Unidas, sua adesão como sistema potencial sustentável tem aumentado tanto pela aplicação de outras fontes financeiras diretas (madeira e agricultura), quanto pela possibilidade em oferecer serviços ambientais que atendam propostas de emissão de baixo carbono.

Entendido como condição de desafio atual do bem-estar nos sistemas de criação de bovinos a pasto, o estresse térmico por calor, além de imprimir respostas fisiológicas e metabólicas aos animais, altera o comportamento, podendo esse ser mais expressivo quanto maior for o desconforto em que é submetido (BROWN-BRAND, 2018; HERBUT et al., 2019). Assim, sistemas que integram o componente arbóreo são capazes de minimizar os efeitos estressantes das elevadas temperaturas e incidência de radiação solar direta sobre os animais, melhorando o microclima e reduzindo as demandas biológicas dos bovinos no controle da homeostase (BALISCEI et al., 2013; DE ABREU et al., 2015; KARVATTE JR. et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2019; ALVES E KARVATTE Jr., 2019; KARVATTE JR. et al., 2020).

Uma das respostas de bovinos a desafios microclimáticos é a alteração comportamental. De certa forma, os conhecimentos sobre o comportamento dos bovinos a pasto são apresentados em diversos estudos, porém restritos a períodos diurnos, e com metodologia que requer a presença constante do pesquisador no local de produção, apresenta limitações na obtenção de resultados acurados e podem interferir no comportamento natural dos animais no ambiente de pastejo (VOLPI et al., 2018). Para evitar viés nessas avaliações, tem-se utilizado sistemas eletrônicos acoplados aos animais, que são pouco invasivas, e tem representado um método importante no registro continuo de dados durante longos períodos de tempo, incluindo períodos noturnos possibilitando alcançar conhecimentos amplos acerca do comportamento natural dos animais no ambiente de produção, auxiliando em tomadas de decisões que promovam melhor bem-estar dos bovinos a pasto.

2 - OBJETIVO

2.1 - Geral

Avaliar o efeito de diferentes ofertas de sombra na distribuição térmica, comportamento ingestivo e exploratório de bovinos Nelore a pasto, no verão do bioma Cerrado, aplicando-se tecnologias de precisão (Termografia por infravermelho, bioacústica e gerenciamento de posicionamento global - GPS) como ferramentas metodológicas nos estudos sobre o microclima, e comportamento ingestivo e exploratório de bovinos a pasto.

2.2 - Especifico

- Avaliar o efeito da sombra sobre a distribuição térmica em sistemas de produção a pasto.

- Avaliar o efeito da sombra sobre o conforto térmico de bovinos Nelore a pasto.

- Avaliar o efeito da sombra sobre o comportamento ingestivo de bovinos Nelore a pasto.

- Avaliar o efeito da sombra o deslocamento e exploração espacial de bovinos Nelore a pasto.

- Aplicar a termografia por infravermelho como ferramenta metodológica na predição do microclima.

- Aplicar a técnica de bioacústica como ferramenta metodológica na predição do comportamento ingestivo de bovinos Nelore a pasto, em períodos diurnos e noturnos.

- Aplicar a técnica de GPS como ferramenta metodológica na predição do deslocamento e exploração espacial de bovinos Nelore a pasto.

3 - CAPITULO I: REVISÃO DE LITERATURA

3.1 - Ambiência e conforto térmico

A ambiência, entendida em seu conceito, é a relação bidimensional entre todos os parâmetros climáticos e estruturais do meio, em diferentes escalas, e que resulta em um ambiente mais ou menos agradável. Assim, a ambiência animal é o espaço físico e social no qual o animal está inserido (ALVES, PORFÍRIO-DA-SILVA e KARVATTE JR., 2019). De importância para todas as espécies, o estudo da ambiência é fundamental para a produção a pasto, onde os animais estão constantemente expostos aos efeitos combinados entre clima, disponibilidade de recursos e interação social, os quais influenciam diretamente na qualidade de vida, e no desempenho produtivo (DAHI, TAO E MONTEIRO, 2016). Em regiões tropicais, altas temperaturas associadas a intensa radiação solar direta são condições que geram diferentes graus de desconforto ao animal durante o ano (NAVARINI et al., 2009), por exceder sua faixa de termotolerância (-1ºC e 21ºC *Bos taurus taurus*; 10ºC a 32ºC *Bos taurus indicus*; e, 5ºC e 31ºC raças mestiças), que podem conduzir os animais a nível de estresse e acarretar perdas econômicas (CATELLAN E VALE, 2013).

Em ambiente desfavorável, estas podem ser ocasionadas tanto por situações de estresse pelo frio quanto pelo calor, sendo este último mais difícil de ser tolerado pelos animais (MEDEIROS E VIEIRA, 1997). Nestas condições, modulações fisiológicas, metabólicas e comportamentais são necessárias para permitir maior dissipação de calor endógeno, em resposta ao aumento da temperatura corporal. Uma vez que, a atividade metabólica resulta em produção de calor, animais de maior produção são mais suscetíveis à elevadas temperaturas quando comparados à animais menos produtivos (MADHUSOODAN et al., 2020). Tal condição foi observada por Souza et al. (2010) ao comparar vacas de 1ª e 2ª lactação com vacas de 3ª e 4ª lactação, submetidas à estresse térmico por calor. Devido ao desenvolvimento completo da glândula mamária e crescimento corporal, vacas de 3º e 4° ciclo de lactação (estágio de maior produção na vida) reduziram mais intensamente a produção de leite, e aumentaram a população de células somáticas, apresentando-se mais suscetíveis ao quadro patológico de mastite. Resultados similares foram obtidos por Garner et al. (2017), enfatizando que bovinos de alta produção, quando submetidos a ambiente crítico de estresse térmico (ITGU – Índice de Temperatura de Globo e Umidade > 84), reduzem em até 48% o consumo de matéria

seca, e em 53% a produção de leite comparado às condições de conforto térmico (ITGU entre 55 e 61).

Além dos efeitos associados à produtividade, bovinos das diferentes espécies, *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus*, apresentam características que descrevem suas capacidades adaptativas às condições de clima tropical. Características de raças zebuínas: o pelame de cor clara, pelos curtos, grossos, medulados e bem assentados sobre a epiderme altamente pigmentada, que protege contra a radiação solar direta; glândulas sudoríparas do tipo saculiformes e em maior número, e glândulas sebáceas com maior capacidade secretória, que evita o ressecamento excessivo da camada superficial da pele e representa vantagem na reflexão da radiação solar e na capacidade de repelir insetos e alongamento de barbela, umbigo e prepúcio, que possibilita maior dissipação de calor por convecção, fazem desse grupamento genético mais resistente às adversidades climáticas nas regiões tropicas (SILVA, 1999). Todavia, os bovinos taurinos, com pelame denso e pele despigmentada, têm reduzido fluxo de calor por condução e convecção, além de absorver mais radiação, tornando-os dependentes das perdas latentes, aumentando a pressão nos vasos sanguíneos e alterando as frequências cardíaca e respiratória em resposta a hipertermia (FINCH et al., 1984; DALCIN et al., 2016).

Em ambiente termicamente estressante, o comportamento dos animais também é alterado, conduzindo-os a buscar por condições que possam reduzir os efeitos do agente estressor. Mudanças no tempo dedicado às principais atividades dos bovinos a pasto, durante os períodos mais quentes do dia, como prolongados períodos em mesma atividade, aumento na ingestão de água, e períodos longos em decúbito lateral podem ser sinais de estresse térmico, importantes na compreensão e tomada de decisão para modular o ambiente e a máxima exploração do sistema (HODGSON, 1990; TITTO et al., 2011; LOPES et al., 2016). Também, determinar o grau de intensidade do pastejo e seguir condicionantes de crescimento vegetal e comportamento de consumo pelos animais, sendo o seu desempenho afetado por variáveis morfológicas e oferta de forragem (CARVALHO E BATELO, 2011), tanto em intensificar a apreensão da forragem pelo animal.

3.2 - Comportamento ingestivo dos bovinos a pasto

O comportamento ingestivo, além de qualificar o ambiente, é indicador confiável do estado fisiológico e metabólico dos bovinos. Pastejo, ruminação e ócio, são atividades diárias de bovinos a pasto, que se alternam no decorrer do tempo (HODGSON, 1990; SAHU et al., 2020):

- Pastejo: envolve o mecanismo de seleção, apreensão e colheita da massa forrageira, sendo a apreensão e a colheita caracterizadas como bocado.

- Ruminação: movimentos mandibulares repetidos e sincronizados, que manipulam o bolo alimentar na boca, com o propósito de macerar e reduzir o tamanho das partículas do alimento ingerido.

- Ócio: período que o animal permanece em repouso, sem exercer função alguma (inatividade).

Além de outras atividades, definidas como demais comportamentos realizados, tais como período dedicado a ingestão de água, interação social, mineralização, exploração espacial, entre outros, descritas como atividades eventuais. Conforme Kilgour et al. (2012) a partir da observação de seis rebanhos de novilhos de corte a pasto, os animais passam aproximadamente 95% do tempo engajados nos principais comportamentos de pastejo, ruminação e ócio, sendo os demais comportamentos considerados esporádicos e fundamentais na manutenção da vida do animal.

Bovinos normalmente dividem seu tempo em períodos alternados entre pastejo, ruminação e ócio, dedicando um terço do tempo para cada uma destas atividades. Existem de 3 a 5 períodos de pastejo durante o dia, o maior e mais intenso sendo realizado ao amanhecer e próximo ao entardecer, sendo que, a maior parte da atividade de pastejo ocorre durante o dia, embora sejam comuns períodos curtos de pastejo noturno (SILVA, 2006). Bovinos têm por preferência locais de pastejo (sítios de pastejo) com elevada massa de forragem e altura do pasto, situação que potencializa a profundidade do bocado, a menos que essa característica seja resposta à alguma dificuldade encontrada pela forrageira, sendo determinante no número de sítios alimentares explorados por unidade de tempo (GRIFFITHS et al., 2003; PALHANO et al., 2005).

O tempo diário de pastejo é raramente inferior a 6 e superior a 12 horas (CARVALHO et al., 1999). Por se tratar de uma variável inversamente relacionada ao consumo, quanto maior a abundância de forragem (oferta de forragem), menor o tempo total de pastejo, e maior o

número de refeições curtas realizadas de forma intercalada com intervalos longos entre refeições, sendo essa condição alterada conforme o ambiente em que o animal é submetido (HUDGSON, 1990). Portanto, a profundidades de pastejo limitada para bovinos pode resultar em restrições severas no consumo de forragem por resultar em massas de bocado reduzidas, diminuindo o ganho médio diário e desempenho animal.

Após a colheita da massa forrageira, o mecanismo de mastigação interliga o comportamento de pastejo com a ruminação. A mastigação ocorre em dois diferentes momentos, sendo a mastigação inicial lenta e confere ao alimento tamanho suficiente para a deglutição. A segunda, após a regurgitação do bolo alimentar, expõe as partículas para maior ação da microbiota ruminal, digestão e absorção dos nutrientes. O número e tempo de duração dos ciclos de ruminação dependem da estrutura e volume de alimento ingerido, sendo afetado pelo teor de fibra do alimento e a intensidade de bocados, com até 7 horas do comportamento diário dedicado ao processo de ruminação (BERCHIELLI, PIREZ E OLIVEIRA, 2006).

Entendimento similar foi descrita por Van Soest (1994), detalhando que alimentos concentrados reduzem o tempo de ruminação, enquanto alimentos volumosos aumentam esse tempo, sendo o tamanho da partícula e o teor de fibras fatores que apresentam relação positiva com ruminação. Todavia, dietas que reduzem o tempo de ruminação dos bovinos afastam o ambiente ruminal do equilíbrio, sendo classificado como “falta de saúde” por selecionar a população microbiana e ocasionarem desordens no trato gastrointestinal (SILVA CABRAL, 2016; CUSTODIO et al., 2017).

3.3 - Sombreamento natural

A presença de árvores em pastagens pode desempenhar papel importante no fluxo de calor sensível e latente, que devido ao aproveitamento parcial da radiação solar incidente nos bosques, é capaz de controlar a umidade relativa e a temperatura do ar no local sombreado, e fornecer opção de abrigo para os animais nos momentos mais quentes do dia (ALVES E KARVATTE Jr., 2019). Os benefícios da presença de sombra natural em sistemas a pasto foram comprovados em trabalhos (DE ABREU et al., 2015; PEZZOPANE et al., 2015; KARVATTE et al.; 2016; OLIVEIRA et al., 2017; KARVATTE et al. 2020, 2021), onde observaram melhorias no conforto térmico, comparado a condição de pleno sol.

Apesar de todo corpo acima de zero grau absoluto emitir radiação, a luz perceptível pela visão humana encontra-se no comprimento de onda entre 380 e 750 nanômetros do espectro luminoso (SILVA, NASCIMENTO JR. E EUCLIDES, 2008), e o bloqueio parcial ou total desse espectro, devido a existência de barreira física, natural ou artificial, da origem ao que conhecemos por sombra. Portanto, a sombra projetada pelo componente arbóreo é resultante do bloqueio, e reflexão parcial da radiação solar direta pelas copas das árvores.

Embora eficiente em promover o arrefecimento do ambiente, as variadas formas e estruturas da sombra apresentam capacidades diferentes em promover o conforto desejado, onde a limitação por espaço, fatores intrínsecos das diferentes espécies arbóreas (tamanho, forma, massa folear e outros) e a distribuição espacial das árvores, podem provocar mudanças no comportamento animal, competição por porção de sombra, e comportamentos agonistas (SCHÜRTS et al., 2010; AMÉNDOLA et al., 2016). Nas elevadas temperaturas do verão, a necessidade em buscar abrigo para proteção contra a incidência de radiação solar direta, fez com que bovinos *Bos taurus taurus* a pasto disputassem mais a sombra disponível, permanecendo até 50% do tempo nesse local, reduzindo o tempo dedicado ao consumo de alimento e apresentando-se mais ofegantes (SCHUTZ et al., 2014; MOONS et al., 2015).

De fato, a densidade do componente florestal além de fornecer abrigo suficiente para melhor conforto animal, deve também possibilitar melhor fluxo e renovação do ar, tornando o ambiente mais agradável. Componente florestal com altura superior a 4 metros e renques com arranjos mais espaçados possibilitam maior ventilação nos bosques, reduz a temperatura e melhoram a umidade relativa do ar (SOARES et al., 2009; KARVATTE Jr. et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2017; EDWARDS-CALLAWAY et al., 2021). A quantidade ideal de sombra por animal ainda não é totalmente estabelecida, no entanto, Silva e Maia (2012) consideram valores variando de 1,8 m² a 9,6 m², sendo valores próximo ao mínimo, insuficiente para bovinos deitados, e valores superior a 5,6 m² condição que evita aglomeração e comportamentos agonistas.

A atenuação da radiação pelo dossel florestal também melhora a precipitação da água, importantes em regular o fluxo de calor de forma sensível e latente nos períodos diurnos (KARVATTE JR., 2018), melhorando os índices de conforto térmico animal (DE ABREU et al., 2015). Portanto, a estrutura e formato das copas e espessura e largura das folhas, são fatores determinantes da qualidade da sombra (LEUZIGER et al., 2010). Segundo Karvatte Jr. et al. (2016), o formato redondo das copas das arvores nativas, Cambará e Cumbaru, reduziu em 20% a temperatura de globo negro na sombra em relação a temperatura em pleno sol, sendo o formato

elipsoidal (eucalipto), com ramos espaçados das copas, a redução foi de 11% da temperatura na sombra. A maior interceptação da radiação solar de árvores com copas mais densas e foleadas foi também apontado por Konarska et al. (2014), porém esse fator pode limitar o desenvolvimento da pastagem devido à baixa radiação fotossintéticamente ativa incidente sobre a planta forrageira.

A energia luminosa incidente sobre a biomassa da pastagem é captada e transformada em energia química (fotossíntese). No processo de assimilação do Carbono (C) ocorrem processos fotoquímicos controlados pela luz, onde parte desse C é utilizado pela planta na produção de energia para seu crescimento e manutenção (massa de forragem). O restante é armazenado na forma de carboidratos não estruturais os quais são também fonte de energia para os animais em pastejo. Assim, o crescimento vegetal por ser dependente da radiação incidente, e o componente arbóreo ter maior permanência no sistema, e apresentar grande influência sobre a produtividade das demais culturas integradas (forrageira e animal), esse deve ser escolhido com muito cuidado, levando em conta o objetivo do sistema (CARVALHO et al., 1999).

3.3.1 - Efeito da sombra sobre a estrutura e qualidade da forragem

Na escolha da espécie forrageira para sistemas silvipastoris, a tolerância ao sombreamento é fator fundamental para o sucesso do sistema (SOARES et al., 2009). Nestas condições, a menor incidência de radiação solar, e modificação de fotoassimilados favorece o maior crescimento da parte aérea, com folhas mais finas e menor número de células do mesófilo, estrutura responsável pelos processos de fotossíntese (GÓMEZ et al., 2013). A fase de estabelecimento é descrita de maior suscetibilidade das forrageiras ao sombreamento, sendo as gramíneas da espécie *Brachiaria brizantha* (Marandu, Xaraés e Piatã), mais resistentes a níveis de sombreamento de 30 a 50%, onde a introdução da forrageira até o primeiro ano de estabelecimento do componente arbóreo é descrito procedimento mais eficiente (ALMEIDA et al., 2019). As forrageiras da família leguminosas tendem a apresentar baixa persistência em áreas sombreadas.

