



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS–AGRONOMIA
CAMPUS RIO VERDE

RELATÓRIO DE PESQUISA DE PÓS-DOCTORADO

**MELHORAR A DISTRIBUIÇÃO TÉRMICA EM SISTEMAS DE PASTEJO
FAVORECE ATIVIDADES COMPORTAMENTAIS DE BOVINOS DE CORTE**

Supervisionado: Dr. Nivaldo Karvatte Junior

Supervisora: Dra. Darliane de Castro Santos

Rio Verde

2022

SUMÁRIO

Melhorar a distribuição térmica em sistemas de pastejo favorece atividades comportamentais de bovinos de corte.....	3
Abstract.....	4
1. Introdução.....	4
2. Material e métodos	6
2.1. <i>Localização</i>	6
2.2. <i>Área e período experimental.....</i>	6
2.3. <i>Manejo animal</i>	7
2.4. <i>Conforto térmico.....</i>	7
2.5. <i>Comportamento ingestivo e exploração espacial.....</i>	8
2.6. <i>Design experimental e análises estatísticas.....</i>	9
3. Resultados	9
3.1. <i>Conforto térmico.....</i>	9
3.2. <i>Atividades comportamentais.....</i>	11
4. Discussão	15
5. Conclusão	18
6. Bibliografia	18
ANEXO I.....	22
ATIVIDADES PÓS-DOCTORAL	22
<i>Artigos completos publicados em periódicos</i>	23
<i>Capítulos de livros publicados</i>	23
<i>Produções técnicas</i>	24
<i>Apresentação de palestra.....</i>	24
ANEXO II.....	25
ANEXO III.....	26
ANEXO IV	27

Melhorar a distribuição térmica em sistemas de pastejo favorece atividades comportamentais de bovinos de corte*

Improve thermal distribution in grazing systems favours behavioural activities of beef cattle

Flávio de Aguiar Coelho ^a, Nivaldo Karvatte Junior ^{b,*}, Viviane Maria Oliveira dos Santos ^a, Caroline Carvalho de Oliveira ^b, Darliane de Castro Santos ^b, Fabiana Villa Alves ^c

*Artigo preparado conforme normas estabelecidas pela editora Elsevier

^a *Departamento de Ciência Animal, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Av. Senador Filinto Müller, 2443, Pioneiros, 79070-900, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.*

^b *Departamento de Ciências Agrícolas, Instituto Federal Institute Goiano, Rodovia Goiana Sul, Km 01 - zona rural, 75901-970, Rio Verde, Goiás, Brasil.*

^c *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Esplanada dos Ministérios, Bloco D, 70632-100, Brasília, Distrito Federal, Brasil.*

*Autor correspondente: Nivaldo Karvatte Junior (nivaldok@gmail.com).

Abstract: O objetivo foi entender como a distribuição térmica em sistemas de pastejo com diferentes densidades de árvores pode influenciar as atividades comportamentais de bovinos de corte, na região central do Brasil. A distribuição térmica espaço-temporal do interior de dois sistemas silvipastoris com 89 e 113 árvores.ha⁻¹ e um sistema com pastagem sem sombra, estabelecidos com capim-Piatã, foi avaliada durante o verão de 2020 e relacionada às principais atividades de comportamento ingestivo e deslocamento de 80 bovinos machos da raça Nelore. Os resultados mostram que a presença de árvores em diferentes densidades afetou a distribuição térmica espaço-temporal, resultando em uma diferença média de até 4.7 °C de temperatura de globo negro entre os sistemas e permitindo melhor exploração espacial naqueles com a presença de sombra. Desse modo, o maior tempo gasto em atividade de pastejo ocorreu entre duas (tempo médio dedicado de 44.7 min.hora⁻¹, em sistema sem sombra) e três horas (tempo médio dedicado de 44.5 min.hora⁻¹, em sistemas silvipastoris) após o pico máximo de temperatura de globo negro (39.2 °C), enquanto as demais atividades (ócio, ruminação, ingestão de água e mineralização) foram realizadas predominantemente a noite. Assim, a melhor distribuição térmica em sistemas silvipastoris favorece a execução de atividades comportamentais diurnas de bovinos de corte a pasto, permitindo aos animais selecionar o período noturno como melhor estratégia para descanso e ruminação, em favor do reestabelecimento dos padrões normais de comportamento.

Palavras-chave: comportamento ingestivo, conforto térmico, exploração espacial, sistemas silvipastoris, termografia infravermelha

1. Introdução

A adoção de sistemas de produção a pasto vem sendo discutida mundialmente por fornecer benefícios importantes a saúde e ao bem-estar animal (Van Laer et al., 2015). Entretanto, apesar de favorecer a expressão de comportamentos naturais e obter melhores índices de produção, nestes sistemas os animais estão constantemente expostos à condições climáticas adversas, que resultam em custos fisiológicos severos (Von Falk et al., 2012; Oliveira et al., 2014; Karvatt Jr. et al., 2020). Neste sentido, bovinos de corte em regiões tropicais e subtropicais, experimentam condições alarmantes de estresse térmico em determinadas estações e, em regiões como no Cerrado brasileiro, estas

condições podem ser vivenciadas diariamente (Oliveira et al., 2018; Karvatte Jr. et al., 2021).

Os impactos produtivos causados pelo clima quente sobre o gado são constantemente discutidos em conjunto com as atuais e frequentes mudanças climáticas e de aquecimento global. Assim, a provisão de sombra a pasto é um importante recurso capaz de aliviar muitos sintomas de estresse por calor, e vem sendo amplamente estudada por diversos autores (Karvatte Jr. et al., 2016; Oliveira et al., 2019; Pezzopane et al., 2019; Barreto et al., 2020; Deniz et al., 2020; Vieira et al., 2020), que reconheceram os sistemas silvipastoris como estratégia sustentável para promover modificações microclimáticas no ambiente térmico de produção.

Embora inicialmente concebidos para a recuperação de solos e pastagens degradadas, estes sistemas também são eficientes geradores de importantes benefícios ambientais. Além de participar como parte integrante no cumprimento dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS (Fernandes et al., 2019; Keeling et al., 2019), estes sistemas colaboram para o cumprimento das metas estabelecidas pelas contribuições voluntárias e nacionalmente determinadas para a redução ou neutralização das emissões de gases de efeito estufa até 2030 e vêm recebendo fortes incentivos para a sua adoção por pequenos, médios e grandes produtores, de acordo com novo ciclo do Plano Setorial para a Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC+), trazendo expectativas positivas para a sustentabilidade e avanço do setor agropecuário brasileiro.

Do ponto de vista animal, considerando que as atividades diárias são basicamente divididas em períodos de alimentação, ruminação e descanso (Giro et al., 2019; Oliveira et al., 2021), a determinação precisa do tempo dedicado a diferentes atividades por bovinos de corte a pasto contribui para a melhor compreensão das relações causa-efeito no ambiente pastoril. Neste sentido, os sistemas silvipastoris colaboram diminuindo a carga térmica do ambiente e fornecendo pastagens de melhor qualidade (Oliveira et al., 2014). Entretanto, apesar do conhecimento de que o conforto térmico não ocorre de maneira uniforme nestes sistemas (Karvatte Jr. et al., 2021), não foram encontrados na literatura estudos demonstrando como a distribuição térmica no interior dos renques afeta o tempo dedicado as atividades comportamentais e o deslocamento dos animais nos piquetes.

Desse modo, o presente estudo amplia o conhecimento sobre o uso de sistemas silvipastoris em uma região tropical brasileira com clima de Cerrado e permite compreender como os animais estão enfrentando situações térmicas desafiadoras em

função das implicações climáticas e de sombreamento por diferentes densidades de árvores. Neste sentido, a hipótese é que (i) a organização de árvores em renques favorece a distribuição térmica no interior de sistemas silvipastoris, e (ii) permitem os animais explorar melhor a área de pastejo disponível para realizar suas atividades comportamentais alimentares, mesmo durante elevada carga térmica. O objetivo foi entender como a distribuição térmica em sistemas de pastejo, com diferentes densidades de árvores, pode influenciar as atividades comportamentais de bovinos de corte, na região central do Brasil.

