

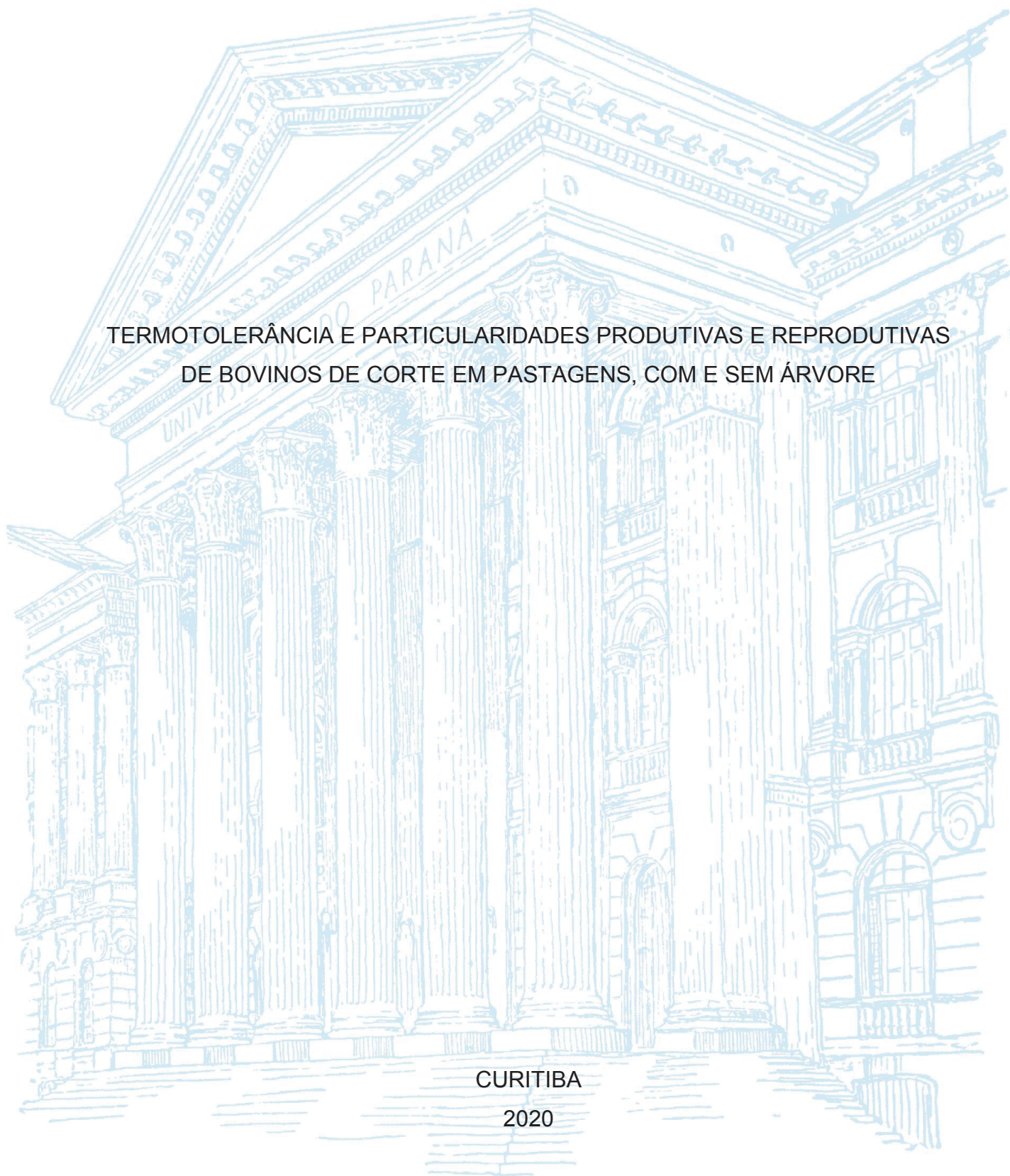
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ARIADNE PEGORARO MASTELARO

TERMOTOLERÂNCIA E PARTICULARIDADES PRODUTIVAS E REPRODUTIVAS
DE BOVINOS DE CORTE EM PASTAGENS, COM E SEM ÁRVORE

CURITIBA

2020



ARIADNE PEGORARO MASTELARO

TERMOTOLERÂNCIA E PARTICULARIDADES PRODUTIVAS E REPRODUTIVAS
DE BOVINOS DE CORTE EM PASTAGENS, COM E SEM ÁRVORE

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Setor de Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Orientadora: Profa. Dra. Maity Zopollatto

Coorientadora: Dra. Fabiana Villa Alves

CURITIBA

2020

Mastelaro, Ariadne Pegoraro
Termotolerância e particularidades produtivas e reprodutivas de
bovinos de corte em pastagens, com e sem árvore. / Ariadne Pegoraro
Mastelaro. - Curitiba, 2020.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná. Setor de Setor de
Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.
Orientadora: Maity Zopollatto.

Coorientadora: Fabiana Villa Alves.

1. Bovinos de corte - Fatores climáticos. 2. Ambiência. 3. Agropecuária
- Aspectos ambientais. I. Zopollatto, Maity. II. Alves, Fabiana Villa. III.
Título. IV. Universidade Federal do Paraná.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRARIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ZOOTECNIA -
40001016082P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ZOOTECNIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **ARIADNE PEGORARO MASTELARO** intitulada: **Termotolerância e particularidades produtivas e reprodutivas de bovinos de corte em pastagens, com e sem árvore**, sob orientação da Profa. Dra. **MAITY ZOPOLLATTO**, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua **APROVAÇÃO** no rito de defesa.

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

CURITIBA, 04 de Março de 2020.