Apesar das mudanças morfofisiológicas ocasionadas pelo ambiente sombreado, o componente arbóreo pode representar vantagens a forrageira nos sistemas integrados, ao possibilitar maior acúmulo de água e matéria orgânica no solo, o incremento de nitrogênio pela

forragem favorece à obtenção de melhores valores nutritivos, com maior teor de proteína bruta e melhor digestibilidade da matéria seca (OLIVEIRA et al., 2014; GAMARRA et al., 2017; ALMEIDA et al., 2019).

Ao avaliar a produção de forragem e o desempenho de bovinos Nelore em monocultivo, e diferentes sistemas de integração (Pecuária, Lavoura – Pecuária, Lavoura – Pecuária – Floresta com renques espaçados em 30 metros), o maior acúmulo de forragem foi observado nos sistemas com período anterior de lavoura, com acréscimo de 34%, comparado aos sistemas Pecuária e Pecuária – Floresta, devido os ganhos alcançados pelo maior número de culturas integradas. Com ganho médio diário ($g.dia^{-1}$) e ganho por área ($kg.há^{-1}$) superiores em 21 e 7% comparado ao sistema Lavoura – Pecuária, e em 38 e 24% comparado a média dos sistemas Pecuária e Pecuária – Floresta, o sistema agrossilvipastoril foi mais eficiente em desempenho animal, enfatizando assim os benefícios devido a maior proteção do solo (MAGALHÃES et al., 2019).

Condizente com os resultados apresentados acima, em sistema silvipastoril, o sombreamento projetado pelo componente arbóreo sobre o capim Piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã), reduziu em 39% a disponibilidade de matéria seca na sombra durante o outono e aumentou a lâmina foliar no inverno, comparado ao pleno sol. Todavia, o ganho médio diário das novilhas Nelore em sistema silvipastoris foram semelhantes aos valores encontrados no sistema com árvores nativas dispersas, em todas as estações do ano, o que permite inferir maior benefício do sombreamento sob a qualidade da forragem, e no conforto animal (OLIVEIRA et al., 2014).

No entanto, em situações de sombreamento excessivo, pode haver redução da massa da forragem e impactar diretamente o desempenho animal (BERNARDINO et al., 2011). De fato, sistemas silvipastoris com renques espaçados em 12 e 22 metros, apresentaram diferentes valores nutritivos e estruturais para o capim Piatã (SANTOS et al., 2018). O sistema com maior densidade de árvores apresentou redução na massa de forragem disponível, refletindo em menor ganho de peso vivo pelos animais. Cerca de 60 a 90% das variações em desempenho animal são explicadas pelas variações associadas ao consumo, reflexo das características e disponibilidade de forragem (SILVA, NASCIMENTO JR. E EUCLIDES, 2008).

3.3.2 - Efeito da sombra sobre o comportamento dos bovinos

Em sistemas que integram agricultura, pecuária e floresta, acredita-se que ocorra um sinergismo entre as partes envolvidas, com benefício amplo sobre o bem-estar dos animais de fazenda. Por serem animais de convivência em grupos, com hierarquia definida, as interações sociais e comportamentais são fontes importantes de informação sobre o estado de bem-estar em que os animais se encontram. Observado o comportamento social dos bovinos a pasto, em sistema silvipastoril e de monocultivo, Améndola et al. (2016) descrevem a redução em 62% na frequência de comportamentos agonísticos (luta, agressão, fulga, etc.) entre os indivíduos no sistema silvipastoril, também menor distância dos bovinos em relação ao centro do grupo e maior permanência da hierarquia de dominância (estável e não aleatória), demonstrando que o sistema silvipastoril possibilitou comportamentos mais socio-positivos.

De fato, espera-se padrões comportamentais dos bovinos quando esses são mantidos em ambiente de melhor conforto térmico. Mudanças no tempo diário dedicado aos comportamentos de pastejo, ruminação e ócio, como também deslocamento e ingestão de água foram atribuídos a falta de conforto térmico (LOPES et al., 2016). Vacas mestiças expostas ao pleno sol apresentaram maior tempo caminhando e períodos mais longos de pastejo, em comparação a animais com acesso a sombra. Para Vizzotto et al. (2015), estes resultados representam a eficiência do animal em trocar calor com o ambiente e a possibilidade de maior uso e exploração do espaço devido a condições térmicas mais favoráveis.

A importância da sombra como abrigo para os bovinos a pasto foi descrita por Polsky e Von Keycerlingk (2017) demonstrando os reflexos da incapacidade de vacas leiteiras encontrarem sombra nos períodos mais quentes do dia. Embora seja outra categoria animal, os reflexos nas mudanças comportamentais, rearranjos fisiológicos e metabólicos e perdas em produtividade podem ser apontados em bovinos de corte, apesar de não ser possível mensurar de forma imediata os reflexos em produtividade, a redução na ingestão de matéria seca foi observada até 5 dias após o evento de estresse térmico por calor (CURTIS et al., 2017).

Em condição de estresse por calor, a redução no consumo de alimento é atribuída à supressão do apetite pela Leptina, que ativa o eixo hipotalâmico e causa a sensação de saciedade, sendo esse efeito iniciado em temperatura ambiente próxima a 30°C para bovinos (SILANIKIVE, 2000). De acordo com Ferreira et al. (2015), a distribuição de fezes e a observação de sítios de pastejo podem ser variáveis analisadas nos estudos de comportamentos

de bovinos a pasto, tornando os resultados mais consistentes, e refletem o uso do espaço. Portanto, conhecer os ciclos diários do comportamento ingestivo, como também o tempo desprendido para cada comportamento é fonte importante para especificar as necessidades, bem como promover a melhor condição de bem-estar aos animais na produção.

3.4 – Ferramentas metodológicas aplicadas em ambientes pastoris

O uso da automação é de grande importância para a pesquisa agropecuária, visto ser capazes de solucionar as deficiências na precisão de dados e processos menos invasivos aos animais (ALVES et al., 2017, 2020; VOLPI et al., 2018).

3.4.1 – Microclima

Para a caracterização do ambiente térmico, constituintes de estações meteorológicas são empregados, a partir de registros das variáveis climáticas no tempo. As variáveis temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido, umidade relativa, velocidade do vento, radiação solar e temperatura de globo negro são amplamente utilizadas na caracterização do ambiente. De posse dessas variáveis, em suas combinações possíveis, índices de conforto térmico foram propostos para caracterização de um ambiente qualquer e assim descrever a sensação térmica animal.

O Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), foi cientificamente reconhecido como mais preciso índice para avaliar e determinar o conforto térmico de ambientes para a produção animal (BUFFINGTON et al., 1981). Utilizando valores de temperatura de globo negro e umidade, o ITGU combina os efeitos de radiação solar incidente, fator de grande influência sobre os animais durante o dia. Da mesma forma, Esmay (1971) propôs a partir da temperatura radiante média (TRM) caracterizar a radiação total recebida por um corpo (carga térmica radiante (CTR), em que, quanto menores forem os valores, melhor situação de conforto térmico o ambiente oferece.

De acordo com Gaughan et al. (2008), os bovinos podem acumular calor durante o dia em decorrência ao aumento da temperatura corporal, sendo essa dissipada durante a noite. Uma vez que o calor excedente não for dissipado o suficiente, o animal inicia o dia com uma carga

de calor acumulado do dia anterior. Nesse sentido os autores propuseram o Índice de Carga Térmica que imprime os efeitos entre a carga térmica incidente sobre o bovino e o fluxo e renovação do ar, por meio de dissipação sensível, via convecção.

Também, a aplicação de termovisores de infravermelho vêm sendo utilizados desde 1960 como ferramenta de mensuração da temperatura da superfície do solo e foliar, investigando as relações existentes entre o fluxo de energia no estresse hídrico das plantas e a disponibilidade de água no solo (KARVATTE, 2018), podendo ser aplicado no ambiente em que os animais são submetidos. Embora as imagens térmicas não meçam diretamente a condutância estomática, independente do ambiente avaliado, o comportamento estomático é influenciado predominantemente pelas mudanças de temperatura no dossel, interferindo no microclima circundante (JONES et al., 2009).

A técnica consiste de que todo corpo formado por matéria emite quantidades variadas de radiação térmica devido a colusão de átomos que, quanto mais intensas, maior será a capacidade do corpo emitir radiação. Portanto, a termografia por infravermelho é ferramenta que possibilita a mensuração da temperatura radiante de qualquer corpo, tornando potencial nos estudos para caracterização microclimática e sobre conforto térmico e bem-estar dos animais (ALVES, KARVATTE JR. E OLIVEIRA, 2020). Dentre os benefícios na obtenção dos dados, essas ferramentas apresentam potencial no registro continuo de informações, aplicação também em períodos noturnos de avaliação e a atuação em ambientes complexos de produção. Assim, permite a compreensão de microeventos, aqui aplicados nos estudos sobre microclima e comportamento de bovinos em pastejo.

3.4.2 – Comportamento animal

Empregada ao componente animal, a bioacústica tem sido proposta como ferramenta não invasiva que permite inferir o comportamento ingestivo dos bovinos em pastejo, de forma continua durante longo período de tempo (SILVA et al., 2016; ALVES et al., 2017), substituindo de forma acurada o método de observação visual (VOLPI et al., 2018) e que permite o registro de dados também em períodos noturnos.

O método acústico, já utilizado na bovinocultura de leite para observação da vocalização e interação entre bezerro e vaca e na avicultura, no momento da postura em aves poedeiras

(SILVA, 2014), quando aplicado no comportamento ingestivo de bovinos de corte permite distinguir movimentos mandibulares característicos das atividades de pastejo, ruminação e ócio (Figura 01). A partir da captura dos sons mandibulares propagados através dos ossos do crânio, esses são captados por microfones e armazenados em um gravador acoplado ao animal. Os áudios gravados são lidos com auxílio de um software, onde as atividades de pastejo, ruminação e ócio podem ser identificados e diferenciados por amplitudes de onda específicas (ALVES et al., 2017).

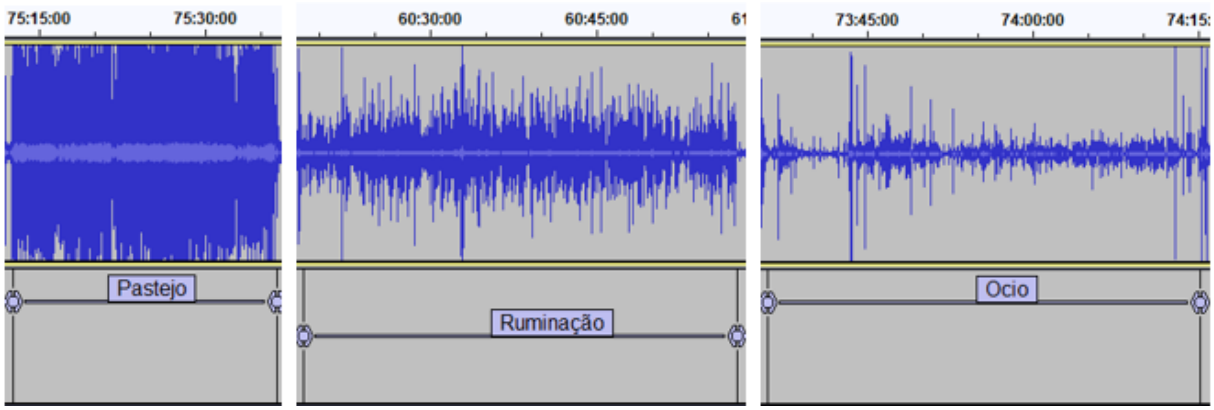

Figura 01: Aplicação da técnica acústica no registro e avaliação dos comportamentos de pastejo, ruminação e ócio de bovinos Nelore a pasto

Sua aplicação também dispõe de informações não detectáveis por outros métodos, pois permite entender ao certo os mecanismos utilizados pelos bovinos na intensificação da atividade de ruminação, em períodos alternados aplicados em um mesmo bolo alimentar (Figura 02), podendo ser informações fundamentais nas discussões sobre capacidade de ingestão e qualidade do alimento ingerido. Por ser um método baseado no estudo do som, por intermédio de ondas nas diferentes amplitudes e frequências, as ondas nas diferentes amplitudes representam tanto atividades distintas, quanto a aplicação de forças diferentes, em momentos diferentes da maceração do alimento, e quando essas se repetem simultaneamente representa um mesmo evento no tempo.

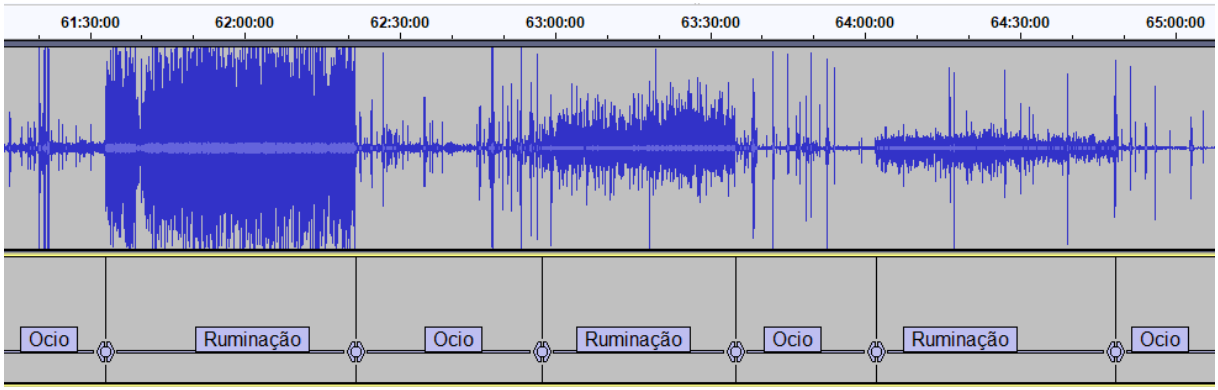

Figura 02: Diferentes ondas sonoras características da atividade de ruminação no percurso do tempo de novilhos a pasto.

Contribuindo com os estudos de comportamento de bovinos em pastejo, o registro de deslocamento é uma importante variável na relação animal-ambiente, onde as condições de microclima e da forrageira oferecida podem influenciar na exploração espacial dos animais. Segundo Cagnacci et al. (2010), a utilização de monitores com tecnologia de rastreamento por GPS (sistema de posicionamento global) fornece inferências robustas para fenômenos multifatoriais complexos.

Os estudos sobre rastreamento de animais evoluíram na área da ecologia, onde contribuiu enormemente com conhecimentos sobre animais silvestres e vida marinha, possível com tecnologia de rádio frequência (CROFOOT et al., 2008). Com potencial aplicação na produção de animais domésticos, os frequencímetros cardíacos modernos, além de permitir registros de variáveis fisiológicas em bovinos (MOHR et al., 2002; KOVÁCS et al., 2015; OISHI et al., 2018), possibilita o registro do percurso realizado no tempo, em GPS (JANZEKOVIC et al., 2010; PATIL et al., 2015) (Figura 03).

Produzidos para uso em humanos, os monitores são dispositivos constituídos por uma unidade intermediaria monitor relógio de pulso, transmissor (Bluetooth) e sensor eletrodo, capazes de captar, transferir e armazenar dados de percurso e batimento cardíaco de forma continua, automatizada e não invasiva, tornando sua aplicação adaptada, frequencímetro útil indicador de doenças e bem-estar animal. Todavia, a aplicação dessa tecnologia no comportamento exploratório de bovinos predominantemente a pasto ainda não foi explorada.

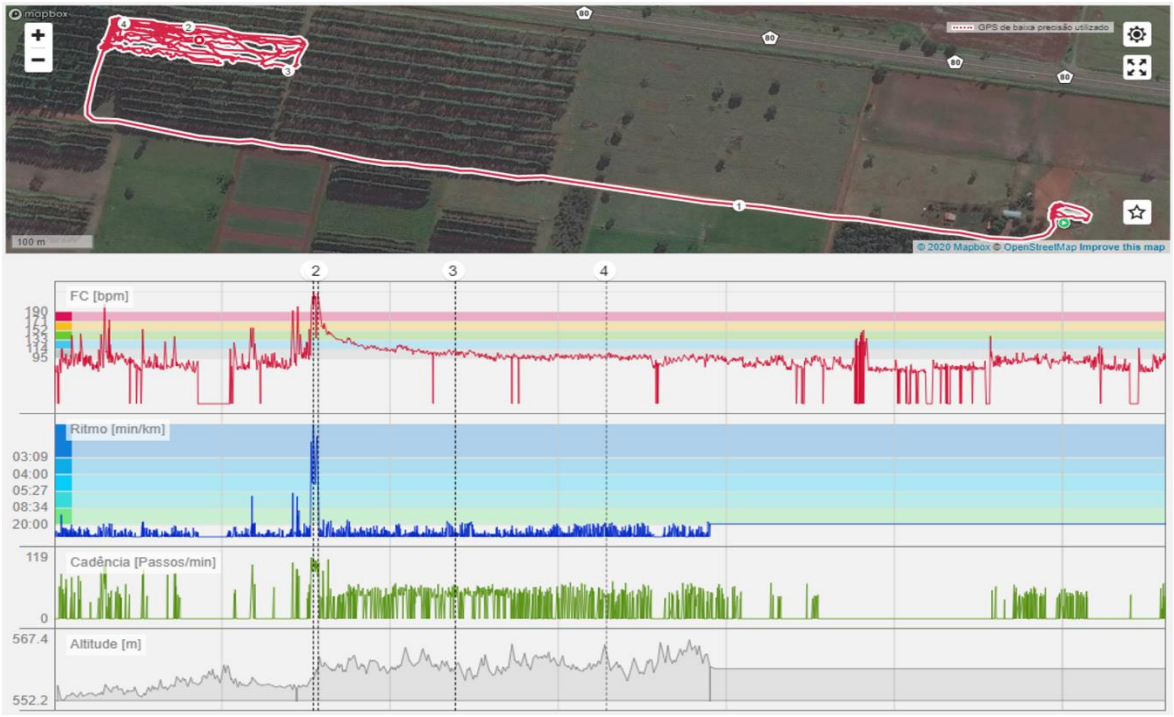

Figura 03:Frequencímetro cardíaco e gerenciamento de posicionamento global aplicado em bovinos Nelore a pasto.