2. Material e métodos

Todos os procedimentos utilizados neste experimento atendem às normas estabelecidas pelo Comitê de Ética e Uso de Animais da Embrapa Gado de Corte, sob protocolo nº 013/2014.

2.1. Localização

O estudo foi realizado na fazenda experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Gado de Corte), localizada em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil (54° 70' W, 20° 41' S e 530 metros de altitude). Em bioma de Cerrado, 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 de 24.0 °C (Kottek et al., 2006).

2.2. Área e período experimental

A área experimental foi constituída por dois sistemas silvipastoris (SSP) e um sistema de pastagem sem sombra (PSS). Os sistemas foram implantados em 2008 com capim Piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã) e divididos em quatro piquetes de 1.5 ha (área total de 18 ha). Nos sistemas SSPs, eucaliptos (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, clone H 13) foram distribuídos em renques de linhas simples orientados no sentido Leste-Oeste (-20,41° S e -54,71° W), com distância de 4 m entre árvores e de 28 m (SSP-28; 89 árvores.ha⁻¹) e 22 m (SSP-22; 113 árvores.ha⁻¹) entre linhas de árvores.

Informações mais detalhadas sobre a área experimental podem ser encontradas em Oliveira et al. (2014) e Karvatte Jr. et al. (2020).

O período experimental ocorreu nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2020 (verão). Todos os sistemas foram avaliados simultaneamente durante três dias (72 horas) consecutivos de leituras ininterruptas em cada mês experimental (total de 216 horas de registros), com intervalo de aproximadamente 28 dias entre períodos de avaliação.

2.3. *Manejo animal*

Previamente ao início das coletas de dados, oitenta bovinos machos da raça Nelore, com 14 meses de idade e peso inicial médio de 220 ± 10.8 kg, foram distribuídos aleatoriamente nos sistemas, conforme o método “put-and-take”, proposto por Mott e Lucas (1952), para controle da altura de pastejo e disponibilidade de forragem. Deste grupo, vinte e quatro animais *testers* foram selecionados para formar um lote homogêneo quanto ao peso, à condição corporal e ao temperamento. Posteriormente, cada piquete recebeu dois animais *testers* ($n = 2$ animais.piquete⁻¹) permanentes, durante todo o período experimental. Todos os animais tiveram acesso *ad libitum* a água e suplementação mineral seca (Connan[®] 60), e foram vacinados e vermifugados periodicamente, de acordo com o manejo programado pela instituição e incidência sazonal.

2.4. *Conforto térmico*

Temperaturas de globo negro (Tg, °C) dos sistemas, foram registradas durante todo o período experimental em intervalos de uma hora entre avaliações, utilizando termo-higrômetros digitais com *Datalogger* (MINIPA[®], modelo EZTEMP-10; escala de umidade: 0.0 a 100.0 %, resolução: 0.1 % e precisão: 3 %; escala de temperatura: 0.0 a 70.0 °C, resolução: 0.1 °C e precisão: 0.5 °C), inseridos em boias plásticas (PVC) com 0.15 m de diâmetro, pintadas de preto fosco, conforme Souza et al. (2002). Os equipamentos foram alocados a pleno sol e na projeção da sombra, em dois transectos perpendiculares aos renques de árvores, conforme descrito por Karvatte Jr. et al. (2016).

Concomitantemente, imagens térmicas foram capturadas, das 8:00 às 16:00 horas (GMT – 4:00, em intervalos de uma hora entre avaliações), utilizando uma câmera termográfica profissional (Testo[®], modelo 875 2i; resolução de 360 x 240 pixels; lente

focal de 7.5 mm; campo de visão de 32° x 23°; e, emissividade de 0.97), conforme metodologia descrita por Karvatte Jr. et al. (2020). Posteriormente, as imagens foram analisadas utilizando o software IRSoft®, obtendo-se valores de temperatura infravermelha (IT, °C) em sete pontos equidistantes distribuídos no interior dos sistemas, conforme Karvatte Jr. et al. (2021), tendo como referência as distâncias entre os renques de árvores dos SSPs.

2.5. *Comportamento ingestivo e exploração espacial*

Cada animal *tester* foi equipado com um conjunto bioacústico constituído por um gravador (SONY®, modelo ICD-PX240; resposta de frequência: 75 a 1000 Hz), configurado para registros contínuos, que foi inserido em uma cápsula de PVC (com 0.15 m de comprimento, 0.30 m de diâmetro e isolamento lateral), fixada a um cabresto equipado com um microfone de lapela de alta sensibilidade para ruídos, conforme descrito por Volpi et al. (2018).

Os áudios obtidos foram extraídos dos gravadores e convertidos para o formato MP3, utilizando o software livre FormatFactory® (5.7.5.0) e os registros acústicos foram identificados pelo software Audacity®, integrando a audição com a amplitude de onda (dB) dos padrões sonoros, conforme estabelecido por Da Trindade et al. (2011). A duração (min.hora⁻¹) das atividades de pastejo, ruminação e ócio, de todos os animais foi calculada em intervalos de 24 horas. Além disso, os eventos instantâneos de descanso, ingestão de água e consumo de sal mineral, foram agrupados em períodos da manhã (06:00 às 11:59), tarde (12:00 às 18:00) e noite (18:01 às 05:59), e a duração (min.período⁻¹) foi calculada, conforme Giro et al. (2019).

Concomitantemente, registros de deslocamento foram obtidos utilizando um sistema de posicionamento global (GPS; marca Polar®, modelo M-400, Finlândia; acurácia de distância: ± 2%; velocidade: ± 2 km.h⁻¹), também inserido na cápsula de PVC anteriormente descrita. Os dados armazenados foram extraídos com o auxílio do software FlowSync® e a distância percorrida (km) e o ritmo médio de deslocamento (horas.km⁻¹) de cada animal *tester*, foram calculados. Posteriormente, mapas de deslocamento foram confeccionados para ilustração da exploração espacial dos sistemas, sobrepondo as imagens de GPS dos respectivos animais de cada piquete, utilizando o software livre removebg®.

2.6. Design experimental e análises estatísticas

O delineamento utilizado foi em blocos completos casualizados, em esquema de parcelas sub-sub-divididas, com quatro repetições (piquetes). Os tratamentos corresponderam aos sistemas de produção (SSP-28, SSP-22 e PSS), a sub-parcela aos meses (janeiro, fevereiro e março) e a sub-sub-parcela aos horários (00:00 – 23:00), de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_b + S_i + e_{bi} + M_j + SM_{ij} + e_{bij} + P_k + SP_{ik} + MP_{jk} + SMP_{ijk} + e_{bijk}$$

em que: μ - constante; B_b - efeito do b^{th} bloco, $b = 1, \dots, 4$; S_i é o efeito do i^{th} sistema ($i = \text{SSP-28, SSP-22 e PSS}$); e_{bi} - erro a; M_j – efeito do j^{th} mês ($j = \text{janeiro, fevereiro e março}$); SM_{ij} – efeito da interação entre i^{th} sistema e do j^{th} mês; e_{bij} – erro b; P_k - efeito do k^{th} horário ($k = 00:00, \dots, 23:00$); SP_{ik} - efeito da interação entre i^{th} sistema e k^{th} horário; MP_{jk} – efeito da interação entre j^{th} mês e k^{th} horário; SMP_{ijk} – efeito da interação entre i^{th} sistema, j^{th} mês e k^{th} horário; e, e_{bijk} – resíduo.

Os dados foram testados quanto à normalidade, usando o procedimento UNIVARIATE do software SAS (versão 9.4; SAS Inst., Inc., Cary, NC, EUA) e, posteriormente, submetidos à análise de variância, pelo procedimento PROC GLM (SAS). Os valores médios obtidos foram comparados pelo teste Tukey a $P \leq 0.05$, sendo que as interações significativas foram ajustadas pelo procedimento LSMEANS (SAS).

Os registros de temperaturas por infravermelho foram interpolados pelo método natural neighbor, usando o software livre Surfer® (versão 13.6.618) e apresentados como mapas de distribuição térmica espaço-temporal para cada sistema.