MAITY ZOPOLLATTO

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

MARCOS MARTINEZ DO VALE

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

JOÃO RICARDO DITTRICH

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

ROBERTO GIOLO DE ALMEIDA

Avaliador Externo (EMBRAPA)

Ao meu pai José Carlos e à minha mãe Ivanilde
Pelo amor incondicional e confiança;
Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me dá saúde para enfrentar os obstáculos, dificuldades impostas e por não me deixar desistir.

Aos meus queridos pais, pela confiança, dedicação, compreensão e pelo amor incondicional a mim oferecido.

A minha irmã Aline, pelo amor e todas as palavras de carinho e consolo que precisei em todos esses anos.

Aos meus pequenos Nicolly, Alice, Alexandre e José, felicidade e alegria são as palavras que resumem os momentos especiais ao lado de vocês.

À professora Dra. Maity Zopollatto, por ter confiado em mim, pelo amor e inspiração profissional que sempre me ofereceu, além da dedicação na minha formação.

À Dra. Fabiana Villa Alves, pela coorientação, apoio científico e confiança depositada durante os sete anos de trabalho em conjunto.

À Dra. Alessandra Nicacio Corallo e à Dra. Eliane Vianna da Costa e Silva pela disponibilidade nas coletas experimentais.

À nova família que fiz em Campo Grande, Stella Maris Bender Rossetto, Bruna Ferrari e Amora, por compartilharem a experiência do amor, amo vocês.

Ao Ranieri Josué da Costa, por amor e carinho em toda jornada.

À Fazenda Boa Aguada, aos funcionários do campo que participaram de todas as coletas, auxiliando no manejo dos animais, em especial ao senhor Geraldo Mateus Reis, por disponibilizar os animais e a área.

Ao CNPq, Fundect, Embrapa e UFMS, pela concessão de recursos financeiros para a realização das coletas e análises laboratoriais.

Aos funcionários da Embrapa Gado de Corte/ MS, em especial Odivaldo Nantes Goulart (pois sem ele nada teria acontecido) e ao Valdir de Oliveira Acosta, pelo apoio nas coletas dos dados.

À Adriane, pela amizade, amor e paciência, se não fosse por você, meus dias em Curitiba teriam sido gelados.

Ao grupo de pesquisadores em ILPF (Roberto de Almeida Giolo, Rodrigo Gomes, Manuel Claudio Motta Macedo), Embrapa Gado de Corte.

Aos amigos feitos em Curitiba, aos docentes e funcionários da UFPR-Curitiba, que me acolheram e me ajudaram em tudo.

OBRIGADA

“Se não puder voar, corra. Se não puder correr, ande. Se não puder andar, rasteje, mas continue em frente de qualquer jeito”.

Martin Luther King

“Não há nada nobre em ser superior aos seus semelhantes. A verdadeira nobreza está em ser superior ao seu antigo eu”

W.L.Sheldon

RESUMO

Objetivou-se avaliar as respostas fisiológicas, produtivas e reprodutivas de bovinos mantidos sob diferentes condições microclimáticas, no Centro-Oeste brasileiro. Foram desenvolvidos três experimentos. Os dois primeiros foram conduzidos por cinco meses, com duas repetições por mês, na Embrapa Gado de Corte, MS. Foram utilizadas 16 fêmeas Nelore, em diferentes sistemas: ILPF (28m entre fileiras de eucalipto e 4m entre as árvores) e o sistema ILP, composto por pastagem. O primeiro experimento, o delineamento experimental usado foi ao acaso, em esquemas de parcelas subdivididas, as parcelas foram os sistemas de produção, e a subdivisão, os meses do ano, para avaliação da frequência cardíaca (FC) por meio de frequencímetro (Polar®). O segundo, o delineamento foi em blocos ao acaso, sendo os sistemas ILPF e ILP os tratamentos, com mensuração da temperatura superficial de pelame (TS) por termografia. Para caracterização do microclima foi coletada a temperatura de globo negro (Tgn), por todo período amostral. O último, foi conduzido de outubro de 2018 a março de 2019, na fazenda Boa Aguada, MS. Foram utilizados 10 machos $\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore, criados em sistemas em integração, com diferentes ofertas de sombra: ILPF com arranjo de 28x2 m e o sistema ILP, pastagem. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, sendo a parcela correspondente aos sistemas de produção e, a subparcela, aos meses do ano, para avaliação de desempenho animal, termografia escrotal, avaliação da qualidade seminal e avaliação histológica escrotal. Para caracterização do microclima foram coletados dados da temperatura do ar (Ta) e de globo negro (Tgn), e umidade relativa do ar (UR), por 24 h e durante cinco meses e, posteriormente, calculado o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU). No primeiro, não houve diferença na FC entre os sistemas ($p=0,085$), mas para período houve ($p=0,031$). Para o segundo experimento, não houve diferença entre os sistemas para TS, mas houve entre os horários coletados, com a menor média ($31,74^{\circ}\text{C}$), às 7h00. Para os meses avaliados, maio apresentou as menores médias em todos os horários para TS. A Tgn na pastagem apresentou a maior média ($26,7^{\circ}\text{C}$), com redução de $1,34^{\circ}\text{C}$ no ILPF ($p=0,006$). Para o terceiro experimento, o ITGU não apresentou grande amplitude em relação aos tratamentos com o mínimo de 76, com três pontos a mais para o valor máximo. As médias obtidas para ganho de peso total ($p<0,001$) e médio diário ($p=0,1868$) foram: no sistema de ILPF, de 129,3 e 1,3 kg e, no ILP, de 116,2 e 0,8 kg, respectivamente. A temperatura escrotal se manteve dentro do padrão preconizado, entre $33,6$ e $35,3^{\circ}\text{C}$, variando de acordo com a posição do polo, cranial. Na qualidade seminal os sistemas diferiram ($p<0,05$), sendo que as médias foram superiores no ILP: motilidade (71,3%) e defeitos: maior (35,3); menor (6,2) e total (28,8). Para a avaliação histológica, as médias obtidas após a castração foram superiores nos animais no ILP. A inclusão do componente arbóreo influenciou o desempenho animal, em contrapartida não influenciou nas respostas fisiológicas e reprodutivas.