Contudo, o emprego da automação na produção pecuária, além de facilitar a busca de dados, de forma acurada, pode contribuir fortemente sobre os conhecimentos na relação entre estresse térmico e comportamento animal em sistemas de produção, com o propósito do conhecimento e alcançar melhorias em bem-estar dos animais a pasto.

4 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, R. G.; BARBOSA, R. A.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N. **Forrageiras em sistemas de produção de bovinos em integração**. Embrapa Gado de Corte-Capítulo em livro científico (ALICE). 2019. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1112935/1/Forrageirasemsistemadeproducao.pdf>. Acesso em: 14 abril de 2021.

2. ALVES, F. V.; DA-SILVA V. P.; KARVATTE JR. N. **Bem-estar animal e ambiência na ILPF**. Embrapa Gado de Corte-Capítulo em livro científico (ALICE). 2019. Disponível em: <https://alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1112892/1/BemestaranimaleambiencianaILPF>. Acesso em:02 de abril de 2021.

3. ALVES, F. V.; KARVATTE JR., N. **Benefícios da sombra em sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta nos trópicos**. Embrapa Gado de Corte-Capítulo em livro científico (ALICE). 2019. Disponível em: <https://alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1112924/1/Beneficiosdasombraemsistemas>. Acesso em: 10 de abril de 2021.

4. ALVES, F. V.; KARVATTE JR., N.; OLIVEIRA, C. C. **Aplicações da termografia por infravermelho (TIV) na bovinocultura de corte**. Embrapa Gado de Corte-Documentos (INFOTECA-E). 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1123362/1/DOC-276-Final-em-Alta.pdf>. Acesso em: 12 de abril de 2021.

5. ALVES, F. V.; LAURA, V. A.; ALMEIDA, R. G. **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável.** Embrapa Gado de Corte-Livro técnico (INFOTECA-E). 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/120048/1/Sistemas-Agroflorestais>. Acesso em: 12 de abril de 2021.

6. ALVES, F.; VOLPI, D.; ARGUELHO, A. D. S.; ZOPOLLATTO, M. (2017). **Bioacústica como ferramenta de avaliação do comportamento ingestivo de bovinos a pasto.** Embrapa Gado de Corte-Documentos (INFOTECA-E). 2017. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1087178>. Acesso em: 05 de abril de 2021.

7. AMÉNDOLA, L.; SOLORIO, F. J.; KU-VERA, J. C.; AMÉNDOLA-MASSIOTTI, R. D.; ZARZA, H.; GALINDO, F. **Social behaviour of cattle in tropical silvopastoral and monoculture systems**. Animal, 10(5), 863-867. 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1017/S1751731115002475

8. ASSIS, P. C.; STONE, L. F.; MEDEIROS, J. C.; MADARI, B. E.; OLIVEIRA, J. D. M.; WRUCK, F. J. **Physical attributes of soil in integrated crop-livestock-forest systems**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 19(4), 309-316. 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p309-316

9. BALISCEI, M. A.; BARBOSA, O. R.; SOUZA, W. D.; COSTA, M. A. T.; KRUTZMANN, A.; QUEIROZ, E. D. O. **Microclimate without shade and silvopastoral system during summer and winter**. Acta Scientiarum. Animal Sciences, 35(1), 49-56. 2013. Disponível em: https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v35i1.15155

10. BERCHIELLI, T. T.; PIREZ, A. V.; OLIVEIRA, S. G. D. **Nutrição de ruminantes** (No. 636.2085). FUNEP. Cap. 01. 2006.

11. BERNARDINO, F. S.; TONUCCI, R. G.; GARCIA, R.; NEVES, J. C. L.; ROCHA, G. C. **Forage yield and performance of beef steers in a silvopastoral system: effects of forage offers and nitrogen fertilization**. Revista Brasileira de Zootecnia, 40(7), 1412-1419. 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000700003

12. BROWN-BRANDL, T. M. **Understanding heat stress in beef cattle**. Revista Brasileira de Zootecnia, 47. 2018. Disponível em:

https://doi.org/10.1590/rbz4720160414

13. BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J. **Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows**. Transactions of the ASAE, 24(3), 711-0714. 1981. Disponível em: https://doi.org/10.13031/2013.34325

14. CAGNACCI, F.; BOITANI, L.; POWELL, R. A.; BOYCE, M. S. **Animal ecology meets GPS-based radiotelemetry: a perfect storm of opportunities and challenges.** Biological Sciences. 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0107

15. CARVALHO, P. C. F.; BATELLO, C. **Access to land, livestock production and ecosystem conservation in the Brazilian Campos biome: the natural grasslands dilemma**. Livestock Science, 120(1-2), 158-162. 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.04.012

16. CATTELAM, J.; VALE, M. M. **Thermal stress in cattle**. Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias, 108(587/588), 96-102. 2013. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55292952/Estresse_termico_em_bovinos>. Acesso em: 10 de maio de 2021.

17. CROFOOT, M.C.; GILBY, I.C.; WIKELSKI, M.C.; KAYS, R.W. **Interaction location outweighs the competitive advantage of numerical superiority in Cebus capucinus intergroup contests**. Proceedings of the National Academy of Sciences, 105(2), pp.577-581. 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1073/pnas.0707749105

18. CURTIS, A. K.; SCHARF, B.; EICHEN, P. A.; SPIERS, D. E. **Relationships between ambient conditions, thermal status, and feed intake of cattle during summer heat stress with access to shade.** Journal of thermal biology, 63, 104-111. 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2016.11.015

19. CUSTODIO, S. A. S.; DA SILVA, D. A. L.; DIAS, K. M.; TOMAZ, M. P. P.; GOULART, R. D. O.; DE CARVALHO, E. R. **Performance of beef cattle fed different forages and housed in individual or collective pens**. PUBVET, 11(7), 727-736. 2017. Disponível em: https://doi.org/10.22256/pubvet.v11n7.727-736

20. DAHL, G. E., TAO, S.; MONTEIRO, A. P. A. **Effects of late-gestation heat stress on immunity and performance of calves**. Journal of Dairy Science, 99(4), 3193-3198. 2016. Disponível em: https://doi.org/10.3168/jds.2015-9990

21. DALCIN, V. C.; FISCHER, V.; DALTRO, D. D. S.; ALFONZO, E. P. M.; STUMPF, M. T.; KOLLING, G. J.; MCMANUS, C. **Physiological parameters for thermal stress in dairy cattle.** Revista Brasileira de Zootecnia, 45(8), 458-465. 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1806-92902016000800006

22. DE ABREU-HARBICH, L. V.; LABAKI, L. C.; MATZARAKIS, A. **Effect of tree planting design and tree species on human thermal comfort in the tropics**. Landscape and Urban Planning, 138, 99-109. 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.008

23. DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E). 2014. Disponível em: <https://infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/986147/1/DOC402>. Acesso em: 10 de maio de 2021.

24. EDWARDS-CALLAWAY, L. N.; CRAMER, M. C.; CADARET, C. N.; BIGLER, E. J.; ENGLE, T. E.; WAGNER, J. J.; CLARK, D. L. **Impacts of shade on cattle well-being in the beef supply chain.** Journal of Animal Science, 99(2), skaa375. 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1093/jas/skaa375

25. ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. Livestock housing. 1978.

26. FERREIRA, U. M.; FORTES, M. Z.; DIAS, B. H.; MACIEL, R. S. **Thermography as a tool in electric panels maintenance**. IEEE Latin America Transactions, 13(9), 3005-3009. 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1109/TLA.2015.7350052

27. FINCH, V. A.; BENNETT, I. L.; HOLMES, C. R. **Coat colour in cattle: effect on thermal balance, behaviour and growth, and relationship with coat type.** The Journal of Agricultural Science, 102(1), 141-147. 1984. Disponível em: https://doi.org/10.1017/S0021859600041575

28. GAMARRA, É. L.; DA GRAÇA MORAIS, M.; ALMEIDA, R. G.; PALUDETTO, N. A.; PEREIRA, M.; DE OLIVEIRA, C. C. **Beef cattle production in established integrated systems**. Semina: Ciências Agrárias, 38(5), 3241-3251. 2017. Disponível em: http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n5p3241

29. GARNER, J. B.; DOUGLAS, M.; WILLIAMS, S. R. O.; WALES, W. J.; MARETT, L. C.; DIGIACOMO, K.; HAYES, B. J. **Responses of dairy cows to short-term heat stress in controlled-climate chambers**. Animal Production Science, 57(7), 1233-1241. 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1071/AN16472

30. GAUGHAN, J. B.; MADER, T. L.; HOLT, S. M.; LISLE, A. **A new heat load index for feedlot cattle.** Journal of Animal Science, 86(1), 226-234. 2008. Disponível em: https://doi.org/10.2527/jas.2007-0305

31. GÓMEZ, S.; GUENNI, O.; BRAVO DE GUENNI, L. **Growth, leaf photosynthesis and canopy light use efficiency under differing irradiance and soil N supplies in the forage grass B rachiaria decumbens Stapf.** Grass and Forage Science, 68(3), 395-407. 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1111/gfs.12002

32. GRIFFITHS, W. M.; HODGSON, J.; ARNOLD, G. C. **The influence of sward canopy structure on foraging decisions by grazing cattle. I. Patch selection**. Grass and Forage Science, 58(2), 112-124. 2003. Disponível em: https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.2003.00360.x

33. HERBUT, P.; ANGRECKA, S.; GODYŃ, D.; HOFFMANN, G. (2019). **The physiological and productivity effects of heat stress in cattle–a review.** Annals of animal science, 19(3), 579-593. 2019. Disponível em: https://doi.org/10.2478/aoas-2019-0011

34. HODGSON, J. **Grazing management. Science into practice.** Longman Group UK Ltd. 1990. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19910746306>. Acesso em: 20 de abril de 2021.

35. JANZEKOVIC, M.; VINDIS, P.; STAJNKO, D.; BRUS, M.; FUERSTNER, I. **Polar sport tester for cattle heart rate measurements**. Advanced knowledge application in practice, pp.157-172. 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Maksimiljan-Brus/publication/221909565>. Acesso em: 10 de abril de 2021.

36. JONES, H. G.; SERRAJ, R.; LOVEYS, B. R.; XIONG, L.; WHEATON, A.; PRICE, A. H. **Thermal infrared imaging of crop canopies for the remote diagnosis and quantification of plant responses to water stress in the field**. Functional Plant Biology, 36(11), 978-989. 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1071/FP09123

37. KARVATTE JR., N.; KLOSOWSKI, E. S.; ALMEIDA, R. G.; MESQUITA, E. E.; OLIVEIRA, C. C.; ALVES, F. V. **Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest**. International journal of biometeorology, 60(12), 1933-1941. 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00484-016-1180-5

38. KARVATTE JR., N.; MIYAGI, E. S.; OLIVEIRA, C. C. de; BARRETO, C. D.; MASTELARO, A. P.; BUNGENSTAB, D. J.; ALVES, F. V. **Infrared thermography for microclimate assessment in agroforestry systems**. Science of The Total Environment, 731, 139252. 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139252

39. KARVATTE JR., N.; MIYAGI, E. S.; OLIVEIRA, C. C. de; MASTELARO, A. P.; COELHO, F. A.; BAYMA, G.; ALVES, F. V. **Spatiotemporal variations on infrared temperature as a thermal comfort indicator for cattle under agroforestry systems**. Journal of Thermal Biology, 97, 102871. 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102871

40. KILGOUR, R. J.; UETAKE, K.; ISHIWATA, T.; MELVILLE, G. J. **The behaviour of beef cattle at pasture**. Applied Animal Behaviour Science, 138(1-2), 12-17. 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.12.001

41. KONARSKA, J.; LINDBERG, F.; LARSSON, A.; THORSSON, S.; HOLMER, B. **Transmissivity of solar radiation through crowns of single urban trees: application for outdoor thermal comfort modelling.** Theoretical and applied climatology, 117(3), 363-376. 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00704-013-1000-3

42. KOVÁCS, L.; KÉZÉR, F.L.; JURKOVICH, V.; KULCSÁR-HUSZENICZA, M.; TŐZSÉR, J. **Heart rate variability as an indicator of chronic stress caused by lameness in dairy cows.** PloS one, 10(8), p.e0134792. 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134792

43. LEUZINGER, S.; VOGT, R.; KÖRNER, C. T**ree surface temperature in an urban environment.** Agricultural and Forest Meteorology, 150(1), 56-62. 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.08.006

44. LOPES, L. B.; ECKSTEIN, C.; PINA, D. S.; CARNEVALLI, R. A. **The influence of trees on the thermal environment and behaviour of grazing heifers in Brazilian Midwest.** Tropical animal health and production, 48(4), 755-761. 5–761. 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/s11250-016-1021-x

45. MADHUSOODAN, A. P.; SEJIAN, V.; RASHAMOL, V. P.; SAVITHA, S. T.; BAGATH, M.; KRISHNAN, G.; BHATTA, R. **Resilient capacity of cattle to environmental challenges–An updated review.** Journal of Animal Behaviour and Biometeorology, 7(3), 104-118. 2020. Disponível em: http://dx.doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v7n3p104-118

46. MAGALHÃES, C. A. S.; PEDREIRA, B. C.; TONINI, H.; NETO, A. F. **Crop, livestock and forestry performance assessment under different production systems in the north of Mato Grosso, Brazil.** Agroforestry Systems, 93(6), 2085-2096. 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10457-018-0311-x

47. MEDEIROS, L. F. D.; VIEIRA, D. H. **Bioclimatologia animal**. Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 126p. 1997. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57895260/Apostila-de-Bioclimatologia-Animal>. Acesso em: 15 de maio de 2021.

48. MOHR, E.; LANGBEIN, J.; NÜRNBERG, G. **Heart rate variability: a noninvasive approach to measure stress in calves and cows**. Physiology & Behavior, 75(1-2), pp.251-259. 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0031-9384(01)00651-5

49. MOONS, C. P. H.; AMPE, B.; SONCK, B.; VANDAELE, L.; DE CAMPENEERE, S.; TUYTTENS, F. A. M. **Effect of summer conditions and shade on behavioural indicators of thermal discomfort in Holstein dairy and Belgian Blue beef cattle on pasture**. animal, 9(9), 1536-1546. 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1017/S1751731115000804

50. NAVARINI, F. C.; KLOSOWSKI, E. S.; CAMPOS, A. T.; TEIXEIRA, R. D. A.; ALMEIDA, C. P. **Thermal comfort of Nelore bovine in pasture under several lighting conditions**. Engenharia Agrícola, 29(4), 508-517. 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0100-69162009000400001

51. ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis. **Agenda do Desenvolvimento 2030.** 2017. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/15801Brazil_Portuguese>. Acesso em: 20 de abril de 2021.

52. OISHI, K.; HIMENO, Y.; MIWA, M.; ANZAI, H.; KITAJIMA, K.; YASUNAKA, Y.; KUMAGAI, H.; IEIRI, S.; HIROOKA, H. **Correcting the activity-specific component of heart rate variability using dynamic body acceleration under free-moving conditions**. Frontiers in physiology, 9, p.1063. 2018. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01063

53. OLIVEIRA, C. C. de; ALVES, F. V.; DE ALMEIDA, R. G.; GAMARRA, É. L.; VILLELA, S. D. J.; DE ALMEIDA MARTINS, P. G. M. **Thermal comfort indices assessed in integrated production systems in the Brazilian savannah**. Agroforestry systems, 92(6), 1659-1672. 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10457-017-0114-5

54. OLIVEIRA, C. C. de; ALVES, F. V.; MARTINS, P. G. M. D. A.; KARVATTE JR., N.; ALVES, G. F.; ALMEIDA, R. G. D.; COSTA E SILVA, E. V. D. **Vaginal temperature as indicative of thermoregulatory response in Nellore heifers under different microclimatic conditions**. PloS one, 14(10), e0223190. 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223190

55. OLIVEIRA, C. C. de; VILLELA, S. D. J.; ALMEIDA, R. G. de; ALVES, F. V.; BEHLING-NETO, A.; DE ALMEIDA MARTINS, P. G. M. **Performance of Nellore heifers, forage mass, and structural and nutritional characteristics of Brachiaria**

brizantha grass in integrated production systems. Tropical Animal Health and Production, 46(1), 167-172. 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11250-013-0469-1

56. PACIULLO, D. S. C.; DE CASTRO, C. R. T.; DE MIRANDA GOMIDE, C. A.; MAURÍCIO, R. M.; PIRES, M. D. F. Á.; MÜLLER, M. D.; XAVIER, D. F. **Performance of dairy heifers in a silvopastoral system**. Livestock Science, 141(2-3), 166-172. 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.05.012

57. PALHANO, A. L.; CARVALHO, P. C. D. F.; DITTRICH, J. R.; MORAES, A. D.; BARRETO, M. Z.; SANTOS, M. C. F. D. **Sward structure and defoliation patterns in mombaçagrass according to different canopy heights**. Revista Brasileira de Zootecnia, 34(6), 1860-1870. 2005. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000600009

58. PATIL, A.; PAWAR, C.; PATIL, N.; TAMBE, R. **Smart health monitoring system for animals.** ICGCloT, International Conference on Green Computing and Internet of Things (pp. 1560-1564). IEEE. 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1109/ICGCIoT.2015.7380715

59. PEZZOPANE, J. R. M.; BOSI, C.; NICODEMO, M. L. F.; SANTOS, P. M.; CRUZ, P. G. D.; PARMEJIANI, R. S. **Microclimate and soil moisture in a silvopastoral system in southeastern Brazil**. Bragantia, 74 (1), 110-119. 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1678-4499.0334

60. POLSKY, L.; VON KEYSERLINGK, M. A. **Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare**. Journal of dairy science, 100(11), 8645-8657. 2017. Disponível em: https://doi.org/10.3168/jds.2017-12651

61. SAHU, B. K.; PARGANIHA, A.; PATI, A. K. **Behavior and Foraging Ecology of Cattle: A Review**. Journal of Veterinary Behavior. 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jveb.2020.08.004

62. SANTOS, D. C.; JÚNIOR, R. G.; VILELA, L.; MACIEL, G. A.; DE SOUZA FRANÇA, A. F. **Implementation of silvopastoral systems in Brazil with Eucalyptus urograndis and Brachiaria brizantha: productivity of forage and an exploratory test of the animal response**. Agriculture, Ecosystems & Environment, 266, 174-180. 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.07.017

63. 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, 97(6), 3599-3605. 2014. Disponível em: https://doi.org/10.3168/jds.2013-7649

64. SCHÜTZ, K. E.; ROGERS, A. R.; POULOUIN, Y. A.; COX, N. R.; TUCKER, C. B. **The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle**. Journal of dairy science, 93(1), 125-133. 2010. Disponível em: https://doi.org/10.3168/jds.2009-2416

65. SILVA CABRAL, L.; LIMA, L. R.; SILVA, J. A.; TOLEDO, C. L. B. **Saúde ruminal em bovinos. Nutrição e alimentação de bovinos de corte e leite**. 2016. Disponível em: <https://www.dracena.unesp.br/Home/Eventos/isimposiodenutricaodebovinos/anais_simposio_certo-2016>. Acesso em: 10 de maio de 2021.