3. Resultados

3.1. Conforto térmico

A presença de árvores em diferentes densidades afetou a distribuição térmica espaço-temporal nos sistemas de pastejo. Interações significativas entre mês e hora ($P < 0.0001$, $n = 1728$) mostram menor variação de temperatura de globo negro detectada em janeiro (25.8 ± 8.6 °C), durante todo o intervalo horário avaliado. Em fevereiro, as

maiores médias foram registradas entre às 13:00 e 15:00 (40.2 ± 0.6 °C), enquanto no mês de março, entre às 07:00 e 12:00 (37.9 ± 4.3 °C). Além disso, médias superiores de temperaturas de globo negro noturnas (18:00 às 06:00, variação média de 25.4 ± 1.7 °C), foram registradas durante os meses de fevereiro e março (Fig. 1 a).

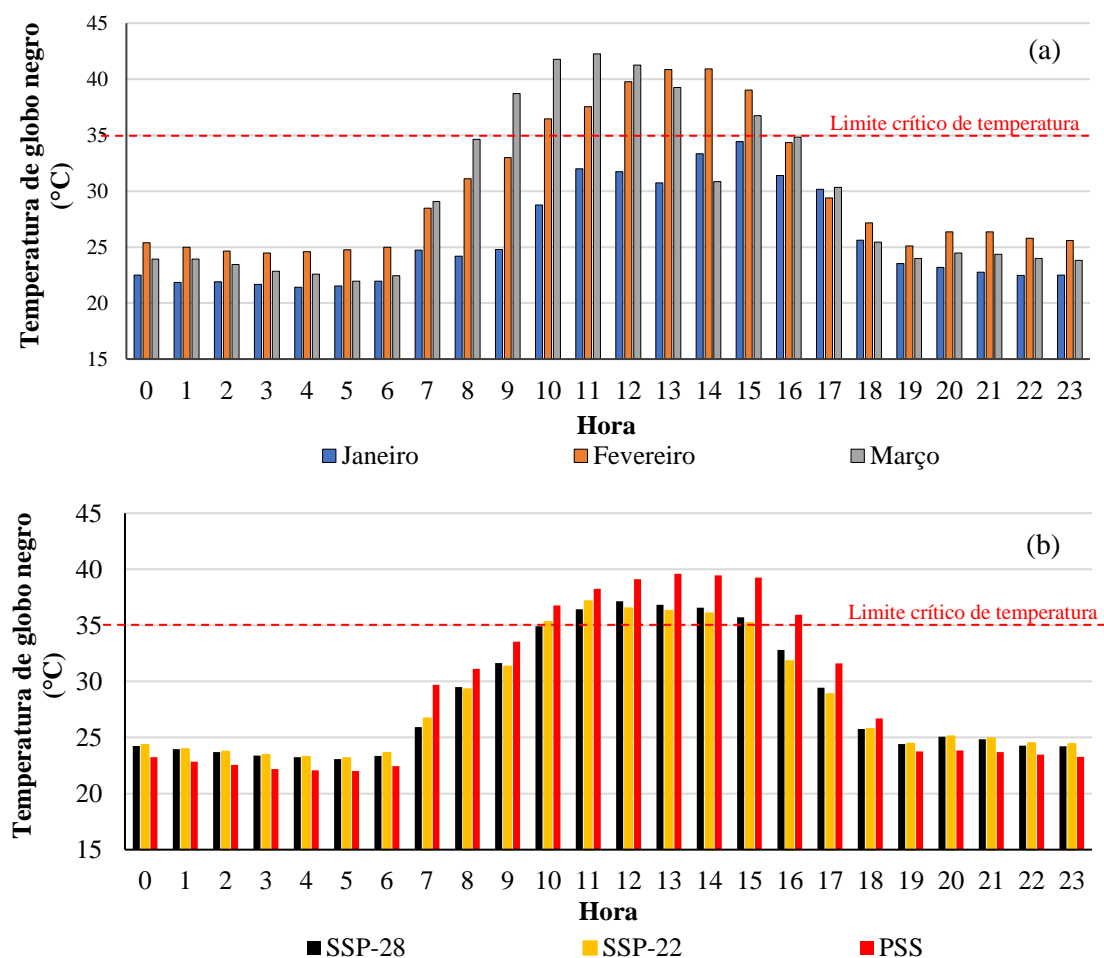


Figura 1. Valores médios diários de temperatura de globo negro registrados durante os meses de janeiro, fevereiro e março (a), em sistemas silvipastoris com eucaliptos (SSP-28 e SSP-22) e pastagem sem sombra (PSS) (b). Linhas vermelhas pontilhadas indicam o limite crítico de temperatura para bovinos a pasto.

Interações significativas entre sistema e hora ($P < 0.0001$, $n = 1728$) mostram maiores temperaturas de globo negro registradas em todos os sistemas entre 12:00 e 14:00. Entretanto, as menores variações diurnas (07:00 às 18:00) foram registradas nos sistemas silvipastoris (SSP-28, diferença média de 2.4 ± 1.4 °C, e SSP-22, diferença média de 2.6 ± 1.6 °C), em relação ao sistema com pastagem sem sombra (PSS, variação média de 35.1 ± 4.5 °C). Além disso, nos sistemas SSPs foram encontradas médias

noturnas (19:00 às 06:00) mais elevadas (diferença média de 1.1 ± 0.2 °C entre SSPs e PSS; Fig. 1 b).

Apesar da presença de ilhas de calor detectadas entre as distâncias de 20.0 e 28.0 m (renque norte), mapas de distribuição térmica mostram valores inferiores de temperatura por infravermelho (IT) registradas no interior de ambos os sistemas silvipastoris (SSP-28, IT = 33.0 ± 5.0 °C e SSP-22, IT = 30.5 ± 3.5 °C; $P < 0.0001$, $n = 324$), comparadas ao sistema de pastagem sem sombra (IT = 36.8 ± 7.6 °C). Em todos os sistemas, a variação térmica diurna revela temperaturas mínimas registradas às 08h00 (IT ≥ 25.6 °C) e valores máximos entre 12:00 e 15:00 (IT ≤ 44.5 °C) (Fig. 2).

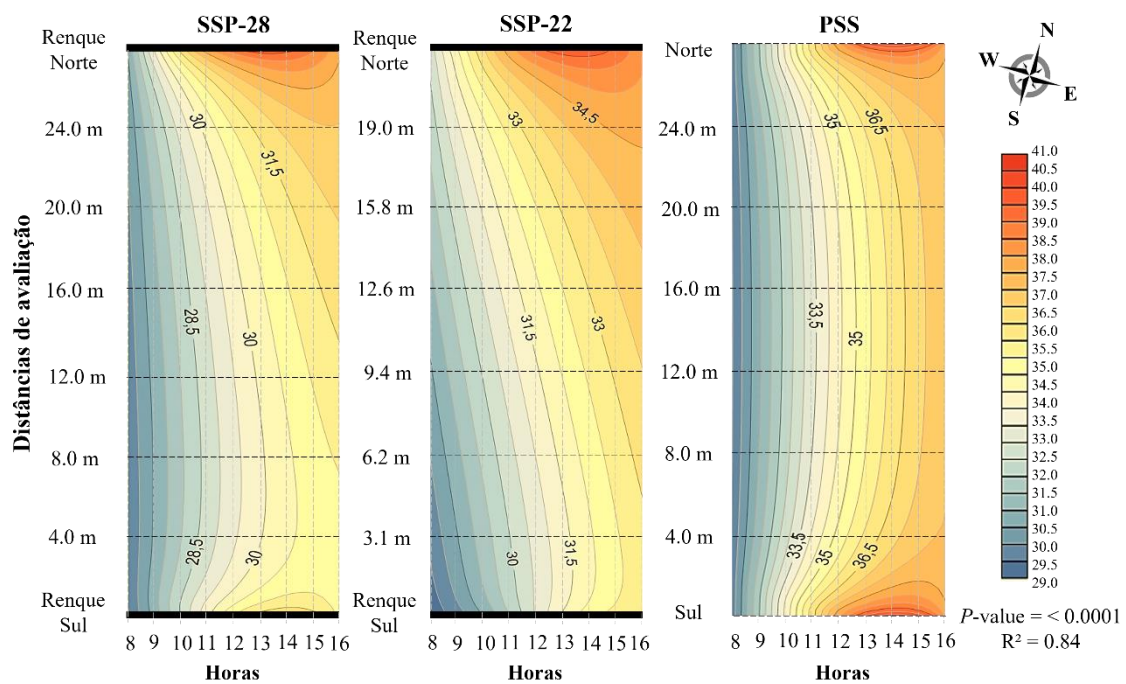


Figura 2. Distribuição diurna da temperatura por infravermelho entre fileiras de árvores em sistemas silvipastoris com eucalipto (SSP-28 e SSP-22) e pastagem sem sombra (PSS).