Palavras-chave: Ambiência, Bem-estar-animal, ILPF, Sensor, Sombra, Termografia

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the physiological, productive and reproductive responses of cattle kept under different microclimatic conditions in the Brazilian Midwest. For this, three experiments were developed. The first and second were conducted for five months, with two repetitions per month, at Embrapa Beef Cattle - MS. Sixteen Nellore females were used in different systems: ILPF (28m between rows of eucalyptus and 4m between trees) and the ILP system composed of pasture. In the first experiment, the experimental design used was at random, in subdivided plot schemes, in the first experiment, the production systems were allocated in the plot, and in the subplot, the months of the year, to assess heart rate (HR) by means of a frequency meter (Polar®). For the second experiment, the design was in randomized blocks, with the ILPF and ILP systems being the treatments, with measurement of the skin surface temperature (TS) via thermographic image. In order to characterize the microclimate, the temperature of the black globe (T_{bg}) was collected for the entire sample period. The third experiment was conducted from October 2018 to March 2019, at the Boa Aguada farm, Ribas do Rio Pardo, MS. Ten male ½ Angus + ½ Nellore males were used, raised in integrated systems, with different shade offerings: ILPF with 28x4 m arrangement and the ILP system, pasture. The experimental design used was entirely random, in a split plot scheme, with the plot corresponding to the production systems and the sub plot, at the months of the year, for animal performance evaluation, scrotal thermography, seminal quality evaluation and histological evaluation scrotal. To characterize the microclimate, air temperature (T_a) and black globe (T_{bg}), and relative humidity (UR) data were collected for 24 h for five months and, subsequently, the black globe temperature index and humidity (BGHI). In the first, there was no difference in HR between the systems ($p = 0.085$), but for the period there was ($p = 0.031$). For the second experiment, there was no difference between the systems for TS, but there was between the times collected, with the lowest average (31.74 °C), at 7:00 am. For the months evaluated, may presented the lowest averages at all times for TS. The T_{gn} in the pasture showed the highest average (26.7 °C), with a reduction of 1.34 ° C in the ILPF ($p = 0.006$). For the third experiment, the BGHI did not show great amplitude in relation to the treatments with a minimum of 76, with three more points for the maximum value. The averages obtained for total weight gain ($p < 0.001$) and daily average ($p = 0.1868$) were: in the ILPF system, 129.3 and 1.3 kg and, in the ILP, 116.2 and 0.8 kg, respectively. The scrotal temperature remained within the recommended standard, between 33.6 and 35.3 ° C, varying according to the position of the pole. In the seminal quality, the systems differed ($p < 0.05$), with the means being higher in the ILP: motility (71.3%) and defects: greater (35.3); smaller (6.2) and total (28.8). For histological evaluation, the means obtained after castration were higher in animals in the ILP. The inclusion of the tree component influenced the animal performance; however, it did not influence the physiological and reproductive responses.

Keywords: Ambience, Animal Welfare, ILPF, Sensor, Shadow, Thermography

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1.....	18
FIGURA 1 - Posicionamento esquemático da cinta com o conector e monitor cardíaco, em bovinos.....	29
FIGURA 2 - Dados em forma de gráfico obtidos, pelo software Polar®.....	29
Capítulo 2.....	45
FIGURA 1 - Média das normais climatológicas provisórias: umidade relativa do ar (UR, %), precipitação (Precip., mm/mês), radiação solar global (Rad., $\text{kJ}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), temperatura do ar mínima (Tamín., °C), temperatura do ar média (Taméd., °C) e temperatura do ar máxima (Tamax., °C) da região do Bolsão do Estado de Mato Grosso do Sul, entre os anos de 2008 a 2018.....	47
FIGURA 2 - Representação esquemática da disposição dos equipamentos nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e integração lavoura-pecuária (ILP).....	49
FIGURA 3 - Frequencímetro portátil, Polar® Equine, modelo M400.....	50
FIGURA 4 - Posicionamento do frequencímetro nas novilhas Nelore.....	51
FIGURA 5 - Valores médios de temperatura de globo negro (Tgn, °C) em 24h00, no sistema ILPF e ILP.....	53
FIGURA 6 -Valores médios da frequência cardíaca (FC, batimentos/minuto) e temperatura de globo negro (Tgn, °C), nos sistemas com árvores (ILPF) e sem árvores (ILP), em todo período experimental.....	55
FIGURA 7 - Média da frequência cardíaca de novilhas Nelore mantidas em dois sistemas de produção distintos, com árvores (ILPF) e sem árvores (ILP), no Centro-Oeste brasileiro.....	56
Capítulo 3.....	63
FIGURA 1 - Média das normais climatológicas provisórias: umidade relativa do ar (UR, %), precipitação (Precip., mm/mês), radiação solar global (Rad., $\text{kJ}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), temperatura do ar mínima (Tamín., °C), temperatura do ar média (Taméd., °C) e temperatura do ar máxima (Tamax., °C) da região do Bolsão do Estado de Mato Grosso do Sul, entre os anos de 2008 a 2018.....	65
FIGURA 2 - Representação esquemática da disposição dos equipamentos nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e integração lavoura-pecuária (ILP).....	68