66. SILANIKOVE, N. **Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants.** Livestock Production Science, 67 (1-2), 1-18. 2000. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00162-7

67. SILVA, D.; SOUZA, R. D. S.; TSCHOPE, G.; DOMICIANO, L.; PEREIRA, D.; PEDREIRA, B. **Bioacústica como ferramenta de monitoramento do comportamento de bovinos em pastejo**. Simpósio de pecuária integrada, Sinop. Recuperação de pastagens: Anais. p. 212-213. 2016. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1060759>. Acesso em: 20 de maio de 2021.

68. SILVA, R. G. D. **Estimate of radiation heat balance of Holstein cows in the sun and under the shade in a tropical environment**. Revista Brasileira de Zootecnia, 28(6), 1403-1411. 1999. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1516-35981999000600031

69. SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C. **Principles of animal biometeorology (Vol. 2)**. Springer Science & Business Media. 2012.

70. DA SILVA, S. C.; DO NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V. B. P. **Pastagens: conceitos básicos, produção e manejo (Vol. 1)**. Suprema. Viçosa. 2008.

71. SOARES, A. B.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F.; VARELLA, A. C.; FONSECA, L.; MEZZALIRA, J. C. **Influence of luminosity on the behavior of eleven perennial summer forage species**. Revista Brasileira de Zootecnia, 38(3), 443-451. 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000300007

72. SOUZA, R. D.; DOS SANTOS, G. T.; VALLOTO, A. A.; DOS SANTOS, A. L.; GASPARINO, E.; DA SILVA, D. C.; DOS SANTOS, W. B. R. **Milk production and quality of Holstein cows in function of the season and calving order**. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, 11(2), 484-495. 2010. Disponível em: http://revistas.ufba.br/index.php/rbspa/article/view/1494/984

73. TITTO, C. G.; TITTO, E. A. L.; TITTO, R. M.; MOURAO, G. B. **Heat tolerance and the effects of shade on the behavior of Simmental bulls on pasture**. Animal Science Journal, 82(4), 591-600. 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2011.00872.x

74. VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell university press. 1994. Disponível em:

https://www.bibliotecaagptea.org.br/zootecnia/nutricao/livros/NUTRICAO%20DE%20RUMINANTES

75. VIZZOTTO, E. F.; FISCHER, V.; NETO, A. T.; ABREU, A. S.; STUMPF, M. T.; WERNCKE, D.; MCMANUS, C. M. **Access to shade changes behavioral and physiological attributes of dairy cows during the hot season in the subtropics**. Animal, 9(9), 1559-1566. 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1017/S1751731115000877

76. VOLPI, D.; ALVES, F.; SARAIVA, E.; VIGAS, V.; ARGUELHO, A. D. S.; ZOPOLLATTO, M.; ALMEIDA, R. G. de. **Validação da bioacústica como alternativa à avaliação visual para monitoramento do comportamento ingestivo de bovinos em pastagens**. Embrapa Gado de Corte-Documentos (INFOTECA-E). 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1102352>. Acesso em: 28 de março de 2021.

5 - CAPITULO II: EFEITO DE DIFERENTES OFERTAS DE SOMBRA NA DISTRIBUIÇÃO TÉRMICA, COMPORTAMENTO INGESTIVO E EXPLORATÓRIO DE BOVINOS NELORE A PASTO

Flávio de Aguiar Coelho[1*], Viviane Maria Oliveira dos Santos[1], Nivaldo Karvatte Junior[3], Caroline Carvalho de Oliveira[3], Darliane de Castro Santos[3], Fabiana Villa Alves[2].

[1] *Department of Animal Science, Federal University of Mato Grosso do Sul, Av. Senador Filinto Müler, 2443, Pioneiros, 79070-900, Campo Grande – MS, Brazil.*

[2] *Brazilian Agricultural Research Corporation, Embrapa Beef Cattle, Av. Rádio Maia, 830, Vila Popular, 79106-550, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brazil.*

[3] *Department of Agricultural Science, Instituto Federal Goiano, South Goiana Highway Km 01 countryside, 75901-970, Rio Verde, Goiás, Brazil*

*Corresponding author: Flávio de Aguiar Coelho (flavioaguiarcoelho@gmail.com).

5.1 - Resumo

A disponibilidade de sombra pode provocar mudanças nos comportamentos, ingestivo e exploratório dos bovinos a pasto, devido a busca por áreas que ofereçam condições de melhor bem-estar aos animais no ambiente de produção. Portanto, objetivou-se: I - avaliar o efeito de diferentes ofertas de sombra na distribuição térmica, comportamento ingestivo e exploratório de bovinos Nelore, no verão do bioma Cerrado. II – Aplicar as técnicas de gerenciamento de posicionamento global (GPS) na análise de exploração espacial dos bovinos a pasto. O ensaio foi realizado no verão de 2020, na área experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Gado de Corte), localizada na cidade de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil. Foram utilizados 24 novilhos machos Nelore distribuídos aleatoriamente em delineamento em blocos completos, em parcelas subdivididas, com diferentes ofertas de sombra: Dois sistemas silvipastoris com diferentes densidades arbóreas (IPF-22: 113 árvores.ha^{-1}; IPF-28: 89 árvores.ha^{-1}), e um sistema pastoril com ausência de área sombreada (NS). A área total de 18 ha foi dividida em 12 piquetes com quatro repetições por tratamento. O componente arbóreo utilizado foi o eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, clone H 13), distribuído em linhas simples espaçadas em 22 e 28 metros, e 4 m entre árvores. Foram coletados dados de microclima, e comportamento ingestivo e exploratório dos animais. Posteriormente, os dados foram submetidos aos procedimentos UNIVARIATE, para verificação da normalidade dos dados, e GLM, para análise de variância, com as médias comparadas pelo teste de tukey a nível de 5% de significância, utilizando o software SAS. Os

bosques dos sistemas em IPF apresentaram melhor distribuição térmica, com valores de temperatura infravermelha inferiores ao NS. Houve interação das variáveis de microclima e índices de conforto x horas (P<0,05). A sombra projetada dos sistemas em integração proporcionou menores valores de carga térmica radiante, temperatura de globo negro, índice de temperatura de globo negro e umidade, e índice de carga de calor durante a tarde (P<0,05). Os sistemas IPF-28 e NS apresentaram maior velocidade do vento (P<0,05), com menor acúmulo de calor no IPF-28, com correlação negativa de associação moderada entre as variáveis índice de carga de calor e velocidade do vento. Houve interação comportamento ingestivo x horas (P<0,05). O pastejo nos sistemas em NS e em IPF-22, foi realizado com menor intensidade durante a noite (P<0,05), e maior frequência e menor intensidade de pastejo, ruminação e ócio no sistema IPF-28 durante o dia e a noite (P<0,05). O deslocamento dos bovinos nos sistemas em IPF foi maior (P<0,05), com exploração da área visivelmente melhor no sistema em IPF-28. Contudo, a disponibilidade de sombra proporcionou melhor microclima, com reflexo em melhor distribuição e orientação nos comportamentos ingestivo e exploratório dos bovinos nos sistemas silvipastoris, com melhor condição de bem-estar animal no sistema de menor densidade arbórea. Também, o frequencímetro cardíaco aplicado a função de gerenciamento de posicionamento global foi ferramenta metodológica eficientes em descrever o comportamento exploratório dos bovinos a pasto.

Palavras-chave: Bem-estar; Conforto térmico; Exploração espacial; GPS; Pastejo.

5.2 - Abstract

The availability of shade can cause changes in the ingestive and exploratory behavior of grazing cattle, due to the search for areas that offer better welfare conditions for the animals in the production environment. Therefore, the objective was: I - to evaluate the effect of different shade offers on the thermal distribution, ingestive and exploratory behavior of Nellore cattle, in the summer of the Cerrado biome. II – Apply global positioning management (GPS) techniques in the analysis of spatial exploration of grazing cattle. The trial was carried out in the summer of 2020, in the experimental area of the Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA Beef Cattler), located in the city of Campo Grande, Mato Grosso of Sul, Brazil. Twenty-four male Nellore steers were randomly distributed in a complete block design, in subdivided plots, with different shade offers: Two silviflorestal systems with different tree densities (IPF-22: 113 trees.ha-1; IPF-28: 89 trees. ha-1), and a pastoral system with no shaded area (NS). The total area of 18 ha was divided into 12 paddocks with four replications per treatment. The tree component used was eucalyptus (Eucalyptus grandis x E. urophylla, clone H 13), distributed in simple rows spaced 22 and 28 meters apart, and 4 m between trees. Microclimate data, and ingestive and exploratory behavior of the animals were collected. Subsequently, the data were submitted to UNIVARIATE procedures, to verify the normality of the data, and GLM, for analysis of variance, with the means compared by the Tukey test at a 5% significance level, using the SAS software. The forests of the IPF systems showed better thermal distribution, with infrared temperature values lower than the NS. There was an interaction of microclimate variables and comfort x hour indices (P<0.05). The projected shadow of the systems in integration provided lower values of radiant thermal load, black globe

temperature, black globe temperature index and humidity, and heat load index during the afternoon (P<0.05). The IPF-28 and NS systems showed higher wind speed (P<0.05), with less heat accumulation in the IPF-28, with a negative correlation of moderate association between the variables heat load index and wind speed. There was interaction ingestive behavior x hours (P<0.05). Grazing in the NS and IPF-22 systems was carried out with lower intensity during the night (P<0.05), and greater frequency and lower intensity of grazing, rumination and idleness in the IPF-28 system during the day and the night (P<0.05). The displacement of cattle in the systems in IPF was greater (P<0.05), with exploration of the area visibly better in the system in IPF-28. However, the availability of shade provided a better microclimate, reflecting in better distribution and orientation in the ingestive and exploratory behavior of cattle in silviflorestal systems, with better animal welfare conditions in the system with lower tree density. Also, the heart rate meter applied to the global positioning management function was an efficient methodological tool in describing the exploratory behavior of grazing cattle.

Keywords: Biacoustics; GPS; Grazing; Space exploration; Thermal comfort; Welfare.

5.3 - Introdução

Embora não possam verbalizar seus sentimento e necessidades, a compreensão de que os animais são seres sencientes contribui para a crescente importância nos conhecimentos sobre bem-estar dos animais de fazenda. A construção conceitual para melhor bem-estar dos animais envolve múltiplos fatores, que se interagem na formação de um ambiente, onde as respostas de âmbito biológico, afetivo e comportamental do indivíduo refletem na sua capacidade de adaptação ao ambiente estressor (FRASER, 2008; POLSKY E VON KEYSERLINGK, 2017).

Na produção de bovinos à pasto, os efeitos combinados de alta temperatura, umidade relativa e radiação solar direta, podem acarretar um estado afetivo (mental) negativo do animal, reorganizando a demanda de recursos do organismo e alterando seu complexo de prioridades, com redução de desempenho produtivo e reprodutivo, catabolismo proteico e aumento de recursos para vias de mantença (SILANIKOVE, 2000; O'BRIEN et al., 2010; RENAUDEAU et al., 2012; BELHADJ SLIMEN et al., 2016; EDWARDS-CALLAWAY et al., 2021). Neste sentido, estudos sugerem que bovinos submetidos a altas temperaturas podem modificar o tempo dedicado ao pastejo e ou ruminação, permanecer maior tempo em ócio, alterar a procura e ingestão de água, e ativar respostas fisiológicas adaptativas à condição de desconforto (TITTO et al., 2011; LOPES et al., 2016; GIRO et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2019; SOUZA et al., 2019; SOUSA et al., 2021).

Sistemas arborizados, quando dimensionados corretamente, apresentam potencial em promover condições microclimáticas mais amenas, tanto devido ao bloqueio parcial da radiação solar direta e redução da carga térmica nos bosques, quanto ao controle do fluxo do ar e menor amplitude de variação da temperatura nos períodos diurnos e noturnos, que refletem em melhor sensação de conforto térmico animal (OLIVEIRA et al., 2019; KARVATTE JR. et al., 2020; VOLPI et al., 2021). De fato, influenciada pela declinação solar, arquitetura do dossel e arranjo do componente arbóreo (sentido e distância entre as fileiras das árvores), a disponibilidade da sombra projetada reduz o acumulo de calor no sistema, eficiente em prevenir o aquecimento extremo do ambiente, refletindo em menores valores dos índices de conforto térmico para bovinos a pasto (KARVATTE JR. et al., 2016; 2021).

O uso da tecnologia de gerenciamento de posicionamento global, muito explorado nas pesquisas envoltas a ecologia, apresenta grande potencial para os estudos sobre exploração espacial dos bovinos a pasto. Sua capacidade em registrar e transferir dados de deslocamento e mapas de rotas dos animais pode apresentar fonte rica de informações tanto em períodos diurnos quanto em noturnos, levando ao entendimento das alterações dos animais em ambientes estressantes termicamente.

Diante do exposto, entende-se que, os motivos que levam os bovinos a pasto procurarem por abrigo (sombra) em condições termicamente estressantes, podem ser os mesmos que influenciam seu comportamento exploratório, assim como seu desempenho. Portanto, objetivou-se avaliar o efeito da sombra na distribuição térmica, comportamento ingestivo e exploratório de bovinos Nelores a pasto, durante o verão, no bioma Cerrado. Também, aplicar as técnicas de gerenciamento de posicionamento global (GPS) na análise de exploração espacial dos bovinos a pasto.

5.4 - Materiais e Métodos

5.4.1 - Localização

O estudo foi realizado na fazenda experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA Gado de Corte, em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

Localizada na porção central do estado (54° 70’ W, 20° 41’ S e 530 metros de altitude), em bioma Savana (Cerrado brasileiro), a região apresenta distribuição regular de chuvas entre os meses de outubro e março, com precipitação média anual de 1.560 mm e temperatura média anual próxima a 24°C, com inverno seco e verão chuvoso (SANDEVILLE JR., 2004; ACCUWEATHER, 2020).

O estudo ocorreu durante a estação de verão, em correspondência aos meses de janeiro, fevereiro e março de 2020. Durante este período, médias climáticas mensais do entorno experimental demonstram elevadas temperaturas e umidade relativa do ar (Figura 04). Para este estudo, todos os procedimentos realizados foram aprovados pelo Comitê de Ética para Uso de Animais, CEUA - EMBRAPA, Gado de corte, em protocolo número 013/2014.

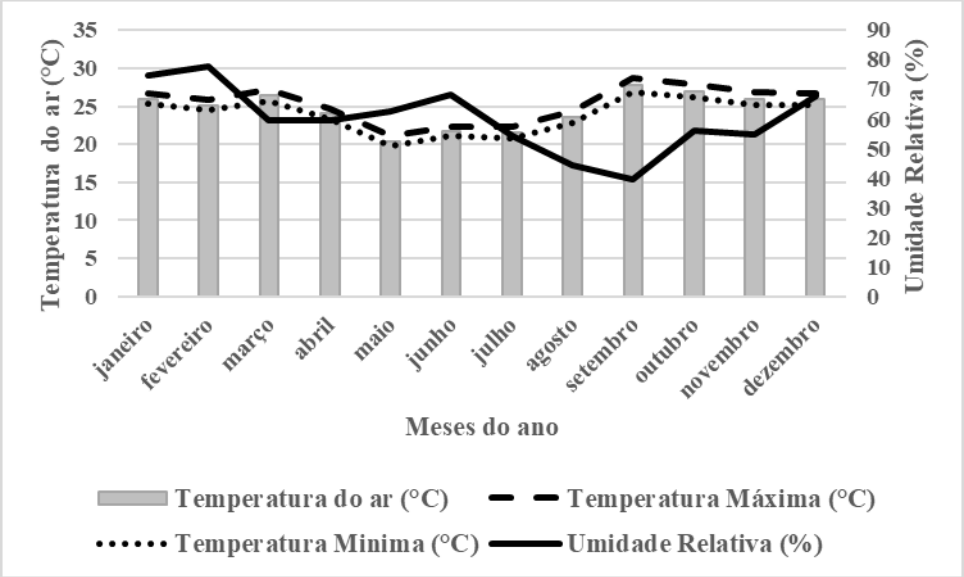

Figura 04: Médias mensais climáticas durante o ano de 2020, em Campo Grande, Mato Grosso do sul, Brasil (INMET A-702).