3.2. Atividades comportamentais

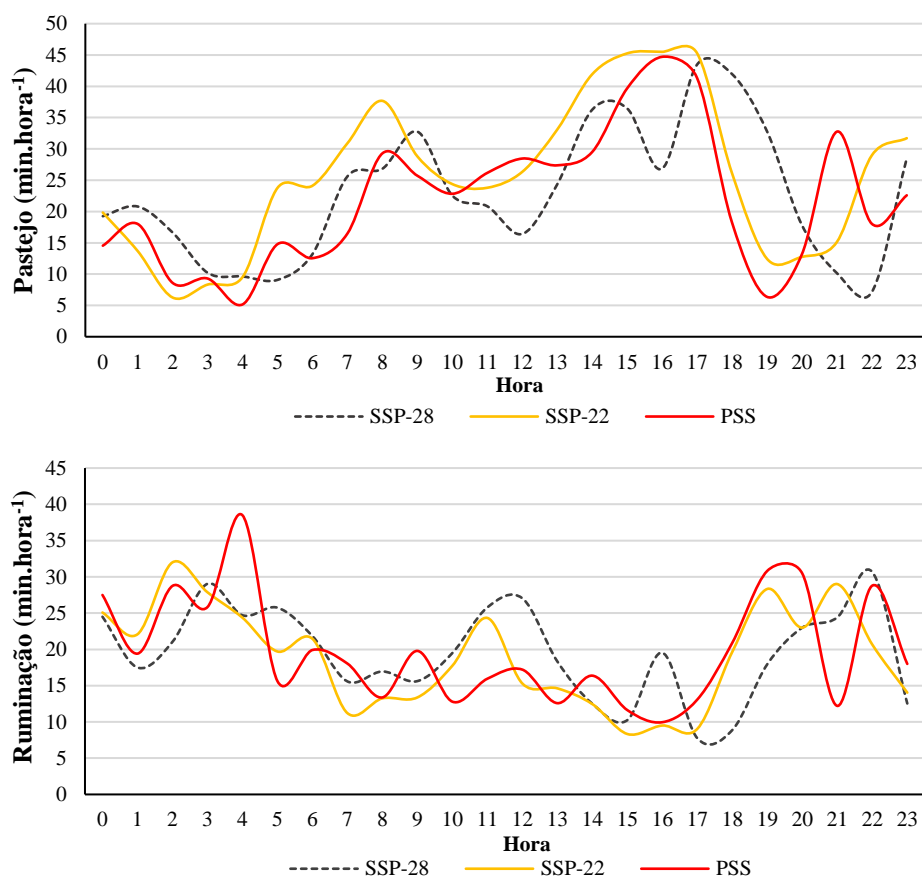
Diferentes ofertas de sombra afetaram significativamente as atividades comportamentais de bovinos de corte a pasto, em função das condições experimentais ($P < 0.0001$, $n = 1728$). Neste sentido, efeito de período mostra maior ingestão de água a tarde e maior consumo de sal mineral a noite (Tabela 1).

Tabela 1. Médias totais do tempo (min.período⁻¹) dedicado às atividades de ingestão de água e consumo de sal mineral por bovinos de corte em diferentes períodos do dia.

Variável	Ingestão de água	Sal mineral
Manhã	0.26 b	0.10 b
Tarde	0.61 a	0.12 b
Noite	0.17 b	0.22 a

Médias seguidas por letras minúsculas na mesma coluna são significativamente diferentes pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Em todos os sistemas, a atividade de pastejo foi preferencialmente realizada durante o dia (entre 07:00 e 17:00). Entretanto, interações significativas entre sistema e hora ($P < 0.0001$, $n = 1728$) mostram maior tempo (min.hora⁻¹) dedicado à esta atividade no sistema SSP-22 (25.6 ± 19.8 min.hora⁻¹). Além disso, foram identificados três intervalos com maior (entre 14:00 e 19:00), intermediário (entre 06:00 e 09:00 horas) e menor (entre 21:00 e 23:00 horas) tempo (min.hora⁻¹) de pastejo, em todos os sistemas (Fig. 3).



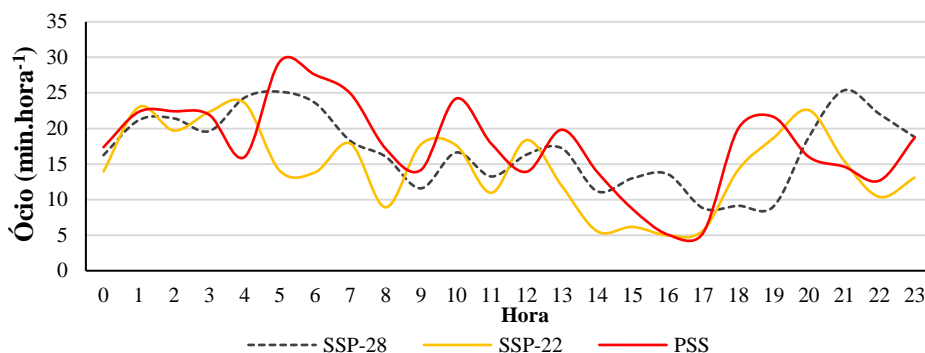


Figura 3. Variação diária do tempo (min.hora⁻¹) dedicado às atividades de pastejo, ruminação e ócio, por bovinos de corte, em sistemas silvipastoris com eucaliptos (SSP-28 e SSP-22) e pastagem sem sombra (PSS).

A atividade de ruminação foi preferencialmente realizada durante a noite. Entretanto, um curto período diurno (entre 11:00 e 12:00) também foi observado em ambos os sistemas silvipastoris (Fig. 3). De modo geral, a atividade de ócio foi realizada intercalada aos períodos de pastejo, no entanto, maior tempo dedicado à esta atividade foi observado no período noturno (entre 18:00 e 05:00) (Fig. 3). Do mesmo modo, interações significativas entre sistema e período ($P < 0.0001$, $n = 1728$) e entre mês e período ($P < 0.0001$, $n = 1728$), mostram que a atividade de descanso foi preferencialmente realizada a noite, com maior tempo dedicado a esta atividade no sistema SSP-22 e nos meses de fevereiro e março (Tabela 2).

Tabela 2. Tempo (min.período⁻¹) dedicado à atividade de descanso por bovinos de corte em diferentes períodos do dia.

Variável	Descanso		
	Manhã	Tarde	Noite
SSP-28	3.33 Aab	0.02 Ab	4.51 Ba
SSP-22	1.51 Ab	0.33 Ab	14.12 Aa
PSS	1.01 Ab	0.46 Ab	8.25 Ba
Janeiro	2.96 Aa	0.03 Ab	5.42 Ba
Fevereiro	2.62 Ab	0.12 Ab	9.71 Aa
Março	0.25 Ab	0.66 Ab	11.75 Aa

Médias seguidas por letras maiúsculas na mesma coluna e minúsculas na mesma linha, são significativamente diferentes pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. SSP-28 e SSP-22 – sistemas silvipastoris com eucaliptos; PSS – pastagem sem sombra.

Mapas de deslocamento de bovinos de corte mostram que a presença de sombra permitiu melhor exploração espacial dos piquetes dos sistemas silvipastoris (SSP-28 e SSP-22; Fig. 4). De fato, apesar do efeito de sistema não apresentar diferença significativa ($P > 0.05$) na distância percorrida (km), maior ritmo médio (min.km^{-1} ; $P < 0.0001$) foi necessário para o deslocamento dos animais no sistema com pastagem sem sombra (Tabela 3).