FIGURA 3 - Imagem termográfica para avaliação da temperatura superficial do pelame de novilhas Nelore, em sistemas ILPF e ILP, no Cerrado brasileiro.....	69
FIGURA 4 - Temperatura superficial (TS) de novilhas Nelore em função da temperatura de globo nedro (Tgn) em dois sistemas produtivos.....	72
Capítulo 4.....	83
FIGURA 1 - Área experimental, na fazenda Boa Aguada, Ribas do Rio Pardo, MS.....	86
FIGURA 2 - Machos bovinos F1 ½ Angus X ½ Nelore.....	87
FIGURA 3 - Representação esquemática da disposição dos equipamentos nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e lavoura-pecuária (ILP).	88
FIGURA 4 - Imagem termográfica do órgão escrotal, delimitadas pelos traçados retangulares, de novilhos ½ Angus + ½ Nelore.....	89
FIGURA 5 - Perfil andrológico de novilhos F1 ½ Angus X ½ Nelore.....	90
FIGURA 6 - Coleta do material escrotal para biópsia.....	91
FIGURA 7 - Valores mínimos e máximos, dos índices de temperatura de globo e de umidade em dois sistemas de produção, ILPF e ILP.....	106
FIGURA 8 - Valores médios dos índices de temperatura de globo e de umidade em dois sistemas de produção, ILPF e ILP, nos quatro meses de coleta.....	106

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1	18
TABELA 1 - Aplicação do frequencímetro cardíaco em ruminantes.....	28
TABELA 2 - Principais benefícios dos sistemas silvipastoris para o bem-estar dos animais.....	31
Capítulo 2	45
TABELA 1 - Média das variáveis microclimáticas, temperatura de globo negro (Tgn, °C), do ar (Ta) e de ponto de orvalho (Tpo); umidade relativa do ar (UR) e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU, adimensional), em dois sistemas de produção, pastagem sem (ILP) e com (ILPF) árvores.....	53
TABELA 2 - Médias mensais das variáveis microclimáticas, temperatura de globo negro (Tgn, °C), do ar (Ta, °C) e de ponto de orvalho (Tpo, °C); umidade relativa do ar (UR, %) e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU, adimensional), no Centro-Oeste brasileiro, em cinco meses experimentais.....	54
TABELA 3 - Média mensal da frequência cardíaca (batimentos/minuto) de novilhas Nelore mantidas em dois sistemas de produção, sem (ILP) e com (ILPF) árvores, no Centro-Oeste brasileiro.....	56
Capítulo 3	63
TABELA 1 - Correlação entre as variáveis climáticas, temperatura de globo negro (Tgn) e acumulada (Tgnac.) e resposta fisiológica, temperatura superficial de pelame (TS).....	71
TABELA 2 - Média das variáveis microclimáticas, temperatura de globo negro (Tgn, °C), temperatura de globo negro acumulado (Tgnac., °C), temperatura do ar (Ta, °C) e de ponto de orvalho (Tpo, °C); umidade relativa do ar (UR, %) e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU, adimensional), em dois sistemas de produção, sem (ILP) e com (ILPF) árvores.....	73
TABELA 3 - Média das variáveis microclimáticas, temperatura de globo negro (Tgn, °C), temperatura de globo negro acumulado (Tgnac., °C), temperatura do ar e de ponto de orvalho; umidade relativa do ar e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU, adimensional), em dois sistemas de produção, sem (ILP) e com (ILPF) árvores.....	74
TABELA 5 - Média de variáveis microclimáticas, temperatura de globo negro (Tgn, °C), e da resposta fisiológica, temperatura superficial do pelame (TS, °C), em dois	

sistemas de produção, sem (ILP) e com (ILPF) árvores, no Centro-Oeste brasileiro.....	75
TABELA 6 - Médias da variável microclimática, temperatura de globo negro (Tgn, °C), e da resposta fisiológica, temperatura superficial do pelame (TS, °C), nos cinco meses experimentais.....	76
TABELA 7 - Médias de temperatura de globo negro (Tgn, °C) e temperatura superficial do pelame (TS, °C), em dois sistemas de produção sem (ILP) e com (ILPF) árvores, no Centro-Oeste brasileiro, de acordo com o mês e hora de amostragem.....	77
Capítulo 4.....	83
TABELA 1 - Análise bromatológica média do componente forrageiro em dois sistemas, com árvores (ILPF) e sem árvores (ILP), no inverno e verão.....	86
TABELA 2 - Valor médio do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU, adimensional) em dois sistemas de produção, ILPF e ILP.....	101
TABELA 3 - Ganho médio diário de peso (GMDP, kg) e ganho de peso total (GPT, kg) de tourinhos ½ Angus + ½ Nelore em dois sistemas de produção, ILPF e ILP.....	101
TABELA 4 - Média por sistema e coleta no ganho médio diário de peso (GMDP, kg) de tourinhos ½ Angus + ½ Nelore em dois sistemas de produção, ILPF e ILP.....	101
TABELA 5 - Termografia por infravermelho nos polos cranial (TE1, °C), medial (TE2, °C) e caudal (TE3, °C), e temperatura média (TE média, °C) de escroto em dois sistemas de produção, ILPF e ILP.....	101
TABELA 6 - Média das temperaturas nos polos cranial (TE1, °C), medial (TE2, °C) e caudal (TE3, °C), e temperatura média (TE média, °C) de escroto em dois sistemas de produção, ILPF e ILP.....	102
TABELA 7 - Qualidade seminal de tourinhos ½ Angus + ½ Nelore em dois sistemas de produção, ILPF e ILP.....	103
TABELA 8 - Média das variáveis reprodutivas para os efeitos coleta, sistema e sua interação em tourinhos ½ Angus + ½ Nelore em dois sistemas de produção, ILPF e ILP.....	104
TABELA 9 - Avaliação escrotal de tourinhos ½ Angus + ½ Nelore em dois sistemas de produção, ILPF e ILP.....	105
TABELA 10 - Médias das áreas de testículo e epidídimo de tourinhos ½ Angus + ½ Nelore em dois sistemas de produção, ILPF e ILP.....	105