5.4.2 - Área experimental

A área experimental utilizada é constituída por três sistemas de produção a pasto, sendo dois sistemas em integração Pecuária - Floresta (IPF-28 e IPF-22) e um sistema em monocultivo de pastejo (NS) (Figura 05), implantados em 2008 com capim Piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã). Nos sistemas em IPF, o componente arbóreo utilizado foi o eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, clone H 13), distribuído em linhas simples com 4 m de distância entre

árvores e renques orientados no sentido Leste–Oeste (-20,41° S e -54,71° W), espaçados em 28 m no sistema IPF-28 (densidade de 89 árvores.ha^{-1}), e em 22 m no sistema IPF-22 (densidade de 113 árvores.ha^{-1}). A área total com 18 ha foi dividida em 12 piquetes, sendo quatro piquetes de 1,5 ha em cada sistema, providos de bebedouros e cochos para suplementação mineral.

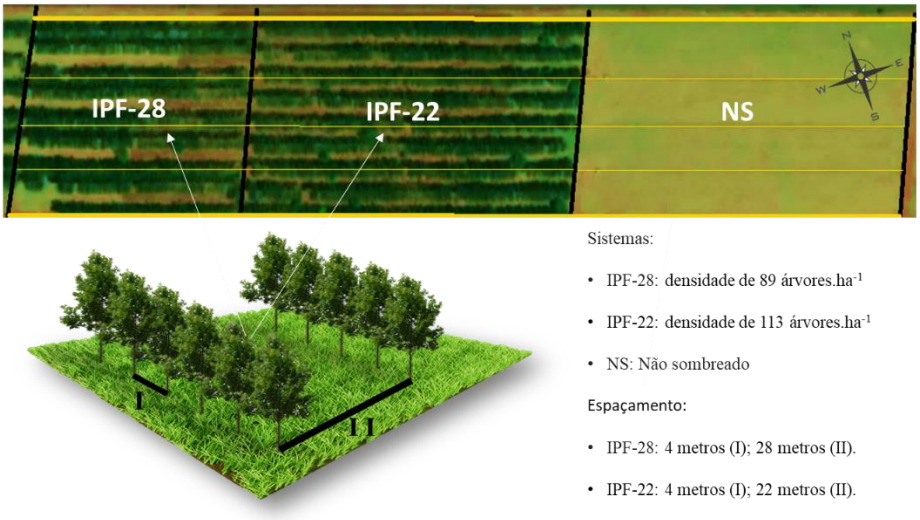

Figura 05: Área experimental e representação espacial do componente arbóreo, nas diferentes densidades dos sistemas IPF, e sistema não sombreado (NS).

5.4.3 - Manejo animal

Vinte e quatro bovinos machos, da raça Nelore (*Bos indicus*), em fase de recria, com idade e peso médio de 14 meses e 220 kg (±10,8), respectivamente, foram distribuídos aleatoriamente nos piquetes (n = 2 animais por piquete ou animais/piquete) utilizados como animais testers durante todo o período experimental. Quando necessário, animais reguladores foram incluídos para ajuste da altura de pastejo, conforme a técnica “put-and-take” (MOTT E LUCAS, 1952).

Os adotados intervalos de coleta de 28 dias entre as avaliações de microclima e comportamento. Os animais foram vacinados e vermifugados periodicamente de acordo com manejo adotado pela instituição e incidência sazonal. Foi adotado o período de 40 dias de

adaptação em pastagem não sombreada. Durante todo o período adaptação + experimental, suplemento mineral e água foram fornecidos *ad libitum*.

5.4.4 – Avaliação termográfica e microclimática

Imagens térmicas dos sistemas foram feitas com uso de câmera termográfica (TESTO, modelo 875 2i, com resolução de 360 x 240 e emissividade de 0.97), conforme metodologia descrita por Karvatte Jr. et al. (2021). As imagens consideraram a projeção da sombra, o pleno sol e o espaço entre renques, nos sistemas IPF e apenas ao sol, no sistema NS (Figura 06).

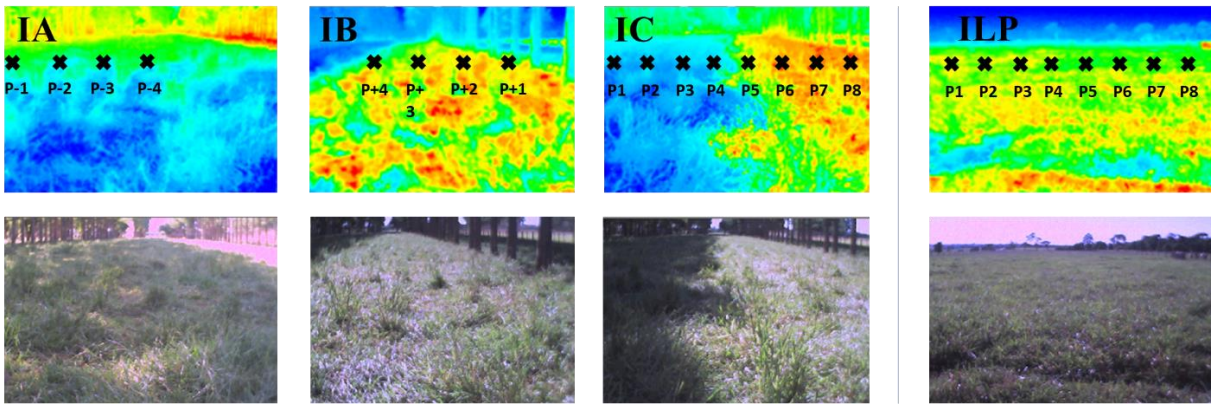

Figura 06: Pontos de leitura espacial da temperatura em imagens termográficas dos sistemas com sombreamento (IPF-22 e IPF-28), ao sol, na sombra e de sistema (IA, IB e IC, respectivamente), e em sistema com pastagem aberta (NS). *IA: Imagem termográfica da sombra; IB: Imagem termográfica no sol; IC: Imagem termográfica de sistema. *IPF-28: Sistema silvipastoril com densidade de 89 árvores.ha^{-1}; IPF-22: Sistema silvipastoril com densidade de 113 árvores.ha^{-1}; NS: Sistema com pastagem não sombreada.

Os registros foram realizados em intervalos de uma hora, das 08h às 16h, com intervalos de avaliação de 1h. Posteriormente, os termogramas foram analisados utilizando o software IRSoft® (Testo), configurado na paleta quente e frio. Para a avaliação da distribuição térmica no interior dos sistemas, oito pontos equidistantes foram delimitados em correspondência ao distanciamento entre renques de árvores. Nos sistemas IPF-28 e NS, foram considerados pontos com 4 m de distância. No sistema em IPF-22, foi adotada a distância de 3.1 m entre pontos.

Para diferenciação térmica entre local de estudo, nas imagens a pleno sol e na projeção da sombra foram considerados quatro pontos também igualmente espaçados (1.5 m), considerando as linhas de árvores como ponto central.

Concomitantemente, termo-higrômetros digitais com *Datalogger* (MINIPA®, modelo EZTEMP-10,escala de umidade 0,0 a 100,0%, resolução de 0,1% e precisão de 3%; e escala de temperatura 0,0 a 40,0 °C e 40,0 a 70 °C com precisão de 0,5 e 1,0 e resolução de 0,1 °C), foram inseridos em abrigos micrometeorológicos de PVC, para registros de temperatura do ar (TA, em °C), temperatura de ponto de orvalho (Tpo, em °C) e umidade relativa do ar (UR, em %), segundo metodologia descrita por Trumbo et al. (2012). Para temperatura de globo negro (Tgn, em °C), os termo-higrômetros foram inseridos em cápsulas pintadas de preto fosco, conforme Souza et al. (2002). A velocidade do vento (VV, em $m.s^{-1}$), foi avaliada utilizando um anemômetro digital portátil (Homis®, HMM 489 (escala de 0,4 a 30,0 ms^{-1}, precisão de 20,0 ms^{-1} e resolução de 0,1 ms^{-1}) em intervalos de avaliação de 1h, durante 3 min com os dispositivos sensores voltados para a direção do vento.

Os equipamentos foram alocados a pleno sol e na sombra projetada, fixados em linhas de Nylon, perpendicularmente as linhas das árvores à 1,5 metros de altura do solo (em correspondência ao centro metabólico de bovinos adultos), conforme descrito em Karvatte Jr. et al. (2016). Em cada mês experimental, foi avaliado, simultaneamente, dois piquetes de cada sistema por dia, durante dois dias consecutivos, em intervalos de uma hora entre avaliações (total de 96 horas).

5.4.5 - Índices de conforto térmico

A partir dos registros microclimáticos, foram calculados os principais índices de conforto térmico:

- Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), proposto por Buffington et al. (1981).

$$ITGU = Tgn + 0,36*Tpo + 41,5$$

- Carga Térmica Radiante (CTR), considerando a constante de Stefan-Boltzmann ($\sigma = 5,67x10^{-8}\ K^{-4}$), e a temperatura radiante média, em °K, sugerida por Esmay (1978):

$$TMR=100\sqrt[4]{(2,51\sqrt{Vv}(Tg-Tpo)+(Tg/100)^4)}$$

$$CTR = \sigma\ (TRM)^4$$

- Índice de Carga de Calor (HLI), proposto por Gaughan et al. (2008), calculado de acordo com o valor da Tgn.

$$Tgn < 25 = 10{,}66 + (0{,}28 * UR) + (1{,}3 * Tgn) + VV$$
$$Tgn \geq 25 = 8{,}62 + (0{,}38 * UR) + (1{,}55 * Tgn) - (0{,}5 * VV) + e^{2{,}4 - VV}$$

Considerando, Tgn; Tpo; TMR; VV; UR; e, *e* - exponencial com valor aproximado de 2.71828.

5.4.6 - Comportamento ingestivo e exploração espacial

Foi adotada a técnica de avaliação por bioacústica, utilizando gravadores (SONY/ICD, modelo PX-240) configurados para registros contínuos durante 72 horas de gravação, conectados a microfones de alta sensibilidade para a detecção de ruídos. Os equipamentos foram inseridos em cápsula de PVC (estrutura com diâmetro de uma polegada, 15 centímetros de comprimento e isolamento lateral) e fixados em cabrestos que foram colocados nos animais, conforme descrito em Volpi et al. (2018). Os áudios obtidos foram analisados por meio do software Audacity®, considerando os comportamentos de pastejo, ruminação e ócio, como principais atividades, conforme estabelecido por Petersen e Lucas (1968). Por ser eventos pontuais (KILGOUR et al., 2012), de difícil identificação e classificação nos áudios, os comportamentos de interação social, ingestão de água e mineralização, não foram quantificados na análise.

Os registros de deslocamento animal foram obtidos por meio do sistema de posicionamento global (GPS), utilizando frequencímetro cardíaco sincronizados para captura do sinal de posicionamento (FlowSync, Polar Electro Öy, modelo M-400, Finlândia), conforme metodologia descrita por Hopster e Blokhuis (1994) e inseridos também nas cápsulas de PVC presas aos cabrestos. Com auxílio do software FlowSync®, os dados coletados foram analisados.

5.4.7 - Design experimental e análises estatística

O delineamento utilizado foi em blocos completos casualizado para todas as variáveis estudadas, em esquema de parcela subdivida para as variáveis de comportamento e desempenho animal, e, subsubdivididas para microclima, com quatro repetições (piquetes). Os tratamentos das parcelas corresponderam aos sistemas (IPF-28, IPF-22 e NS) e das subparcelas a hora do dia (0h a 23h) para comportamento animal. Para o microclima, os tratamentos nas parcelas corresponderam aos sistemas (IPF-28, IPF-22 e NS), das subparcelas a hora do dia (0h a 23:59h) e subsubparcelas ao local (pleno sol e sombra). Os modelos matemáticos para microclima (a), comportamento ingestivo (b) e deslocamento (c) são:

$$\text{(a)}\quad Y_{ijkl} = \mu + B_i + S_j + e_{ij} + L_k + SL_{jk} + e_{jk} + H_l + SH_{jl} + LH_{kl} + SLH_{jkl} + e_{ijkl}$$

Em que Y_{ijkl} é a variável resposta no i-ésimo bloco, j-ésimo sistema, k-ésimo mês e l-ésima hora, μ é a constante, B_i é o efeito de bloco, S_j o efeito de sistema, e_{ij} o erro a, L_k é o efeito de local, SL_{jk} é o efeito do j-ésimo sistema no k-ésimo local, e_{ik} o erro b, H_l efeito de hora, SH_{jl} é o efeito do j-ésimo sistema na l-ésima hora, LH_{kl} é o efeito do k-ésimo local na l-ésima hora, SLH_{jkl} é o efeito do j-ésimo sistema do k-ésimo local na l-ésima hora e_{ijkl} é o erro residual.

$$\text{(b)}\quad Y_{ijk} = \mu + B_i + S_j + e_{ij} + H_k + SH_{jk} + e_{ijk}$$

Em que Y_{ijk} é a variável resposta no i-ésimo bloco do j-ésimo sistema e k-ésimo mês, μ é a constante, B_i é o efeito de bloco, S_j o efeito de sistema, e_{ij} o erro a, H_k é o efeito de hora, SH_{jk} é o efeito do j-ésimo sistema na k-ésima hora e e_{ijk} o erro residual.

$$\text{(c)}\quad Y_{ij} = \mu + B_i + S_j + e_{ij}$$

Em que Y_{ij} é a variável resposta no i-ésimo bloco do j-ésimo sistema, μ é a constante, B_i é o efeito de bloco, S_j o efeito de sistema, e_{ij} é o erro residual.

Verificada a aderência dos dados na distribuição normal pelo procedimento UNIVARIATE foi realizada a análise de variância pelo procedimento GLM do SAS e as médias comparadas pelo teste Tukey, considerando $P < 0,05$ e as interações significativas ajustadas pelo procedimento LSMEANS do software SAS (versão 9.2; SAS Inst., Inc., Cary, NC, USA).

Foi aplicada a correlação de Pearson para quantificar as correlações lineares entre as variáveis colhidas (< 0.4 fraca, ≥ 0.4 ≤ moderada e > 0.7 forte).do SAS.

Os dados de termografia foram interpolados pelo método de valores pareados utilizando o software QGIS (versão 3.10). e apresentados em mapas de distribuição térmica espaço-temporal identificados entre as fileiras de árvores e na diferenciação dos locais a pleno sol e na sombra.

5.5 - Resultados

5.5.1 - Microclima

Mapas diurnos de distribuição térmica espaço temporal apresentam temperaturas por infravermelho (TI) superiores no sistema em NS (35°C e desvio padrão nas horas de 1,07), seguido dos sistemas em IPF-28 (30,5°C e desvio padrão nas horas de 3,36) e IPF-22 (32°C e desvio padrão nas horas de 3,29) após às 11 horas, com diferença de até 5°C entre os ambientes a pleno sol e sombreado (Figura 07 e 08).

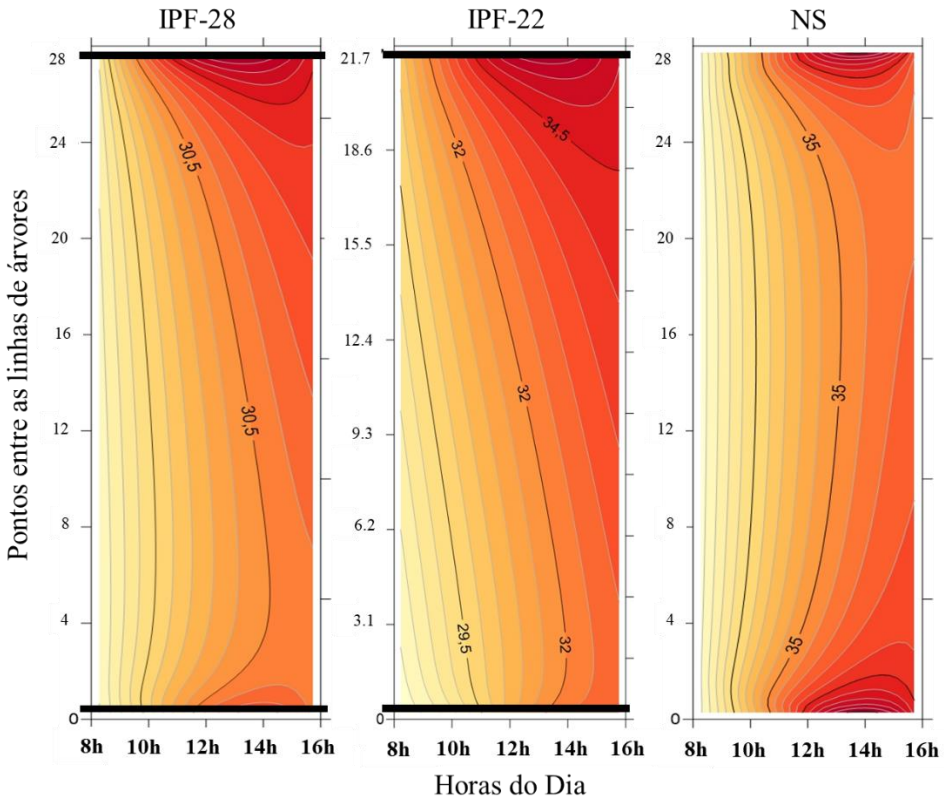

Figura 07. Distribuição espaço temporal da temperatura por infravermelho em sistemas com diferentes ofertas de sombra (IPF-22 e IPF-28) e em sistema com pastagem não sombreada (NS), durante o verão do bioma Cerrado. *IPF-28: Sistema silvipastoril com densidade de 89 árvores.ha^{-1}; IPF-22: Sistema silvipastoril com densidade de 113 árvores.ha^{-1}; NS: Sistema com pastagem não sombreada.**Linhas em negrito nas extremidades representam as fileiras simples de árvores.