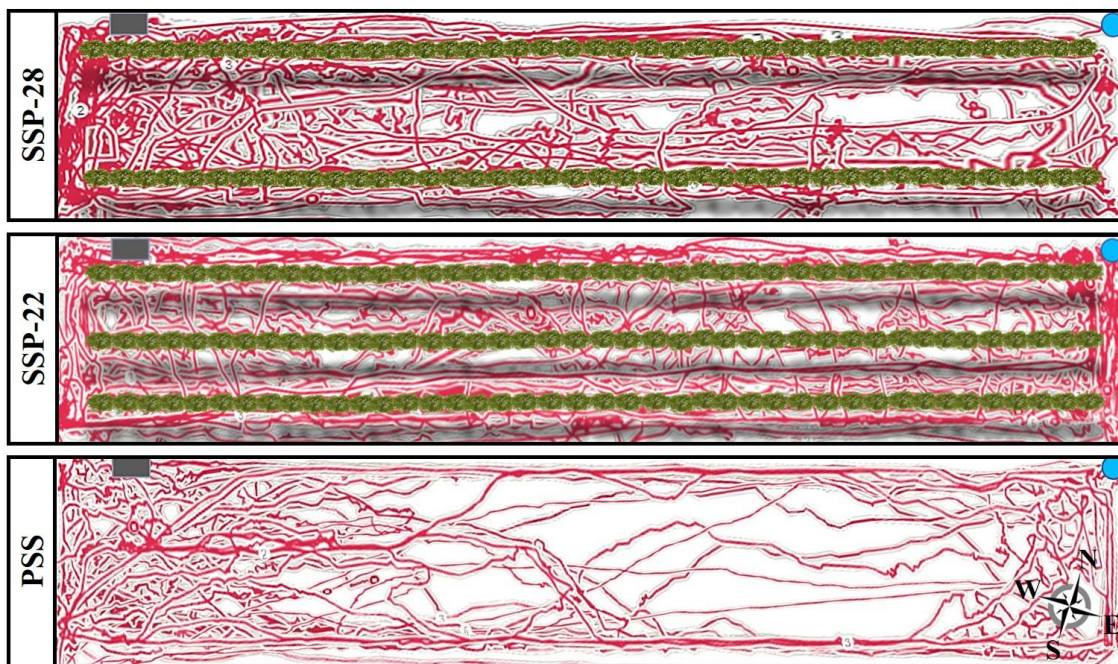


Figura 4. Representação esquemática dos mapas de deslocamento de bovinos de corte em piquetes de sistemas silvipastoris com renques de eucaliptos (SSP-28 e SSP-22, linhas verdes) e pastagem sem sombra (PSS). Retângulos cinzas representam a localização dos cochos para sal mineral e círculos azuis, os bebedouros d'água.

Tabela 3. Distância percorrida (km) e ritmo médio (min.km^{-1}) por bovinos de corte em sistemas silvipastoris com eucaliptos (SSP-28 e SSP-22) e pastagem sem sombra (PSS)

Variável	Distância percorrida	Ritmo médio
SSP-28	5.49	218.24 b
SSP-22	4.93	243.39 b
PSS	3.80	315.63 a

Médias seguidas por letras minúsculas na mesma coluna são significativamente diferentes pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

4. Discussão

Este ensaio foi realizado durante o verão, para avaliar o efeito da distribuição térmica em sistemas de pastejo com diferentes densidades de árvores, sobre as atividades comportamentais alimentares de bovinos Nelore. Considerando isso, os efeitos do estresse térmico combinados com a privação de sombra devem ser levados em consideração, uma vez que variações meteorológicas típicas para a região com clima de Cerrado brasileiro foram encontradas (Oliveira et al., 2018; 2021). As flutuações diárias de temperatura de globo negro foram acompanhadas por valores médios acima da temperatura crítica superior (35.0 °C), para bovinos da raça Nelore (Baêta e Souza, 2010), mas que permaneceram abaixo do limite (44.0 °C) classificado como estresse térmico severo (Ferreira et al., 2006). Como resultado do aumento progressivo no número de horas de incidência solar direta (Silva, 2006), observamos picos de temperaturas máximas sendo antecipados até três horas no decorrer dos meses. Além disso, março foi caracterizado como maior desafio térmico, devido às maiores médias diurnas registradas (diferença média de 0.80 a 6.67 °C, entre os meses), corroborando os resultados obtidos por Oliveira et al. (2018) e Giro et al. (2019).

Considerando que os valores mencionados são de referência, os animais dos três sistemas de criação estavam sujeitos a uma perigosa zona de estresse térmico em algum momento do dia (Lopes et al., 2016). No entanto, foi observado que ambos os sistemas silvipastoris foram eficazes na prevenção de extremos de aquecimento do ambiente de produção (redução de Tg média de 2.6 ± 1.5 °C), em relação ao sistema de pastagem sem sombra (Tg média de 35.8 ± 3.7 °C). As diferenças no status térmico foliar favoreceram à menor emissão de radiação por infravermelho (redução de TI média de 4.7 ± 5.6 °C em relação ao sistema de pastagem sem sombra - TI média de 36.8 ± 7.6 °C) pelos dosséis forrageiro e florestal, que resultaram em diferentes gradientes térmicos no interior dos renques e na redução de até três horas no acúmulo de carga de calor (TI ≥ 29.0 °C). Isto também foi observado por Karvatte Jr. et al. (2016); Giro et al. (2019); Pezzopane et al. (2019) e Magalhães et al. (2020), que associaram as mudanças microclimáticas sob a copa, à redução de até 31.0 % da carga térmica de radiação.

Apesar de estudos prévios considerarem que o conforto térmico não ocorre de maneira uniforme em sistemas silvipastoris (Baliscei et al., 2013; Pezzopane et al., 2015; Bosi et al., 2020; Deniz et al., 2020; Magalhães et al., 2020), observamos que a presença de árvores (i.e. sombra), em quantidades adequadas, na verdade melhora a distribuição

térmica no espaço entre renques no decorrer do dia. Nestes sistemas, observamos projeção da sombra no sentido sudoeste pela manhã e sudeste à tarde, ocupando todo o interior dos renques e formando uma faixa de exposição à incidência de radiação solar direta abaixo das copas, entre as 10:00 e 15:00 horas. Estas informações corroboram os resultados 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. Além disso, a presença de sombra favoreceu a menor amplitude térmica no ciclo diário, resultando em menor redução gradual de temperatura de globo negro durante a declinação solar, conservando um microclima mais ameno durante a noite (variação de Tg média de 23.6 ± 1.4 °C entre sistemas e diferença média de 1.1 ± 0.2 °C entre SSPs e PSS), conforme observado por Pezzopane et al. (2019).

Do ponto de vista comportamental, como os animais eram mantidos em condições naturais de pastejo, o efeito da distribuição térmica alterou algumas atividades entre os horários do dia, onde maior intensidade de pastejo foi realizada entre duas (tempo médio dedicado de $44.7 \text{ min.hora}^{-1}$, em sistema PSS) e três horas (tempo médio dedicado de $44.5 \text{ min.hora}^{-1}$, em sistemas SSPs) após o pico máximo de temperatura de globo negro (valor médio às 15:00 de 39.2 °C em sistema PSS e 37.1 °C em sistemas SSPs). De modo geral, os animais produzidos em sistema de pastagem sem sombra possivelmente reduziram a intensidade de pastejo na tentativa de lidar com o estresse térmico imposto pelo ambiente. No entanto, considerando que o tempo dedicado a esta atividade aumentou progressivamente em todos os sistemas a partir do meio-dia, os nossos resultados representam a capacidade superior de termorregulação de bovinos Zebuínos, como resultado de sua menor produção de calor metabólico (Melo Costa et al., 2018). Isso foi observado por Van Laer et al., (2015); Domiciano et al. (2016); Lopes et al. (2016) e Oliveira et al. (2021), que também registraram aumento desta atividade na sombra (50.0 %), quando o sistema possuía árvores. Além disso, Oliveira et al. (2019) relataram que bovinos da raça Nelore criados em sistemas silvipastoris são capazes de manter o equilíbrio térmico interno corporal até três horas após o tempo de exposição ao estresse, justificando a diferença encontrada entre os sistemas e demonstrando a capacidade destes animais em manter as atividades comportamentais mesmo em condições ambientais desafiadoras.