LISTA DE ABREVIATURAS

ACD	– Área da cauda
ACE	– Área da cabeça
ATD	– Área do testículo direito
ATE	– Área do testículo esquerdo
BEA	– Bem-estar animal
CRH	– Hormônio liberador de corticotrofina
CTR	– Carga térmica de radiação
D	– Lado direito
E	– Lado esquerdo
<i>E</i>	– Pressão parcial de vapor da água
EE	– Extrato etéreo
<i>Es</i>	– Pressão de saturação de vapor da água
FC	– Frequência cardíaca
FDA	– Fibra em detergente ácido
FDN	– Fibra em detergente neutro
FR	– Frequência respiratória
GMD	– Ganho de peso médio diário
GPT	– Ganho de peso total
HHA	– Hipotálamo- hipófise- adrenal
ILPF	– Sistema integração lavoura-pecuária-floresta
ILP	– Integração lavoura-pecuária
ITGU	– Índice de temperatura de globo e umidade
MO	– Matéria orgânica
MS	– Matéria seca
N	– Nitrogênio
PB	– Proteína bruta
PE	– Perímetro escrotal
Precip	– Precipitação
Rad	– Radiação
SNS	– Sistema nervoso simpático
SSP	– Sistema silvipastoril

Ta	– Temperatura ambiente
Tamáx	– Média da temperatura ambiente máxima
Taméd	– Média da temperatura ambiente média
Tamín	– Média da temperatura ambiente mínima
Tbs	– Média da temperatura de bulbo seco
Tbu	– Média da temperatura de bulbo úmido
TS	– Temperatura superficial de pelame
TE1	– Temperatura escrotal cranial
TE2	– Temperatura escrotal medial
TE3	– Temperatura escrotal caudal
TEmédia	– Temperatura escrotal média
TI	– Termografia por infravermelho
Tgn	– Temperatura de globo negro
Tgnac.	– Temperatura de globo negro acumulado
Tgnméd.	– Temperatura de globo negro médio
Tpo	– Temperatura de ponto de orvalho
TR	– Temperatura retal
UR	– Umidade relativa
URT	– Unidade de referência tecnológica
Vv	– Velocidade do vento
ZCT	– Zona de conforto térmico

SUMÁRIO

1.0 CAPÍTULO 1	18
1.1 INTRODUÇÃO	18
2.0 REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 BEM-ESTAR ANIMAL E ESTRESSE POR CALOR.....	20
2.2 MECANISMOS DE TROCAS TÉRMICAS.....	23
2.3 AMBIENTE TÉRMICO E AVALIAÇÃO DO CONFORTO ANIMAL.....	25
2.4 SISTEMA EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA	30
2.5 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS.....	34
2.6 REFERÊNCIAS.....	35
3.0 CAPÍTULO 2 – USO DE FREQUENCÍMETRO CARDÍACO COMO INDICATIVO DE ESTRESSE TÉRMICO EM FÊMEAS NELORE EM PASTAGENS COM E SEM SOMBRA, REDIGIDO CONFORME AS NORMAS DA REVISTA PLOS ONE	45
RESUMO.....	45
3.1 INTRODUÇÃO	46
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	47
3.3 RESULTADOS	52
3.4 DISCUSSÃO	56
3.5 REFERÊNCIAS.....	59
4.0 CAPÍTULO 3 – TEMPERATURA SUPERFICIAL DO PELAME DE NOVILHAS NELORE EM DIFERENTES CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS, REDIGIDO CONFORME AS NORMAS DA REVISTA THERMAL BIOLOGY	63
RESUMO.....	63
4.1 INTRODUÇÃO	64
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	65
4.3 RESULTADOS	71
4.4 DISCUSSÃO	78
4.5 REFERÊNCIA	80
5.0 CAPÍTULO 4 – VARIAÇÕES NAS RESPOSTAS PRODUTIVAS E REPRODUTIVAS DE NOVILHOS ½ ANGUS + ½ NELORE CRIADOS EM DOIS SISTEMAS DE PRODUÇÃO, REDIGIDO CONFORME AS NORMAS DA REVISTA TROPICAL ANIMAL HEALTH AND PRODUCTION	83
RESUMO.....	83

5.1 INTRODUÇÃO	84
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	85
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	92
5.4 REFERÊNCIA	97
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	107
7. LISTA DE REFERÊNCIAS	108

1.0 CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

As preocupações sobre conforto térmico e bem-estar animal estão cada vez maiores no âmbito mundial. Os sistemas de produção procuram suprir essas exigências, propiciando condições adequadas de criação, a fim de aperfeiçoar e atender as demandas de mercado.

O estresse por calor, por sua vez, é um importante fator que limita o desenvolvimento produtivo dos animais homeotérmicos, como os bovinos. Esse, é caracterizado pelo estado fisiológico, devido às combinações de condições ambientais entre temperatura e umidade do ar e radiação solar (VAN LEAR et al., 2015), podendo assim, alterar a zona de conforto térmico (ZCT). Os bovinos em particular, quanto à obtenção do seu melhor potencial genético de produção, devem ser mantidos em uma zona termoneutra. A ZTC para bovinos adultos provenientes da Índia (zebuínos), o limite de conforto entre 15 e 27°C, com temperatura crítica superior aos 35°C (BAÊTA, 2010) e de 0 a 16°C, com temperatura crítica superior acima dos 27°C (PEREIRA, 2005), para taurinos.

Os efeitos dos elementos microclimáticos como a temperatura e umidade do ar, radiação e ventos, atuam de forma direta ou indireta nos animais. Na forma indireta, pode alterar mecanismos fisiológicos e comportamentais, e acarretar prejuízos produtivos e reprodutivos. A exata combinação desses elementos, a partir da qual se inicia o estresse por calor, é difícil. Uma dada combinação pode ser favorável ou desfavorável, dependendo do animal e das condições particulares nas quais ele se encontra.