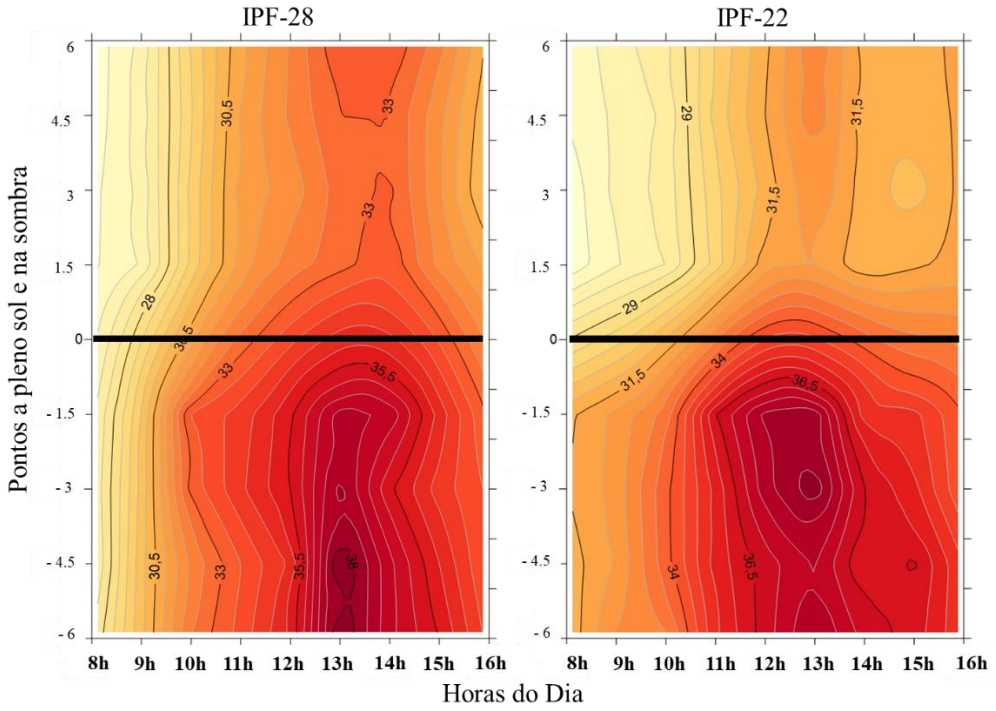

Figura 08: Distribuição espaço temporal da temperatura por infravermelho ao sol e na sombra em sistemas com diferentes ofertas de sombra (IPF-22 e IPF-28), durante o verão do bioma Cerrado. *IPF-28: Sistema silvipastoril com densidade de 89 árvores.ha^{-1}; IPF-22: Sistema silvipastoril com densidade de 113 árvores.ha^{-1}.** Setas ao centro representam as fileiras simples de árvores.

Interações significativas entre sistema e hora (P<0,0001) foi encontrado para temperatura de globo negro, umidade relativa, carga térmica radiante, e índice de temperatura de globo e umidade (Tabela 01). As menores médias de temperatura de globo negro e índice de temperatura de globo e umidade foram obtidas durante a noite, não diferindo entre os sistemas. Todavia, durante o período diurno, devido as flutuações de tempo, as maiores médias de temperatura de globo negro e índice de temperatura de globo e umidade, foram obtidas às 11:00 e às 12:00 horas em todos os sistemas, com prevalência dos altos valores durante o período da tarde no sistema NS.

Os maiores valores de umidade relativa foram observados durante a noite e no início da manhã em todos os sistemas, e após às 15:00 horas nos sistemas IPF-28 e IPF-22, e menores médias entre às 11:00 e 12:00h em todos os sistemas. Para a variável carga térmica de radiação, os valores apresentaram-se superiores no intervalo entre às 11 e 12 horas em todos os sistemas. Entretanto, apresentou valores médios constantes no período da tarde no sistema NS, sendo superior aos sistemas IPF-22 e IPF-28 entre às 15:00 e 16:00 horas.

Tabela 01: Valores médios registrados em intervalos temporais do dia das variáveis climáticas (Tgn e UR) e índices de conforto térmico animal (ITGU) em sistemas com diferentes ofertas de sobra na estação verão no bioma Cerrado.

Sistema	Variável	Horas do dia + noite										Valor P			CV (%)	MP
		01:00	02:00	06:00	07:00	11:00	12:00	15:00	16:00	19:00	20:00	Sistema	Hora	Interação		
IPF-28	Tgn (°C)	24,00 Ad	23,45 Ade	23,31 Ad	27,42 Ac	42,18 Aa	41,05 Aa	34,35 Bb	30,53 Bbc	24,02 Ad	23,98 Ad	0,02	<0,0001	<0,0001	16,2	28,2
IPF-22		23,75 Ad	23,45 Ad	23,22 Ad	27,12 Ac	41,65 Aa	40,61 Aa	34,38 Bb	29,80 Bbc	23,60 Ad	23,45 Ad					27,9
NS		22,34 Acd	22,05 Acd	21,62 Acd	26,83 Ac	38,70 Bab	39,03 Aa	39,42 Aa	36,10 Ab	22,80 Acd	22,37 Acd					29,7
IPF-28	UR (%)	87,06 Aab	89,17 Aab	92,13 Aa	87,47 Aab	49,82 Ac	51,58 Ac	72,15 Ab	75,01 Ab	90,47 Aab	90,35 Aab	>0,05	<0,0001	<0,0001	19,7	80,3
IPF-22		82,95 Aab	85,87 Aab	87,30 Aab	78,57 Aab	45,87 Ac	49,47 Ac	76,35 Aab	78,57 Aab	91,15 Aa	91,32 Aa					80,4
NS		88,32 Aab	91,40 Aab	94,45 Aa	78,30 Ab	60,96 Ac	59,72 Ac	69,25 Abc	69,11 Abc	89,27 Aab	90,23 Aab					79,6
IPF-28	ITGU	73,82 Ade	73,27 Ade	72,96 Ae	77,22 Ade	94,97 Aa	93,77 Aa	83,67 Bbc	80,75 Bcd	73,02 Ade	73,16 Ade	<0,0001	<0,0001	<0,0001	5,5	78,8
IPF-22		73,72 Aef	73,28 Af	72,92 Af	77,93 Ae	94,57 Aa	93,26 Aab	83,72 Bcd	80,11 Bde	73,10 Af	73,13 Af					78,6
NS		71,37 Ae	70,90 Ae	69,96 Ae	77,82 Acd	90,95 Ba	91,85 Aa	91,95 Aa	87,70 Aab	71,41 Ae	71,03 Ae					79,9
IPF-28	CTR (W/m^2)	.	.	.	.	672,56 Aa	670,21 Aa	564,97 Bb	510,90 Bb	.	.	0,0118	<0,0001	<0,0001	14,3	599
IPF-22		.	.	.	.	647,36 Aa	626,08 Aa	541,22 Bb	502,91 Bb	.	.					579
NS		.	.	.	.	654,97 Aa	659,71 Aa	627,66 Aa	600,02 Aa	.	.					619

*Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a nível de 5% de significância. **Tgn – Temperatura de globo negro; UR – Umidade relativa; ITGU – Índice de temperatura de globo e umidade; CTR – Carga térmica radiante. **IPF-28: Sistema silvipastoril com densidade de 89 árvores.ha^{-1}; IPF-22: Sistema silvipastoril com densidade de 113 árvores.ha^{-1}; NS: Sistema com pastagem não sombreada.***CV – Coeficiente de variação; MP – Médio do período total.

Interação significativa entre sistema e hora também foi observada para índice de carga térmica (HLI) (Figura 09). As maiores médias de HLI, durante o dia, foram observadas às 15 horas no NS, às 11 e 12 horas no IPF-22 e às 11 horas no IPF-28. No intervalo de 15 às 16 horas, valores superiores de HLI foram observados no NS, comparado aos sistemas IPF-28 e IPF-22, com redução de 8% na carga de calor acumulada às 15 horas. No entanto, valores médios inferiores de HLI foram observados no sistema IPF-28 (99,73 ± 2,41) comparado ao IPF-22 (103,59 ± 2,91), nos horários mais quentes do dia nesses sistemas.

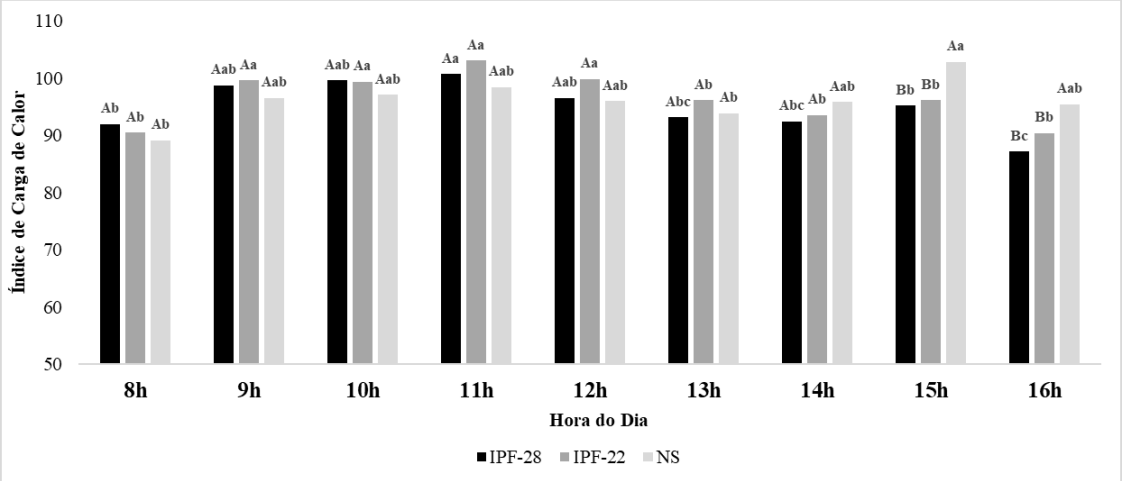

Figura 09: Valores médios do Índice de Carga de Calor (HLI) em sistemas com diferentes ofertas de sombra (IPF-28 e IPF-22) e em sistema de pastagem não sombreada (NS), durante o verão no bioma Cerrado. *Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas no eixo horizontal e maiúsculas nas barras, se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a nível de 5% de significância. **IPF-28: Sistema silvipastoril com densidade de 89 árvores.ha^{-1}; IPF-22: Sistema silvipastoril com densidade de 113 árvores.ha^{-1}; NS: Sistema com pastagem não sombreada.

Com altas flutuações durante o dia, as maiores médias de velocidade do vento foram observadas nos sistemas IPF-28 e NS no período da manhã, ao início e final da tarde (Figura 10). As variações médias diárias do índice HLI e velocidade do vento apresentaram correlação negativa (<0,0001), com valores calculados de -0,441, -0,379 e -0,412, para os sistemas IPF-28, IPF-22 e NS, respectivamente.

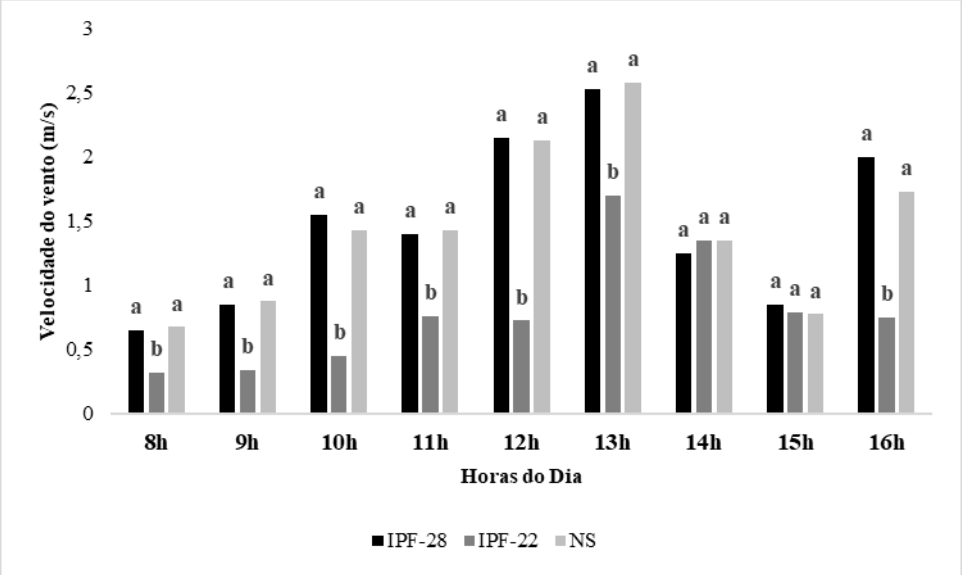

Figura 10: Valores médios de velocidade do vento nos sistemas com diferentes ofertas de sombra (IPF-22 e IPF-28) e em sistema com pastagem não sombreada (NS), durante o período diurno, no verão do bioma Cerrado. *Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas no eixo vertical, se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a nível de 5% de significância. **IPF-28: Sistema silvipastoril com densidade de 89 árvores.ha^{-1}; IPF-22: Sistema silvipastoril com densidade de 113 árvores.ha^{-1}; NS: Sistema com pastagem não sombreada.

5.5.2 - Comportamento ingestivo

Variações nos comportamentos de pastejo, ruminação e ócio foram observados entre os períodos diurno e noturno (Figura 11). Com valores percentuais médios do comportamento de pastejo no período total de 38,1%, 37,6% e 34% para os sistemas IPF-28, IPF-22 E NS, respectivamente, os maiores períodos de pastejo ocorreram durante o dia nos sistemas IPF-22 e NS (60,81 e 74,25% respectivamente), enquanto ruminação (58,88 e 65,47% respectivamente) e ócio (55,81 e 63,00% respectivamente), foram realizados preferencialmente durante a noite. Todavia, menores variações entre os comportamentos de pastejo, ruminação e ócio foram observados no sistema IPF-28 (3,51, 3,17 e 0,75%) entre os períodos diurno e noturno.

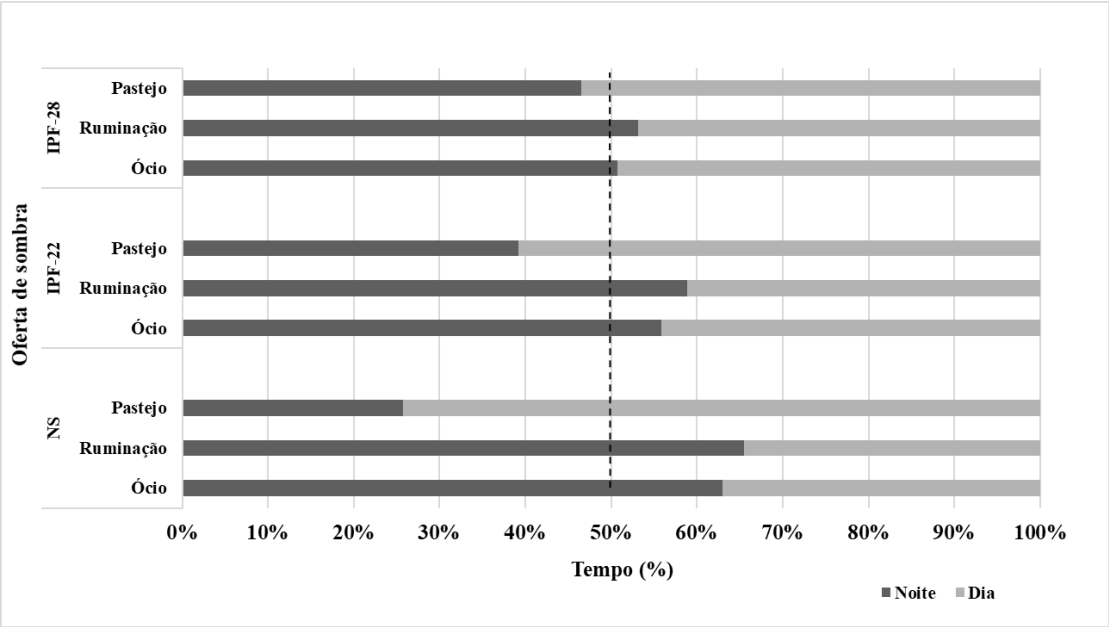

Figura 11: Manifestação dos comportamentos de pastejo, ruminação e ócio de bovinos Nelore nos períodos noturno e diurno em sistemas com diferentes ofertas de sombra (IPF-22 e IPF-28) e em pastagem não sombreada (NS), no verão do bioma Cerrado. *IPF-28: Sistema silvipastoril com densidade de 89 árvores.ha^{-1}; IPF-22: Sistema silvipastoril com densidade de 113 árvores.ha^{-1}; NS: Sistema com pastagem não sombreada.

Interação entre sistema e hora também foi observado para as variáveis comportamentais (P<0,0001). No intervalo entre 00:00 horas e 2:59 minutos, maior atividade de pastejo foi observada no sistema IPF-28 (19,68 min..h¹), sendo neste intervalo o maior tempo em ócio foi observado nos sistemas IPF-22 (29,91 min./h) e NS (24,75 min./h). As maiores intensidades de pastejo no sistema NS foram observadas ao amanhecer, e no intervalo entre 15:00 e 17:59 minutos (Figura 12), sendo também ao entardecer o maior período de pastejo no sistema IPF-22, de forma crescente no decorrer do dia (Figura 13). No sistema IPF-28, houve maior frequência de pastejo, porém em intervalos menores, durante todo o período (Figura 14).