Diversos estudos relataram que bovinos de corte a pasto utilizam uma série de comportamentos adaptativos para reduzir a carga de calor imposta pelo ambiente, incluindo aumento da procura e permanência em áreas sombreadas (Schültz et al., 2010;

Lopes et al., 2016; Vizzotto et al., 2015); alinhamento do corpo para reduzir a exposição à radiação solar direta (Lees et al., 2020); alterações na postura permanecendo maior tempo em ócio ou executando atividades em pé (Giro et al., 2019; Vieira et al., 2020; Oliveira et al., 2021) e maior concentração próximo a bebedouros d'água (Ferreira et al., 2011; Vizzotto et al., 2015), que acabam por afetar o tempo dedicado à atividade de pastejo. Entretanto, neste estudo, também foi observado que os animais produzidos em sistema de pastagem sem sombra diminuíram as atividades físicas (caminhar) durante a busca por alimentos. O deslocamento no interior dos piquetes foi realizado com maior intensidade próximo as cercas, necessitando de maior tempo por quilometro percorrido em comparação aos sistemas silvipastoris, e concentrando-se próximos a bebedouros d'água e cochos para mineralização. Assim, os resultados referentes a exploração espacial dos sistemas de produção concordam com Ferreira et al. (2011) e Araújo et al. (2018), e sugerem que os sistemas silvipastoris favorecem a dispersão dos animais devido as suas melhores condições térmicas e áreas sombreadas.

Para favorecer a perda de calor corporal, os animais reduziram progressivamente o consumo de forragem durante a tarde e aumentaram a ingestão de água. Estas atividades são utilizadas pelos animais em dias de elevado estresse térmico como mecanismo para reduzir o fluxo de ingestão no rúmen (calor metabólico) e evitar a desidratação pela dissipação de calor por meios evaporativos (Collier e Gebremedhin, 2015; Poulopoulou et al., 2019). Nos estudos de Giro et al. (2019), Souza et al. (2019) e Vieira et al. (2020), os padrões de ruminação e ingestão de água foram semelhantes aos achados do presente experimento (valor médio de 19.8 ± 18.6 min.hora⁻¹ para ruminação em sistema PSS e 19.3 ± 11.5 min.hora⁻¹ em sistemas SSPs), sendo que a ruminação foi quase constante durante o dia e a ingestão de água aumentou consideravelmente (31.0 %), quando o sistema de produção não fornecia sombra.

Neste sentido, as atividades noturnas de ruminação (24.4 ± 14.1 min.hora⁻¹ em sistema PSS e 22.6 ± 9.3 min.hora⁻¹ em sistemas SSPs), ócio (20.0 ± 9.4 min.hora⁻¹ em sistema PSS e 18.4 ± 6.9 min.hora⁻¹ em sistemas SSPs) e descanso (média de 8.96 ± 4.45 min.hora⁻¹ entre os sistema de pastejo), foram as estratégias mais eficientes usadas pelos animais, devido as menores médias de temperaturas de globo negro registradas (23.2 ± 3.4 °C em sistema PSS e 24.1 ± 1.6 °C em sistemas SSPs). Diante disso, com os intervalos para consumo de sal mineral noturno e um curto período de pastejo mais intenso realizado ao amanhecer, é possível inferir que durante este estudo o resfriamento noturno foi eficaz em reduzir a carga de calor corporal acumulada durante o dia, reestabelecendo os padrões

comportamentais dos animais nos dias posteriores (Gaughan et al., 2008; Vizzotto et al., 2015; Oliveira et al., 2019; Pezzopane et al., 2019).

Desse modo, é possível concluir que os sistemas silvipastoris possibilitam os animais selecionar regiões termicamente mais confortáveis para realizar suas atividades comportamentais diurnas, independente da condição térmica imposta pelo horário. Além disso, os resultados abrem portas para novos estudos na área de fisiologia e bioclimatologia animal, e apontam para os sistemas silvipastoris como eficientes estratégias de gestão ambiental. Ao analisar os dados microclimáticos, em especial o efeito noturno, supõem-se que estes sistemas também sejam eficientes estratégias para evitar a morte de animais por hipotermia durante eventos de inversões térmicas noturnas recorrentes na região de estudo, conforme relatado por Santos et al. (2012), após avaliar um registro histórico de dez anos, no estado de Mato Grosso do Sul (54° 87' W, 20° 29' S; Brasil), e concluir que a ausência de árvores em pastagens foi uma das possíveis causas.

5. Conclusão

A distribuição térmica em sistemas de pastejo afeta as atividades comportamentais de bovinos de corte, mesmo em situações moderadas de estresse térmico. No entanto, a presença de sombra permite os animais selecionar as melhores áreas de pastejo, explorando melhor os sistemas. Desse modo, os animais pastejam mais em sistemas silvipastoris, selecionando o período noturno como melhor estratégia para a mitigação do estresse térmico e retorno aos padrões normais de comportamento.

6. Bibliografia

- Araújo, R.A., Rodrigues, R.C., Costa, C.S., Santos, R.N.S., Cutrim Júnior, J.A.A., Jesus, A.P.R., Shigaki, F., Araújo, J.S. 2017. Grazing behavior and spatial distribution of feces of Young bulls in silvopastoral systems and Marandu monoculture in the Pre-Amazon region. *Act. Sci. Anim. Sci.* 39(1)83-90. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i1.33085>
- Barreto, C.D., Alves, F.V., Ramos, C.E.C. de O., Leite, M.C. de P., Leite, L.C., Karvatt Jr., N., 2020. Infrared thermography for evaluation of the environmental thermal comfort for livestock. *Int. J. Biometeorol.* 64, 881–888. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01878-0>.

- Bosi, C., Pezzopane, J.R.M., Sentelhas, P.C., 2020. Silvopastoral system with Eucalyptus as a strategy for mitigating the effects of climate change on Brazilian pasturelands. *An. Acad. Bras. Cienc.* 92, e20180425 <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020180425>.
- Collier, R.J., Gebremedhin, K.G., 2015. Thermal biology of domestic animals. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 3, 513–532. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022114-110659>.
- Da Trindade, J.K., Carvalho, P.C.F., Neves, F.P., Pinto, C.E., Gonda, H.L., Nadin, L.B., Correia, L.H.S., 2011. Potential of an acoustic method for quantifying the activities of grazing cattle. *Pesq. Agropec. Bras.* 46(8):965-968.
- Deniz, M., Schimitt Filho, A.L., Hötzel, M.J., Souza, K.T de, Machado Filho, L.C.P., Sinisgalli, P., 2020. Microclimate and pasture area preferences by dairy cows under high biodiversity silvopastoral system in Southern Brazil. *Int. J. Biometeorol.* 64, 1877–1887. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01975-0>.
- Fernandes, J., Blache, D., Maloney, S. K., Martin, G. B., Venus, B., Walker, F. R., Head, B., Tilbrook, A., 2019. Addressing animal welfare through collaborative stakeholder networks. *Agricult.* 9(6):132. <https://doi.org/10.3390/agriculture9060132>
- Ferreira, F., Pires, M.F.A., Martinez, M.L., Coelho, S.G., Carvalho, A.U., Ferreira, P.M., Facury Filho, E.J., Campos, W.E., 2006. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 58:732–738. doi:10.1590/S0102-09352006000500005
- Gaughan, J.B., Mader, T.L., Holt, S.M., Lisle, A., 2008. A new heat load index for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 86, 226–234. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0305>.
- Giro, A., Pezzopane, J.R.M., Barioni Jr., W., et al., 2019. Behaviour and body surface temperature of beef cattle in integrated crop-livestock systems with or without tree shading. *Sci. Total Environ.* 684, 587–596. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.377>.
- Karvatte Junior, N., Klosowski, E.S., Almeida, R.G., Mesquita, E.E., Oliveira, C.C., Alves, F.V., 2016. Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. *Int. J. Biometeorol.* 60, 1–9. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1180-5>.
- Karvatte Junior, N., Myage, E.S., de Oliveira, C.C., Barreto, C.D., Mastelaro, A.P., Bungenstab, D.J., Alves, F.V., 2020. Infrared thermography for microclimate assessment in agroforestry systems. *Sci. Total Environ.* 731. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139252>.