No sistema de produção animal a pasto, que corresponde a mais de 80% da produção brasileira, o sombreamento natural é um recurso que contribui para o provimento de bem-estar aos animais (MARTINS et al., 2002). Dessa forma, o uso de sistemas integrados de produção, como o sistema silvipastoril, pode contribuir para minimizar os entraves da produção pecuária em biomas frágeis, como por exemplo, o Cerrado brasileiro (DUNOC et al., 2007).

Assim, a interação animal-ambiente precisa ser considerada para se obter maior eficiência na exploração pecuária, pois as diferentes respostas dos animais às peculiaridades de cada região são determinantes no sucesso da atividade. Faz-se necessária a correta identificação dos fatores que influenciam a vida produtiva do animal, que permitirá ajustes nas práticas de manejo.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar parâmetros fisiológicos, produtivos e reprodutivos de termotolerância em bovinos manejados em sistemas integrados, em diferentes condições microclimáticas e sazonais na região Centro-Oeste do Brasil.

2.0 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 BEM-ESTAR ANIMAL E ESTRESSE POR CALOR

O crescimento populacional e a demanda por alimentos possuem expectativas favoráveis para os próximos 40 anos, aumentando a preocupação em relação ao produto a ser fornecido, sendo este para exportação e/ou consumo interno. A busca por maiores níveis produtivos para atender a essas perspectivas vem paralelamente com pressões, impostas pela sociedade consumidora e governo, em relação ao ambiente produtivo e responsabilidade social. O aumento na produção, mas sem perder a qualidade intrínseca do alimento, sustentabilidade e sem diminuir o bem-estar dos animais (BEA) são objetivos a serem alcançados pelo setor pecuário (ALVES et al., 2019).

Considera-se bem-estar o estado do indivíduo em relação às suas tentativas de se adaptar ao ambiente circundante, e pode variar de muito pobre (negativo) a muito bom (positivo), incluindo-se o estado “neutro” (BROOM, 1986; COSTA, 2000). Por sua vez, não é uma característica fixa do animal, e também não é algo que pode ser fornecido a ele. Entretanto, a ação humana sobre os sistemas produtivos (intervenção antrópica) pode auxiliar a melhorá-lo (Da COSTA, 2000).

Vários são os fatores na vida do animal que influenciam em seu bem-estar (sistema produtivo, nutrição, sanidade e manejo), que, por sua vez, podem influenciar três aspectos muito importantes do ponto de vista mercadológico: qualidade da carne e da carcaça, aceitação ética do produto pelos consumidores e imagem do país. De fato, há uma crescente preocupação pelo respeito e valor à vida dos animais, independentemente de sua finalidade, embora muitos consumidores ainda não se disponham a pagar mais por este aspecto (WEBSTER, 2001). Há muito de se considerar, entretanto, sobre novos sistemas produtivos, como os em integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), cujo desenvolvimento e adoção cresceram consideravelmente na última década (BUNGENSTAB et al., 2019). Em regiões tropicais, principalmente como no Brasil, sistemas que proporcionam melhores

condições ambientais possuem papel importante para o bem-estar de bovinos criados a pasto.

Há quase um século já se conhece os efeitos do estresse sobre os seres vivos. A descrição da reação de alarme, também chamada de síndrome geral da adaptação ou do estresse (SEYLE, 1936), foi proposta por Hans Selye, em 1936, termo até então usado na engenharia para um conjunto de forças (*stress*) que atuavam contra determinada resistência (*strain*) (ROITMAN, 1989).

No caso de animais homeotérmicos, cuja temperatura interna é mantida constante, a interação do indivíduo com o ambiente e/ou qualquer estímulo externo estressante, altera seu estado homeostático, e desencadeia diversas reações do organismo (fisiológicas, biológicas e comportamentais), na tentativa de combater tal alteração (LOPES et al., 2016). Tais respostas adaptativas, de curto, médio e/ou longo prazo, são dependentes da duração do estressor, e caso não sejam eficazes, podem levar à exaustão e ao colapso do organismo (PACHALY, 1993). Isto porque todos os órgãos e tecidos contribuem para a manutenção da homeostase, de forma específica, mas interdependente.

Em linhas gerais, o estresse possui três fases: aguda, intermediária e crônica. A aguda é aquela caracterizada pelo acionamento do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, na qual são desencadeadas respostas de curto prazo, mais lentas e prolongadas, importantes na adaptação do organismo, como aumento do aporte de oxigênio para o sistema nervoso central e coração. Caso os agentes estressantes cessem, tais reações tendem a regredir. Se o estímulo continuar presente por mais tempo, e sendo ele indeterminado, inicia-se a fase intermediária. Essa é caracterizada basicamente pela reação de hiperatividade córtico-supra-renal, buscando uma tentativa de adaptação e, conseqüentemente, a homeostase interna. Nessa fase, as reações são opostas àquelas que surgem na fase de alarme (agudo), e muitos dos sintomas iniciais desaparecem, dando lugar a uma sensação de desgaste. Caso os agentes estressores persistam, o estresse se torna crônico, podendo levar a desordens fisiológicas ou morte do animal, caso o organismo exaure sua reserva de energia adaptativa (HAHN, 1999; COSTA et al., 2015).

Em geral, as respostas adaptativas são orquestradas pelo sistema nervoso autônomo (SNA), responsável pelas imediatas ações na tentativa de manutenção da normalidade, como aumento de reações catabólicas nas células, desencadeando lipólise e gliconeogenólise, por exemplo, e aumento nos batimentos cardíacos (SPRAKER, 1993; ULRICH-LAI, 2009). O eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HHA) também participa ativamente em situações de estresse, atuando diretamente nas adrenais, com consequente produção de cortisol, cortisona e corticosterona, também chamados de “hormônios do estresse” (TRAINER, 1998; MOBERG, 2000). Além dessa função, ele é responsável por regular outras importantes funções do organismo para a manutenção da homeostase, como produção de calor, padrão de vigília-sono, pressão arterial, função respiratória, controle da ingestão alimentar, metabolismo de gorduras e balanço hídrico (SCHOLZ e REINHARDT, 2007).