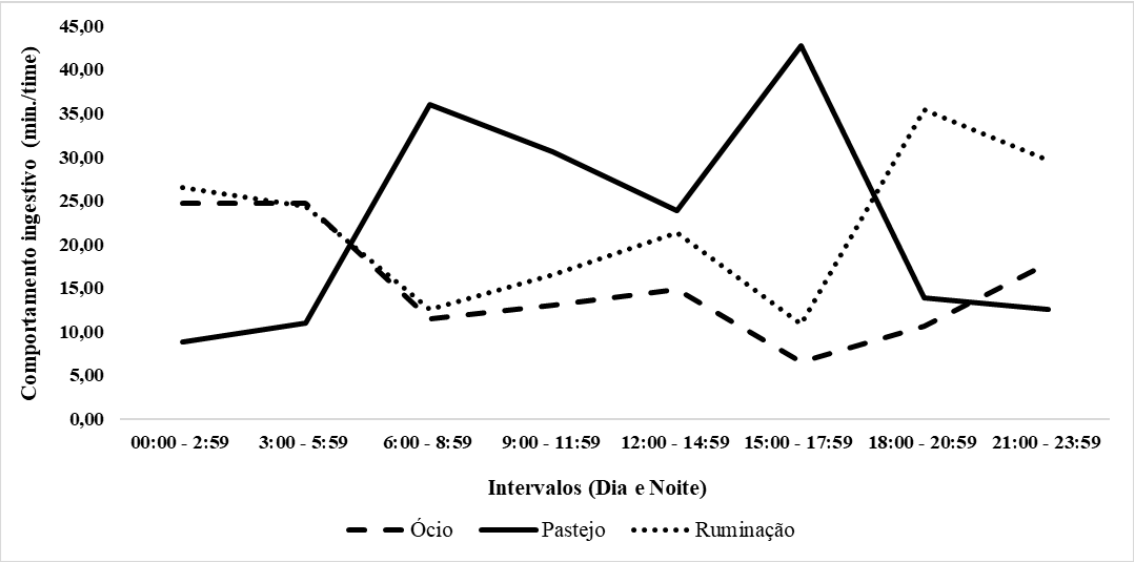

Figura 12: Comportamento ingestivo de bovinos Nelore em sistema com pastagem não sombreada (NS) no verão do bioma Cerrado. *NS: Sistema com pastagem não sombreada.

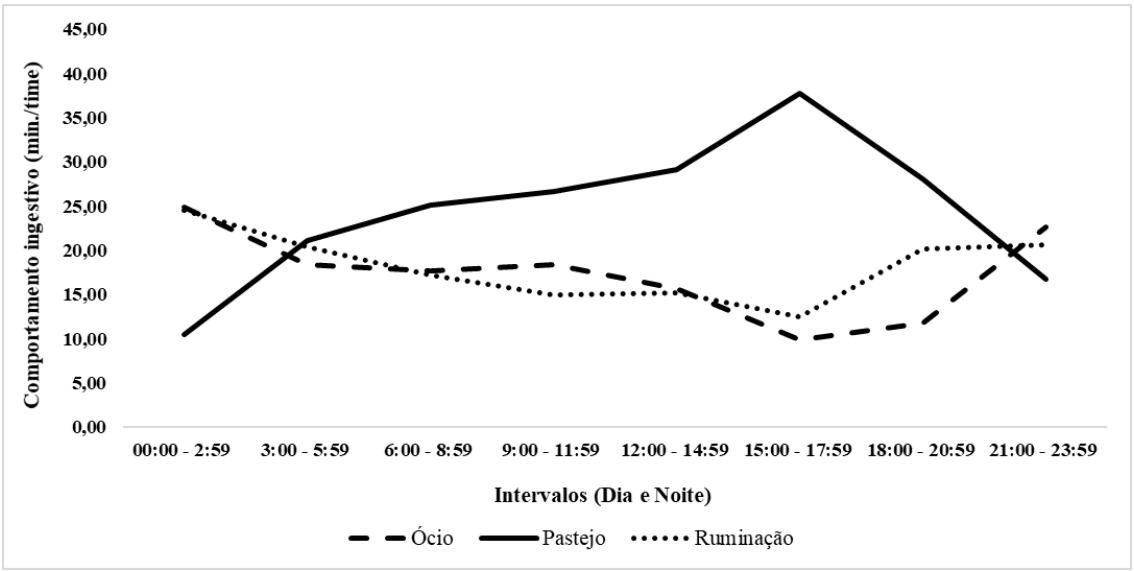

Figura 13: Comportamento ingestivo de bovinos Nelore em sistema silvipastoril, com fileiras espaçadas em 22 metros (IPF-22), no verão do bioma Cerrado. * IPF-22: Sistema silvipastoril com densidade de 113 árvores.ha^{-1}.

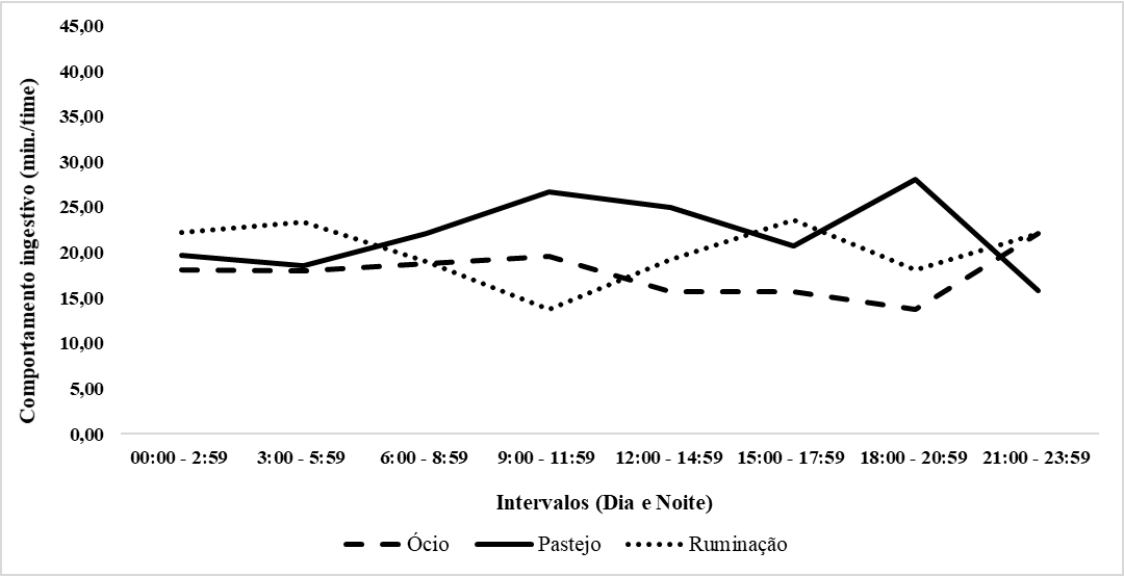

Figura 14: Comportamento ingestivo de bovinos Nelore em sistema silvipastoril, com fileiras espaçadas em 28 metros (IPF-28), no verão do bioma Cerrado. *IPF-28: Sistema silvipastoril com densidade de 89 árvores.ha^{-1}.

5.5.3 - Comportamento exploratório

Resultados significativos foram encontrados para a distância percorrida nos diferentes sistemas (Tabela 2). O ritmo médio de deslocamento dos bovinos foi menor no sistema NS. Entretanto, apesar do sistema IPF-28 ser visualmente melhor explorado (Figura 15), o ritmo médio de deslocamento não diferiu do sistema IPF-22.

Tabela 02: Deslocamento espacial de novilhos Nelore submetidos a diferentes ofertas de sobra na estação verão do bioma Cerrado.

Variáveis	Sistemas			Valor P	CV (%)	R^2
	IPF-28	IPF-22	NS			
Distância percorrida (km)	5,49	4,93	3,80	-	-	-
Ritmo médio (min./km)	218,24 a	243,39 a	315,63 b	<0,0001	16,37	0,52

*Médias seguidas de mesmas letras se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a nível de 5% de significância. *IPF-28: Sistema silvipastoril com densidade de 89 árvores.ha^{-1}; IPF-22: Sistema silvipastoril com densidade de 113 árvores.ha^{-1}; NS: Sistema com pastagem não sombreada.

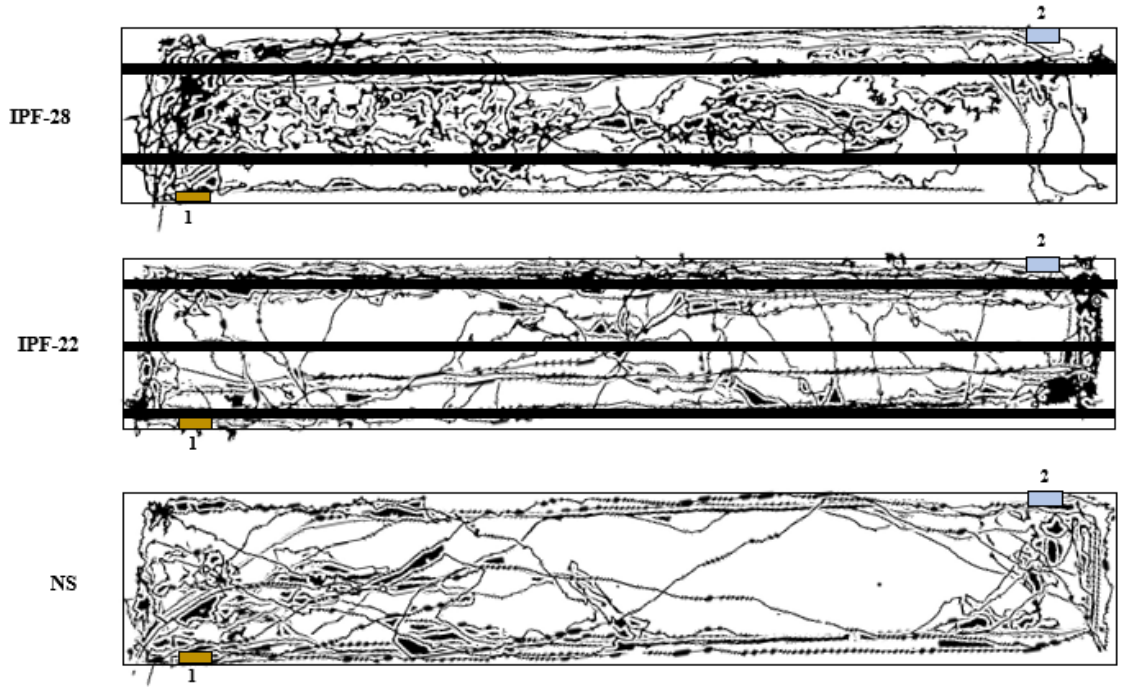

Figura 15: Deslocamento espacial por GPS de novilhos Nelore em sistemas com diferentes ofertas de sombra (IPF-22 e IPF-28) e em sistema com pastagem não sombreada (NS), no verão do bioma Cerrado. *Linhas em negrito representam as linhas simples de árvores. **Representações de comedouros (1) e saleiros (2). **IPF-28: Sistema silvipastoril com densidade de 89 árvores.ha^{-1}; IPF-22: Sistema silvipastoril com densidade de 113 árvores.ha^{-1}; NS: Sistema com pastagem não sombreada.

5.6 - Discussão

5.6.1 – Microclima

O deslocamento e projeção da sombra no decorrer do dia em sistemas silvipastoris contribui para reduzir a exposição dos animais ao calor, influenciado tanto pelo fotoperíodo e estação do ano, quanto pela configuração do componente arbóreo (KONARSKA et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2017). De fato, a projeção da sombra ao centro do renque, resultado do bloqueio parcial de radiação solar direta no interior do sistema, promoveu a formação de faixas de abrigo térmico aos animais nos horários mais quentes do dia. Em contraste, o sistema sem sombreamento apresentou valores de temperatura superiores aos sistemas sombreados em toda sua extensão, condição de

exposição dos animais a eventos frequentes de estresse térmico por calor. Estes resultados corroboram os encontrados por Bosi et al. (2020) e Karvatte Jr. et al. (2021), que também descreveram a formação de ilhas de calor em sistema silvipastoril, durante o verão brasileiro.

Efeitos combinados de temperaturas do ar e temperaturas de globo negro, caracterizam os meses de janeiro a março como o período do ano de maior desafio térmico para bovinos a pasto, em regiões tropicais (GIRO et al., 2019). De fato, a elevada carga térmica, e temperaturas de globo negro ultrapassando 35°C (limite critico de conforto para bovinos zebuínos, como descrito por Baêta e Souza (2010), refletiram em valores de ITGU acima do limite critico (84), caracterizando o ambiente de produção como termicamente estressante. Todavia, a presença de sombra possibilitou a redução de 14,96 e 12,37 % na carga térmica radiante, 5,67 e 5,32°C na temperatura de globo negro e 7,91 e 7,62 unidades de ITGU nos sistemas IPF-22 e IPF-28, respectivamente

Resultados similares, elucidando o efeito do sombreamento na melhoria do microclima, enfatizam tanto a disponibilidade de sombra no decorrer do dia, quanto a redução nos valores de ITGU e carga térmica radiante em resposta ao aumento do sombreamento, em arranjos entre fileiras simples de 14 e 22 metros, e fileiras simples e triplas de 15 e 30 metros (KARVATTE JR. et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2017; PEZZOPANE et al., 2019; MARGALHÃES et al., 2020; KARVATTE JR. et al., 2021).

Considerando o animal um sistema termodinâmico que troca continuamente energia com o ambiente, estudos avaliando a carga de calor em sistemas de pastejo são importantes para avaliar o ambiente térmico disponível para animais de criação (DENIZ et al., 2019, 2020; PEZZOPANE et al., 2019; CARVALHO et al., 2020; KARVATTE JR. et al., 2020, 2021; MAGALHAES et al., 2020). Assim, é importante destacar que ambientes que ofereçam melhores condições de conforto térmico são também os que promovem o melhor fluxo e renovação do ar no interior do sistema. Os registros de velocidade do vento próximo a 2 $m.s^{-1}$, condição descrita de máxima eficiência na capacidade de troca térmica entre o ar e a superfície corporal do bovino (NRC, 1981; BAÊTA E SOUSA, 2010), associado ao componente sombra, observado no sistema de menor densidade arbórea, empregou efeito benéfico na dissipação do excedente térmico corporal acumulado pelo animal nos períodos mais quentes do dia (GAUGHAN et al., 2008). Promover condições de maior eficiência de vias sensíveis de dissipação do calor

podem contribuir em ajustes adaptativos dos animais de menor intensidade, refletido em comportamentos mais próximos ao natural (SHÜTS et al., 2010).

A partir de analises baseadas em correlação matemática, Volpi et al. (2021) demonstraram que a diferença calculada da temperatura de globo negro nos ambientes sol e sombra foi fator determinante para o comportamento de bovinos zebuínos a pasto na região tropical. Nos períodos do dia em que a diferença calculada entre os locais foi inferior a 3,3°C, a velocidade do vento foi fator determinante na expressão comportamental de bovinos a pasto. De fato, o presente estudo corrobora com os achados de Volpi et al. (2021), e sugerem que o comportamento ingestivo e exploratório dos bovinos podem ser resposta à variação temporal da temperatura de globo negro e velocidade do vento em ambos os sistemas, onde a potencial condição de compensação do calor no IPF-28 refletiu em comportamentos mais próximos ao equilíbrio.

5.6.2 - Comportamento ingestivo e exploratório

Manifestações comportamentais dos animais foram diferentes entre todos os sistemas, sendo o maior tempo dedicado a atividade de pastejo observado durante o período diurno no sistema sem sombreamento, seguido do sistema com maior densidade arbórea, e no sistema com menor densidade arbórea, que apresentou melhor distribuição do pastejo, ruminação e ócio durante os períodos diurnos e noturnos, com intervalos intercalados e menores frequências para cada comportamento. Esses resultados corroboram com os estudos de Souza et al. (2010), Lopes et al. (2016) e Oliveira et al. (2021), que relataram maior tempo de pastejo em período diurno de bovinos em sistemas que caracterizaram condições de maior estresse por calor. De mesma forma, maior frequência e menores intensidades das atividades de ruminação e ócio, intervalados a atividade de pastejo em sistema que promoveu melhor conforto térmico aos animais durante o dia.

Os bovinos em sistema IPF-22 e NS apresentaram eventos de pastejo específicos no dia. Possivelmente, a maior dificuldade encontrada pelos animais para dissipar o calor excedente durante o dia alterou o comportamento de pastejo, com maiores intensidades nos horários extremos do dia e menores durante a noite, em resposta a necessidade de

reduzir o incremento calórico nos períodos mais quentes, com reflexo na compensação térmica durante a noite. O que pode ser visualizado pelos valores de ITGU sinalizando conforto térmico, possibilitando aos animais maior tempo dedicado as atividades de ócio e ruminar, e menor busca por alimento.

Resultados contrários a este trabalho foram apresentados por Giro et al. (2019), que descreve não haver diferença no tempo de pastejo e ruminação de bovinos criados a pasto nas condições de acesso ou não a sombra durante o dia. De fato, os resultados do presente estudo são consequências de um ambiente térmico mais desafiador, com valor médio de ITGU superior ao apresentado pelo autor (≅85 vs ≅90,4), durante o verão, condição essa que pode ter alterado o comportamento dos animais no sistema a pleno sol, apresentando maior período de ruminação e menor período de pastejo no intervalo de 12:00 às 15:00 horas.