- Karvatte Junior, N., Myage, E.S., de Oliveira, C.D., Mastelaro, A.P., Coelho, F. de A., Bayma, G., Bungenstab, D.J., Alves, F.V., 2021. Spatiotemporal variations on infrared temperature as a thermal comfort indicator for cattle under agroforestry systems. *J. Therm. Biol.* 97:102871. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102871>.
- Keeling, L., Tunón, H., Olmos Antillón, G., Berg, C., Jones, M., Stuardo, L., Swanson, J., Wallenbeck, A., Winckler, C., Blokhuis, H. 2019. Animal welfare and the United Nations sustainable Development Goals. *Front. Vet. Sci.* 6(336). <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00336>
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., Rubel, F., 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorol. Zeitschrift.* 15 (3), 259–263. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>.
- Lees, A.M., Sejian, V., Wallage, A.L., Steel, C.C., Mader, T.L., Lees, J.C., Gaughan, J.B. 2019. The impact of heat load on cattle. *Animals.* 9 – 322. <https://doi.org/10.3390/ani906032>
- Magalhães, C.A.S., Zolin, C.A., Lulu, J., Lopes, L.B., Furtini, I.V., Vendrusculo, L.G., Zaiatz, A.P.S.R., Pedreira, B.C., Pezzopane, J.R.M., 2020. Improvement of thermal comfort indices in agroforestry systems in the southern Brazilian Amazon. *J. Therm. Biol.* 91, 102636. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102636>.
- Oliveira, C.C., Villela, S.D., de Almeida, R.G., Alves, F.V., Behling-Neto, A., Martins, P.G. M. de A., 2014. Performance of Nellore heifers, forage mass, and structural and nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* grass in integrated production systems. *Trop. Anim. Health Prod.* 46 (1), 167–172. <https://doi.org/10.1007/s11250-013-0469-1>.
- Oliveira, C.C. de, Alves, F.V., Almeida, R.G. de, Gamarra, E.L., Villela, S.D.J., Martins, P. G.M. de A., 2018. Thermal comfort indices assessed in integrated production systems in the Brazilian savannah. *Agrof. Syst.* 92, 1659–1672. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0114-5>.
- Oliveira, C.C. de, Alves, F.V., Martins, P.G.M. de A., Karvatte Junior, N., Alves, G.F., Almeida, R.G. de., Mastelaro, A.P., da Costa e Silva, E.V., 2019. Vaginal temperature as indicative of thermoregulatory response in Nellore heifers under different microclimatic conditions. *PLoS One* 14 (10), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223190>.
- Oliveira, C. de O., Almeida, R.G. de A., Karvatte Junior, N., Vilela, S.D.J., Bungenstab, D.J., Alves, F.V., 2021. Daytime ingestive behaviour of grazing heifers under tropical silvopastoral systems: Responses to shade and grazing management. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 240, 105360. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105360>.

- Pezzopane, J.R.M., Bosi, C., Nicodemo, M.L.F., Santos, P.M., Cruz, P.G., Parmejiani, R.S., 2015. Microclimate and soil moisture in a silvopastoral system in southeastern Brazil. *Bragantia* 74, 110–119.
- Pezzopane, J.R.M., Nicodemo, M.L.F., Bosi, C., Garcia, A.R., Lulu, J., 2019. Animal thermal comfort indexes in silvopastoral systems with different tree arrangements. *J. Therm. Biol.* 79, 103–111. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.12.015>.
- Poulopoulou, I., Lambertz, C., Gauly, M., 2019. Are automated sensors a reliable tool to estimate behavioural activities in grazing beef cattle? *Appl. Anim. Behav. Sci.* 216, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2019.04.009>.
- Santos, B.S., Pinto, A.P., Aniz, A.C.M., Almeida, A.P.M.G., Franco, G.L., Guimarães, E.B., Lemos, R.A.A., 2012. Mortality of zebu cattle by hypothermia in Mato Grosso do Sul, Brazil. *Pesq. Vet. Bras.* 32(3):204-210.
- Silva, R.G., 2006. Predição da configuração de sombra de árvores em pastagens para bovinos. *Eng. Agric.* 26:268–281.
- Souza, E.C., Salman, A.K.D., da Cruz, P.G., Veit, H.M., de Carvalho, G.A., da Silva, F.R. F., Schmitt, E., 2019. Thermal comfort and grazing behaviour of Girolando heifers in integrated crop-livestock (ICL) and crop-livestock-forest (ICLF) systems. *Acta Sci. Anim. Sci.* 41, 1–10. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v41i1.46483>.
- Van Lear, E., Moons, C.P.H., Ampe, B., Sonck, B., Vandaele, L., Campeneere, S., Tuytens, F.A.M. 2015. 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. doi: 10.1017/S1751731115000804
- Von Falk, A.C., Weary, D.M., Wincklet, C., Von Keyserlingk, M.A.G. 2012. Preference for pasture versus freestall housing by dairy cattle when stall availability indoors is reduced. *J. Dairy Sci.* 95:6409–6415. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5208>

ANEXO I

ATIVIDADES PÓS-DOCTORAL

Inicialmente, o cronograma previsto com este período de estágio de pós-doutorado voluntário previa as seguintes atividades:

Atividade	JUN-AGO 2019	SET-NOV 2019	DEZ-FEV 2019-2020	MAR-MAI 2020	JUN-AGO 2020	SET-NOV 2020	DEZ-FEV 2020-2021	MAR-MAI 2021
Adaptação dos animais	X					X		
Revisão de literatura e preparo dos materiais/equipamentos	X		X		X		X	
Treinamento de estudantes de graduação e pós-graduação	X	X	X	X	X	X	X	X
Desempenho animal	X	X	X	X	X	X	X	
Consumo diário (água, forragem e ração)	X	X	X	X	X	X	X	
Comportamento ingestivo e distribuição espacial de fezes	X		X		X	X	X	
Microclima e conforto térmico	X		X		X		X	
Parâmetros fisiológicos	X		X		X		X	
Parâmetros tricológicos								
Gases de efeito estufa		X		X			X	
Protocolo de bem-estar animal							X	
Qualidade de carne e carcaça							X	X
Oferta de disciplina e/ou coorientação de alunos				X				
Análise estatística					X			X
Resultados parciais					X			
Resultados e relatório final								X

No entanto, o período estipulado passou por diferentes situações que interferiram na implantação e execução estas atividades, acarretando em atrasos e reduzido número de dados, as quais:

- Seca (Anexo II): No momento da implantação experimental (junho a agosto de 2019), um severo período de estiagem afetou o início das atividades. Neste período, a disponibilidade de forragem era mínima, inviabilizando a introdução dos animais nos diferentes sistemas integrados.

- Incêndio (Anexo III): em função da pastagem seca decorrente do período de estiagem, em 16 de agosto de 2019 a área experimental foi tomada por um incêndio acidental. Assim, houve a necessidade de adiar mais uma vez as avaliações para que medidas necessárias fossem tomadas.

- Pandemia do Corona Vírus: Em dezembro de 2019, após reestruturação da área experimental pós incêndio, algumas atividades foram iniciadas (avaliação microclimática, comportamento animal (dados utilizados para esta defesa) e avaliação forrageira) e avaliadas até meados de março de 2020, quando novamente houve a necessidade de cancelar toda as atividades em função da pandemia do Corona Vírus. Devido às normas internas da Embrapa, as atividades puderam ser retomadas somente em janeiro de 2021,

em escala de revezamento e aquelas que não necessitam de trabalho em laboratório. No entanto, as avaliações com os animais só foram possíveis de iniciar em fevereiro de 2021, com a entrada de um novo lote de animais.

- Embargo de Fundação de Apoio à Pesquisa: Em abril de 2021, o contrato de pesquisa do pós-doutorado foi desfeito em função do embargo da fundação de apoio à pesquisa que realizava seus pagamentos e administrava as verbas direcionadas ao projeto em questão, sendo necessário, assim, encerrar definitivamente as atividades.