Para avaliação do estresse, principalmente térmico, em animais de produção, são usadas, além de medidas indiretas (ambientais), medidas diretas, como algumas variáveis fisiológicas, principalmente temperatura corporal superficial (TS), temperatura retal (TR), frequência cardíaca (FC) e respiratória (FR) (HEMSWORTH, 1995; SILVA, 2012). Valores que extrapolam 15 a 30 movimentos/min, por exemplo, podem indicar que os bovinos adultos utilizam a evaporação respiratória como mecanismo primário de dissipação de calor (SILVA, 2012). Para a temperatura retal, valores acima daqueles considerados adequados (de 38,0 a 39,3°C) também são sinais de alerta para algum agente estressor, seja ele biótico ou abiótico. As mudanças na transferência circulatória de calor na pele, via dilatação de arteríolas dos leitos vasculares e aberturas arteriovenosas nos membros, permitem maior fluxo periférico e aumentam as trocas de calor com o ambiente (CUNNINGHAM, 2008). Essa manutenção corpórea é um processo fisiológico custoso para todo animal. Níveis desequilibrados irão alterar funções secundárias (redução no ganho de peso e desequilíbrio reprodutivo) que são importantes do ponto de vista da produção zootécnica, podendo gerar perdas econômicas (BROWN-BRANDL, 2018).

De fato, a temperatura retal (TR) é um bom índice de adaptação fisiológica ao ambiente quente, em bovinos. Seu incremento indica que o animal estoca calor, pois os mecanismos de dissipação tornaram-se insuficientes para manter a homeotermia. Para

Pires (2006), TR e frequência respiratória (FR) até 38,3°C e 23 movimentos/min, respectivamente, indicam que o animal está sem estresse; de 38,4 a 38,6°C e 45 a 65 movimentos/min, estresse moderado; de 39,1°C e 70 a 75 movimentos/min, início de estresse por calor; de 40,1°C e 90 movimentos/min, estresse acentuado; de 40,9°C e 100 movimentos/min, estresse sério com grandes perdas produtivas; e, acima de 41°C e 120 movimentos/min, estresse mortal, em que os animais não conseguem beber água e nem se alimentar.

Como relatado, outra resposta fisiológica que se altera prontamente após uma situação de estresse é a frequência cardíaca (FC). Esta ocorre devido à queda de pressão sanguínea, como consequência da vasodilatação periférica. Na tentativa dos animais homeotérmicos perderem calor interno para o ambiente, eleva-se a velocidade dos movimentos cardíacos (MCMANUS et al., 2009). No entanto, essa variável pode ainda ser influenciada pela índole do animal, raça e idade, com valores preocupantes quando ultrapassam 80 batimentos/min (FEITOSA, 2008).

Diversos fatores modelam a natureza da resposta biológica de um animal a um agente estressor, que pode ser acrescida por mudanças comportamentais, no caso de estresse térmico ambiental. A busca por locais sombreados, lâminas de água, maior ingestão de água e menor consumo de matéria seca são alguns exemplos de reação ao estresse originado por fatores climáticos (temperatura, umidade, radiação solar, vento), que pode trazer prejuízos ao animal, em diferentes graus, conforme a genética, idade, sexo ou condições fisiológicas do mesmo.

2.2 MECANISMOS DE TROCAS TÉRMICAS

Alterações causadas pelo efeito direto ou indireto do clima sobre os animais são extensamente reportadas na literatura (SILANIKOVE et al., 2000; COLLIER, 2015; LOPES et al., 2016; BROWN-BRANDL, 2018). Para que ocorra o equilíbrio térmico, mecanismos de dissipação de calor são necessários e intimamente ligados ao ambiente e à zona de conforto térmico (SILANIKOVE, 2000), sendo classificados como trocas sensíveis (condução, convecção e radiação) e a latente (evapotranspiração) (COLLIER, 2015).

Para que os animais dissipem calor de forma sensível existe a necessidade de um diferencial térmico entre o ambiente e o animal. No entanto, a temperatura do ar deve ser menor que a corporal, não ocorrendo mudança no estado físico, o qual corresponde a 75% da termólise. Na condução, a perda de calor se dá por contato entre as superfícies, de um ou dois corpos (KADZERE et al., 2002). A transformação de energia entre massas, através do atrito entre fluidos nos estados líquido e gasoso, corresponde à convecção. Uma forma didática de representação é o ar envolto a um corpo, no qual quanto maior a temperatura do corpo, maior a dissipação de calor para o ar, tendendo à igualdade dos sistemas (SILANIKOVE, 2000).

O último mecanismo a ser descrito na troca de calor sensível é a radiação. Ela corresponde à transferência térmica entre os corpos (do mais frio para o mais quente) por ondas eletromagnéticas, sem necessariamente contato entre os corpos. Quando ocorre aproximação da temperatura do ar com a retal dos bovinos (39°C), os mecanismos sensíveis tornam-se ineficientes, fazendo-se necessário outro mecanismo para manter a homeotermia. Assim, o arrefecimento animal na forma latente (KAMAL et al., 2016) é de grande valia. Esse processo ocorre na pele e nas vias respiratórias, nas formas de perspiração sensível e insensível. A primeira é a eliminação visível de água através da pele pelas glândulas sudoríparas, a segunda pelo ar expirado, sendo que 80% ocorre através de sudação (BARNES et al., 2004). Essa ação, além de ser dependente da diferença térmica, ainda é influenciada pela umidade relativa do ar, ou seja, quanto mais úmido o ar, pior é o processo de perda de calor pela forma evaporativa, e sua perda é intensificada quando a umidade relativa está baixa (PEREIRA, 2005).