Contribuindo com os indícios de que o sistema de menor densidade arbórea promoveu condição de melhor conforto aos bovinos a pasto, o ritmo médio percorrido pelos bovinos nos sistemas com sombreamento, apesar de estatisticamente iguais e superiores ao sistema não sombreado, o IPF-28 foi visivelmente melhor explorado. O intenso percurso dos animais nas extremidades dos piquetes do sistema não sombreado pode estar atribuído a busca por condições que possam reduzir a sensação térmica (LOPES et al., 2016). Já no sistema IPF-22, a busca por alimento parece estar associada a maior projeção da sombra durante a tarde, com atividade de pastejo crescente nesse período, o que pode ter inibido a melhor exploração dos piquetes ao centro dos renques nos períodos de menor alcance da sombra. De outra forma, os animais no sistema com menor densidade arbórea, exploraram tanto as extremidades quanto a área central dos piquetes, comportamento esse característico do estado de melhor direcionamento e orientação em resposta a melhor condição de homeostase.

Relacionamos as diferentes manifestações das atividades de pastejo para cada sistema à capacidade adaptativa e reorganização dos comportamentos ingestivo e exploratório frente aos diferentes desafios térmicos em que os bovinos foram submetidos. Segundo Hotzel et al. (2005) os animais possuem aprendizagem associativa, onde estabelecem determinados comportamentos frente a situações e ou sensações positivas, ou negativas anteriormente vividas. Assim, a condição de maior desafio térmico nos sistemas com maior densidade arbórea e sem sombreamento pode ter desenvolvido nos

animais memória negativa, conduzindo-os a mudança nos comportamentos de pastejo e exploratório nas diferentes intensidades. Mudanças comportamentais, porém, de estado social, foram observadas por Améndola et al. (2016), onde bovinos em sistema silvipastoril desenvolvem comportamentos mais sociopositivos entre indivíduos do mesmo grupo, com redução da frequência de comportamentos agonísticos em 62% e maior permanência da hierarquia de dominância no rebanho.

5.7 - Conclusão

A disponibilidade de sombra nos sistemas silvipastoris reduz o período de maior incidência de carga de calor nos bosques, promovendo melhor microclima, e condição de melhor conforto térmico dos novilhos Nelore no verão. Atividades de pastejo, ruminação e ócio são realizadas com maior frequência, tanto nos períodos noturnos quanto diurnos, e o deslocamento dos bovinos na área realizado com maior intensidade.

O sistema com menor densidade arbórea possibilita melhor fluxo e renovação do ar, e menor acumulo de calor nos bosques, com os comportamentos de pastejo, ruminação e ócio melhor distribuídos entre os períodos diurnos e noturnos, e exploração da área visivelmente melhor, comparado ao sistema de maior densidade arbórea, caracterizando condição na produção de melhor bem-estar dos novilhos Nelore no verão do bioma Cerrado.

O frequencímetro cardíaco portátil, com função de GPS, foi eficiente em registrar o percurso realizado pelos bovinos a pasto. Portanto, pode ser utilizado como ferramenta útil na avaliação do comportamento exploratório de novilhos Nelore a pasto, em sistemas silvipastoris.

5.8 - Agradecimento

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuário (EMBRAPA Gado de Corte) e Fundação de Apoio ao Desenvolvimento de Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado do Mato Grosso do Sul (FUNDECT) pela bolsa de mestrado concedida a Fundação Universidade Federal do Mato Grosso do Sul e recurso financeiro ao projeto. À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Gado de Corte), à Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS) e ao Programa de Pós Graduação em Ciência Animal pela área experimental e apoio técnico-cientifico.

5.9 - Referências Bibliográficas

1. **Accuweather**. INMET. 2020. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acessado em: 20 de maio de 2021.

2. AMÉNDOLA, L.; SOLORIO, F. J.; KU-VERA, J. C.; AMÉNDOLA-MASSIOTTI, R. D.; ZARZA, H.; GALINDO, F. **Social behaviour of cattle in tropical silvopastoral and monoculture systems.** Animal, 10(5), 863-867. 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1017/S1751731115002475

3. BAÊTA, F. D. C.; SOUZA, C. D. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal.** UFV. Vol.2. Viçosa. 2010.

4. BELHADJ SLIMEN, I.; NAJAR, T.; GHRAM, A.; ABDRRABBA, M. **Heat stress effects on livestock: molecular, cellular and metabolic aspects, a review.** Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 100(3), 401-412. 2016. Disponivel em: https://doi.org/10.1111/jpn.12379

5. BOSI, C.; PEZZOPANE, J. R. M.; SENTELHAS, P. C. **Silvopastoral system with Eucalyptus as a strategy for mitigating the effects of climate change on Brazilian pasturelands**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 92. 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1590/0001-3765202020180425

6. BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J. **Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows.** Transactions of the ASAE, 24(3), 711-0714. 1981. Disponivel em: https://doi.org/10.13031/2013.34325

7. CARVALHO, R. P. D.; HEID, D. M., DAVIDE, L.; PILETTI, L. M. D. S.; DE JESUS, F. L.; VIEGAS NETO, A. L. **Microclimate and thermal comfort indices in silvopastoral systems under different planting directions and seasons**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 24(4), 266-273. 2020. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n4p266-273

8. **Dateandtime**.info.2020. Disponível em: <https://dateandtime.info/pt/citysunrisesunset.php?id=3467747&month=3&year=2020>. Acesso em: 20 de maio de 2021.

9. DENIZ, M.; SCHMITT FILHO, A. L.; FARLEY, J.; DE QUADROS, S. F.; HÖTZEL, M. J. **High biodiversity silvopastoral system as an alternative to improve the thermal environment in the dairy farms**. International journal of biometeorology, 63(1), 83-92. 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00484-018-1638-838-8

10. DENIZ, M.; SCHMITT FILHO, A. L.; HÖTZEL, M. J.; DE SOUSA, K. T.; MACHADO FILHO, L. C. P.; SINISGALLI, P. A. **Microclimate and pasture area preferences by dairy cows under high biodiversity silvopastoral system in Southern Brazil**. International Journal of Biometeorology, 64(11), 1877-1887. 2020. Disponível em: 28 de maio de 2020. https://doi.org/10.1007/s00484-020-01975-0

11. EDWARDS-CALLAWAY, L. N.; CRAMER, M. C.; CADARET, C. N.; BIGLER, E. J.; ENGLE, T. E.; WAGNER, J. J.; CLARK, D. L. **Impacts of shade on cattle well-being in the beef supply chain**. Journal of Animal Science, 99(2), skaa375. 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1093/jas/skaa375

12. ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. Livestock housing. 1978.

13. **FlowSync**. Disponível em: <https://flow.polar.com>. Acesso em: 15 de abril de 2021

14. FRASER, D. **Understanding animal welfare**. Acta Veterinaria Scandinavica, 50(1), 1-7. 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1186/1751-0147-50-S1-S1

15. FRASER, A. F.; BROOM, D. M. **Farm animal behaviour and welfare** (No. Ed. 3). CAB international. 1997. Disponível em: https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19962214501

16. GARCIA, A. R.; MATOS, L. B.; LOURENÇO JÚNIOR, J. D. B.; NAHÚM, B. D. S.; ARAÚJO, C. V. D.; SANTOS, A. X. **Physiological features of dairy buffaloes raised under shade in silvipastural systems.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 46(10), 1409-1414. 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000039

17. GRANDIN, T. **Evaluation of the welfare of cattle housed in outdoor feedlot pens.** Veterinary and Animal Science, 1, 23-28. 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.vas.2016.11.001

18. GAUGHAN, J. B.; MADER, T. L.; HOLT, S. M.; LISLE, A. **A new heat load index for feedlot cattle.** Journal of Animal Science, 86(1), 226-234. 2008. Disponível em: https://doi.org/10.2527/jas.2007-0305

19. GIRO, A.; PEZZOPANE, J. R. M.; JUNIOR, W. B.; DE FARIA PEDROSO, A.; LEMES, A. P.; BOTTA, D.; GARCIA, A. R. **Behavior and body surface temperature of beef cattle in integrated crop-livestock systems with or without tree shading.** Science of the Total Environment, 684, 587-596. 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.377

20. HODGSON, J. **Grazing management.** Science into practice. Longman Group UK Ltd. 1990. Disponível em: https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19910746306

21. HOPSTER, H.; BLOKHUIS, H. J. **Validation of a heart-rate monitor for measuring a stress response in dairy cows.** Canadian Journal of Animal Science, 74(3), 465-474. 1994. Disponível em: https://doi.org/10.4141/cjas94-066

22. HÖTZEL, M. J.; MACHADO FILHO, L. C. P.; YUNES, M. C.; DA SILVEIRA, M. C. A. **An aversive milker causes fear, but does not influence milk yield of Holstein cows.** Revista Brasileira de Zootecnia, 34(4), 1278-1284. 2005. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000400024

23. KARVATTE JR. N.; KLOSOWSKI, E. S.; DE ALMEIDA, R. G.; MESQUITA, E. E.; DE OLIVEIRA, C. C.; ALVES, F. V. **Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest**. International journal of biometeorology, 60(12), 1933-1941. 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00484-016-1180-5

24. KARVATTE JR. N.; MIYAGI, E. S.; DE OLIVEIRA, C. C.; BARRETO, C. D.; MASTELARO, A. P.; BUNGENSTAB, D. J.; ALVES, F. V. **Infrared thermography for microclimate assessment in agroforestry systems**. Science of The Total Environment, 731, 139252. 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139252

25. KARVATTE JR, N.; MIYAGI, E. S.; DE OLIVEIRA, C. C.; MASTELARO, A. P.; COELHO, F. A.; BAYMA, G.; ALVES, F. V. **Spatiotemporal variations on infrared temperature as a thermal comfort indicator for cattle under agroforestry systems**. Journal of Thermal Biology, 102871. 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102871

26. KILGOUR, R. J.; UETAKE, K.; ISHIWATA, T.; MELVILLE, G. J. **The behaviour of beef cattle at pasture.** Applied Animal Behaviour Science, 138(1-2), 12-17. 2012. Disponível em:

https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.12.001

27. KONARSKA, J.; LINDBERG, F.; LARSSON, A.; THORSSON, S.; HOLMER, B. **Transmissivity of solar radiation through crowns of single urban trees: application for outdoor thermal comfort modelling.** Theoretical and applied climatology, 117(3), 363-376. 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00704-013-1000-3

28. LOPES, L. B.; ECKSTEIN, C.; PINA, D. S.; CARNEVALLI, R. A. **The influence of trees on the thermal environment and behaviour of grazing heifers in Brazilian Midwest.** Tropical animal health and production, 48(4), 755-761. 5–761. 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/s11250-016-1021-x

29. MAGALHÃES, C. A. S.; PEDREIRA, B. C.; TONINI, H.; NETO, A. F. **Crop, livestock and forestry performance assessment under different production systems in the north of Mato Grosso, Brazil**. Agroforestry Systems, 93(6), 2085-2096. 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10457-018-0311-x

30. MAGALHÃES, C. A.; ZOLIN, C. A.; LULU, J.; LOPES, L. B.; FURTINI, I. V.; VENDRUSCULO, L. G.; PEZZOPANE, J. R. M. **Improvement of thermal comfort indices in agroforestry systems in the southern Brazilian Amazon**. Journal of Thermal Biology, 91, 102636. 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102636

31. MOTT, G. O.; LUCAS, H. L. **The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures**. In International grassland congress (Vol. 6, No. 1952, pp. 1380-1395). 1952.

32. NRC - National Research Council. **Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals**. 1981. Disponível em: <https://www.nap.edu/catalog/4963.html>. Acesso em: 12 de maio de 2021.

33. OLIVEIRA, C. C.; ALMEIDA, R. G.; KARVATTE JR, N.; VILLELA, S. D. J.; BUNGENSTAB, D. J.; ALVES, F. V. **Daytime ingestive behaviour of grazing heifers under tropical silvopastoral systems: responses to shade and grazing management.** Applied Animal Behaviour Science, 105360. 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105360

34. OLIVEIRA, C. C.; ALVES, F. V.; DE ALMEIDA, R. G.; GAMARRA, É. L.; VILLELA, S. D. J.; DE ALMEIDA MARTINS, P. G. M. **Thermal comfort indices assessed in integrated production systems in the Brazilian savannah**. Agroforestry systems, 92(6), 1659-1672. 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10457-017-0114-5

35. OLIVEIRA, C. C.; ALVES, F. V.; MARTINS, P. G. M. D. A.; KARVATTE JR., N.; ALVES, G. F.; ALMEIDA, R. G. D.; COSTA E SILVA, E. V. D. **Vaginal temperature as indicative of thermoregulatory response in Nellore heifers under different microclimatic conditions**. PloS one, 14(10), e0223190. 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223190

36. OLIVEIRA, C. C.; VILLELA, S. D. J.; DE ALMEIDA, R. G.; ALVES, F. V.; BEHLING-NETO, A.; DE ALMEIDA MARTINS, P. G. M. **Performance of Nellore heifers, forage mass, and structural and nutritional characteristics of Brachiaria brizantha grass in integrated production systems**. Tropical Animal Health and Production, 46(1), 167-172. 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11250-013-0469-1

37. O'BRIEN, M. D.; RHOADS, R. P.; SANDERS, S. R.; DUFF, G. C.; BAUMGARD, L. H. **Metabolic adaptations to heat stress in growing cattle.** Domestic animal endocrinology, 38(2), 86-94. 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2009.08.005

38. PETERSEN, R. G.; LUCAS JR, H. L. **Computing Methods for the Evaluation of Pastures by Means of Animal Response 1**. Agronomy Journal, 60(6), 682-687. 1968. Disponível em: https://doi.org/10.2134/agronj1968.00021962006000060031x

39. PEZZOPANE, J. R. M.; NICODEMO, M. L. F.; BOSI, C.; GARCIA, A. R.; LULU, J. **Animal thermal comfort indexes in silvopastoral systems with different tree arrangements.** Journal of thermal biology, 79, 103-111. 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.12.015

40. POLSKY, L.; VON KEYSERLINGK, M. A. **Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare**. Journal of dairy science, 100(11), 8645-8657. 2017. Disponível em: https://doi.org/10.3168/jds.2017-12651

41. RENAUDEAU, D.; COLLIN, A.; YAHAV, S.; DE BASILIO, V.; GOURDINE, J. L.; COLLIER, R. J. **Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production.** Animal, 6(5), 707-728. 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1017/S1751731111002448

42. SANDEVILLE JR, E. **The natural Division of Brazilian landscape and environment**, (18), 71-98. 2004. Disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i18p71-98

43. SANTOS, D. C.; JÚNIOR, R. G.; VILELA, L.; MACIEL, G. A.; DE SOUZA FRANÇA, A. F. **Implementation of silvopastoral systems in Brazil with Eucalyptus urograndis and Brachiaria brizantha: productivity of forage and an exploratory test of the animal response**. Agriculture, Ecosystems & Environment, 266, 174-180. 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.07.017

44. SCHÜTZ, K. E.; ROGERS, A. R.; POULOUIN, Y. A.; COX, N. R.; TUCKER, C. B. **The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle.** Journal of dairy science, 93(1), 125-133. 2010. Disponível em: https://doi.org/10.3168/jds.2009-2416

45. SILANIKOVE, N. **Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants**. Livestock production science, 67(1-2), 1-18. 2000. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00162-7

46. SOUSA, K. T.; DENIZ, M.; DO VALE, M. M.; DITTRICH, J. R.; HÖTZEL, M. J. **Influence of microclimate on dairy cows' behavior in three pasture systems during the winter in south Brazil**. Journal of Thermal Biology, 102873. 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102873

47. SOUZA, C. D. F.; TINÔCO, I. D. F.; BAÊTA, F. D. C.; FERREIRA, W. P. M.; SILVA, R. D. **Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo**. Ciência e Agrotecnologia, 26(1), 157-164. 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/302563914

48. SOUZA, E. C. D.; SALMAN, A. K. D.; CRUZ, P. G. D.; VEIT, H. M.; CARVALHO, G. A. D.; SILVA, F. R. F. D.; SCHMITT, E. **Thermal comfort and grazing behavior of Girolando heifers in integrated crop-livestock (ICL) and crop-livestock-forest (ICLF) systems**. Acta Scientiarum. Animal Sciences, 41. 2019. Disponível em: http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v41i1.46483

49. SOUZA, W. D.; BARBOSA, O. R.; MARQUES, J. D. A.; GASPARINO, E.; CECATO, U.; BARBERO, L. M. **Behavior of beef cattle in silvipastoral systems with eucalyptus**. Revista Brasileira de Zootecnia, 39(3), 677-684. 2010. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010000300029

50. TITTO, C. G.; TITTO, E. A. L.; TITTO, R. M.; MOURAO, G. B. **Heat tolerance and the effects of shade on the behavior of Simmental bulls on pasture**. Animal Science Journal, 82(4), 591-600. 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2011.00872.x

51. TRUMBO, B. A.; WISE, L. M.; HUDY, M. **Influence of protective shielding devices on recorded air temperature accuracy for a rugged outdoor thermal sensor used in climate change modeling.** Journal of Natural and Environmental Sciences, 3, 42-50. 2012.

52. VOLPI, D.; ALVES, F. V.; DA SILVA ARGUELHO, A.; DO VALE, M. M.; DENIZ, M.; ZOPOLLATTO, M. **Environmental variables responsible for Zebu cattle thermal comfort acquisition**. International Journal of Biometeorology, 1-11. 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00484-021-02124-x

53. VOLPI, D.; ALVES, F. V.; SARAIVA, E.; VIGAS, V.; ARGUELHO, A. D. S.; ZOPOLLATTO, M.; DE ALMEIDA, R. G. **Validation of bioacoustics as an alternative to visual assessment for monitoring the ingestive behavior of cattle in pastures**. Embrapa Gado de Corte-Documents (INFOTECA-E). 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1102352>. Acesso em: 10 de abril de 2021.