Apesar destes diferentes imprevistos ocorridos, atividades como organização de dados, redação de artigos científicos, documentos técnicos e divulgação de pesquisa por meio de palestras foi possível de ser realizadas e concluídas, algumas delas são destacadas abaixo:

Artigos completos publicados em periódicos

1. DE OLIVEIRA, CAROLINE CARVALHO; DE ALMEIDA, ROBERTO GIOLO; **KARVATTE JUNIOR, NIVALDO**; VILLELA, SEVERINO DELMAR JUNQUEIRA; BUNGENSTAB, DAVI JOSÉ; ALVES, FABIANA VILLA. Daytime ingestive behaviour of grazing heifers under tropical silvopastoral systems: responses to shade and grazing management. *APPLIED ANIMAL BEHAVIOUR SCIENCE.*, v..., p.105360, 2021.

2. **JUNIOR, NIVALDO KARVATTE**; MIYAGI, ELIANE SAYURI; CARVALHO DE OLIVEIRA, CAROLINE; MASTELARO, ARIADNE PEGORARO; DE AGUIAR COELHO, FLÁVIO; BAYMA, GUSTAVO; BUNGENSTAB, DAVI JOSÉ; ALVES, FABIANA VILLA. Spatiotemporal variations on infrared temperature as a thermal comfort indicator for cattle under agroforestry systems. *JOURNAL OF THERMAL BIOLOGY.*, v.97, p.102871, 2021.

3. PEGORARO MASTELARO, ARIADNE ; SAYURI MIYAGI, ELIANE ; **KARVATTE JUNIOR, NIVALDO** ; ROMEIRO DE OLIVEIRA MENEZES, GILBERTO ; GUSTAVO MACEDO DE ALMEIDA MARTINS, PAULO ; VILLA ALVES, FABIANA . Morpho-physiological responses of bos indicus, bos taurus and crossbred weaned heifers to seasonal variations. *SCIENTIA AGRARIA PARANAENSIS*, v. 20, p. 186-192, 2021.

4. BARRETO, C. D.; ALVES, F. V.; RAMOS, C. E. C. O.; LEITE, M. C. P.; LEITE, L. C.; **KARVATTE JUNIOR, N.** Infrared thermography for evaluation of the environmental thermal comfort for livestock. *INTERNATIONAL JOURNAL OF BIOMETEOROLOGY.*, v.64, p.1 - 8, 2020.

5. **JUNIOR, NIVALDO KARVATTE**; MIYAGI, ELIANE SAYURI; DE OLIVEIRA, CAROLINE CARVALHO; BARRETO, CAMILLA DINIZ; MASTELARO, ARIADNE PEGORARO; BUNGENSTAB, DAVI JOSÉ; ALVES, FABIANA VILLA. Infrared thermography for microclimate assessment in agroforestry systems. *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT.*, v.731, p.139252, 2020.

6. OLIVEIRA, C. C.; ALVES, F. V.; MARTINS, P. G. M. A.; **KARVATTE JUNIOR, N.**; ALVES, G. F.; ALMEIDA, R. G.; MASTELARO, A. P.; SILVA, E. V. C. E. Vaginal temperature as indicative of thermoregulatory response in Nellore heifers under different microclimatic conditions. *PLoS One.*, v.14, p.e0223190, 2019.

Capítulos de livros publicados

1. ALVES, F. V.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; **KARVATTE JUNIOR, N.** Bem-estar animal e ambiência na ILPF. In: ILPF inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2019, p. 207-223.

2. ALVES, F. V.; **KARVATTE JUNIOR, N.** Benefícios da sombra em sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta nos trópicos. In: ILPF inovação com integração de lavoura pecuária e floresta. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2019, p. 525-541.

Produções técnicas

1. ALVES, F. V.; **KARVATTE JUNIOR, N.**; OLIVEIRA, C. C. **Aplicações da Termografia por Infravermelho (TIV) na bovinocultura de corte.** Documentos. Campo Grande, MS:Embrapa Gado de Corte, 2020.
2. ALVES, F. V.; GOMES, R. C.; ALMEIDA, R. G.; **KARVATTE JUNIOR, N.**; OLIVEIRA, C. C. **Bem-estar animal: desafios, oportunidades e perspectivas globais.** Documentos. Campo Grande, MS:Embrapa Gado de Corte, 2020.

Apresentação de palestra

1. **KARVATTE JUNIOR, NIVALDO. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: Produção animal com benefícios ambientais., 2021.**

Referências adicionais: Brasil/Português; Local: Ambiente virtual (online/remota) para a disciplina de Produção integrada: lavoura, pecuária e floresta.; Cidade: Marechal Cândido Rondon, PR; Evento: Programa de Pós-Graduação em Agronomia; Inst.promotora/financiadora: Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste

2. **KARVATTE JUNIOR, N. Termografia por infravermelho aplicada a zootecnia de precisão., 2020.**

Referências adicionais: Brasil/Português; Local: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia; Cidade: Campo Grande; Evento: Encontro de Zootecnia de Precisão e Tecnologias Aplicadas; Inst.promotora/financiadora: Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

2. **KARVATTE JUNIOR, N. Bem-estar animal em sistemas silvipastoris., 2020.**

Referências adicionais: Brasil/Português. Meio de divulgação: Meio digital. Home page: https://www.youtube.com/watch?v=NFRkRRxK_Go; Local: Empresa Junior de Zootecnia; Cidade: Aquidauana (MS); Evento: 1º Aquizoo meeting "Bem-Estar Animal".; Inst.promotora/financiadora: Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul

3. **KARVATTE JUNIOR, N. Os cinco domínios do bem-estar animal aplicados à sistemas silvipastoris., 2020.**

Referências adicionais: Brasil/Português. Meio de divulgação: Meio digital; Local: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia; Cidade: Campo Grande, MS; Evento: Encontro de Bioclimatologia Aplicada à Produção Animal; Inst.promotora/financiadora: Universidade Federal de Goiás

4. **KARVATTE JUNIOR, N. Produção em sistemas agroflorestais., 2020.**

Referências adicionais: Brasil/Português. Meio de divulgação: Meio digital. Home page: <https://padlet.com/liliangoes/99scbx5hwoiiggi6>; Local: apresentação virtual; Cidade: Bodoquena - MS; Evento: ENCONTROS TÉCNICOS VIRTUAIS - CTA 2020; Inst.promotora/financiadora: Fundação Bradesco

5. **KARVATTE JUNIOR, N. Termografia por infravermelho aplicada a zootecnia de precisão., 2020.**

Referências adicionais: Brasil/Português; Local: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia; Cidade: Campo Grande; Evento: Encontro de Zootecnia de Precisão e Tecnologias Aplicadas; Inst.promotora/financiadora: Fundação Universidade Federal de Mato

6. **KARVATTE JUNIOR, N. Ambiência e Bem-Estar Animal em ILPF, 2019.**

Referências adicionais: Brasil/Português. Meio de divulgação: Outro; Local: Embrapa Gado de Corte; Cidade: Campo Grande, MS; Evento: Visita técnica de alunos; Inst.promotora/financiadora: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

6. **KARVATTE JUNIOR, N. Resultados da produção animal em ILPF., 2019.**

Referências adicionais: Brasil/Português; Local: Campus São Vicente; Cidade: Cuiabá; Evento: X Jornada Científica: Formação acadêmica e os desafios do mundo do trabalho; Inst.promotora/financiadora: Instituto Federal de Mato Grosso

7. **KARVATTE JUNIOR, N. Sistemas em ILPF, 2019**

Referências adicionais: Brasil/Português. Meio de divulgação: Outro; Local: Embrapa Gado de Corte; Cidade: Campo Grande, MS; Evento: Visita técnica de alunos; Inst.promotora/financiadora: Empresa de Pesquisa Agropecuária

ANEXO II

Efeito da estiagem na disponibilidade de forragem em sistemas integrados (junho a agosto de 2019).



ANEXO III

Incêndio na área experimental (agosto de 2019).



ANEXO IV

Comprovante de defesa pública de relatório de pesquisa de pós-doutorado.