O estresse por calor pode alterar padrões reprodutivos. Costa e Silva (2004) afirmam que a eficiência reprodutiva de tourinhos jovens no estágio inicial da vida reprodutiva, nos trópicos, pode ser prejudicada quando comparada a ambientes temperados. Altas temperaturas do ar podem alterar os níveis hormonais e a amplitude térmica escrotal nos mamíferos (GARCIA, 2013), influenciando negativamente na qualidade seminal em touros e acarretando disfunções reprodutivas (KASTELIC, 2014). Foote et al. (1990) relataram redução na espermatogênese em bovinos após ocorrência de temperatura do ar acima de 32°C, por período acima de 4 dias. Costa e Silva et al.

(2015) detalham que o estresse altera as respostas aos níveis hormonais, principalmente no eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal (HHG): a corticotrofina inibe a secreção do hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH), atuando na hipófise anterior e reduzindo a liberação de hormônio luteinizante (LH) e folículo estimulante (FSH). Neste caso, uma sobrecarga, mesmo de curta duração, no sistema neuroendócrino, pode prejudicar os efeitos gonadotróficos, comprometendo a eficácia reprodutiva.

Outro fator ocasionado pelo ambiente é a diminuição do gradiente térmico escrotal, que pode iniciar uma degeneração testicular (KASTELIC, 2001). Os testículos, por estarem localizados fora da cavidade abdominal, apresentam uma menor temperatura, além da conformação pendular, que facilita a troca de calor para o ambiente (BAILEY et al., 1996). Tal fenômeno, é fundamental para uma espermatogênese adequada, gera gradiente térmico de até 4°C, de cima para baixo nos polos do órgão, sendo que o cranial, superior e correspondente ao cordão espermático, apresenta maior temperatura, e o caudal, na cauda do epidídimo, menor (KASTELIC et al., 1996; SOUZA et al., 2014; MENEGASSI et al., 2015). Berry et al. (2011) relatam a existência de uma correlação negativa entre a qualidade espermática e a temperatura superficial do escroto, e uma correlação positiva com o gradiente de temperatura, em bovinos. Assim, quanto menor o gradiente térmico escrotal, maiores os efeitos deletérios do ambiente sobre a reprodução.

Na tentativa de manter a temperatura na bolsa escrotal com limites médios de 2°C a 6°C, os bovinos lançam mão de mecanismos termorreguladores e anatômicos locais. O primeiro deles é o relaxamento do músculo cremáster e da túnica dartus. Esse ocorre devido à circulação sanguínea via plexo pampiniforme, com o objetivo de facilitar as trocas de calor por contracorrente, afastando assim a bolsa escrotal do corpo do animal ao máximo (KASTELIC, 1993). Em relação à anatomia, escroto em formato penduloso, pele mais delgada, baixo e/ou ausente nível de gordura, além de um número considerável de glândulas sudoríparas, auxiliam na troca de calor por evaporação (GABALDI et al., 1999).

2.3 AMBIENTE TÉRMICO E AVALIAÇÃO DO CONFORTO ANIMAL

A mitigação climáticos nos ambientes pecuários tropicais são fundamentais para que os animais possam expressar suas características reprodutivas e produtivas em sua máxima potencialidade. No Brasil, em que cerca de dois terços do território está localizado na faixa tropical, os efeitos da temperatura e a associação com a radiação solar são predominantemente mais elevados (AZEVEDO et al., 2005). Considerando-se que mesmo raças altamente adaptadas ao calor, como os zebuínos, possuem sua zona de conforto térmico estimada entre 15 e 27°C, as modificações realizadas no ambiente são indispensáveis (SILANIKOVE et al., 2000). Em sistemas de criação em pastagens abertas, uma estratégia de manejo desejada seria a oferta de sombra, favorecendo o bloqueio da radiação solar (GAUGHAN et al., 2009; KARVATTE JR. et al., 2016).

Não é fácil mensurar o quanto um sistema produtivo é estressante para o animal, principalmente em sistemas não confinados. Assim, na tentativa de se estimar os efeitos deletérios do ambiente em animais homeotérmicos, e diminuir as perdas inerentes, são utilizados índices de conforto térmico. Os dois mais utilizados para bovinos são o índice de temperatura e umidade (ITU) e o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU).

O ITU foi proposto por Thom (1958) para mensurar, a princípio, o conforto térmico de humanos e, posteriormente, adotado para animais de produção. Seu cálculo se dá a partir da temperatura registrada em termômetros de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido (ponto de orvalho), classificando indicadores como: *normal*, quando os valores são menores ou iguais a 70; *crítico*, entre 71 e 78; *perigo*, de 79 a 83, e; *emergência*, acima de 83 (HAHN, 1997).

O ITGU foi proposto por Buffington (1981) na tentativa de estimar os efeitos combinados da energia radiante procedente do meio, em todas as direções possíveis, da temperatura do ar e da velocidade do vento, no qual valores até 74 indicam situação de *conforto*; entre 75 e 78, *alerta*; 79 a 84, *perigo*; e acima de 84, situação *crítica*. Embora ambos os índices citados tenham sido desenvolvidos sob condições de ambientes controlados, e não consideram a radiação térmica emitida pelos diversos componentes presentes em um sistema de produção, sendo pouco eficientes na avaliação do ambiente em regiões tropicais, são ainda amplamente utilizados em países de clima tropical (SILVA et al., 2013).

Propostas de avaliação direta dos efeitos causados por estresse, seja ele térmico ou de qualquer outra natureza, em animais de produção, tem ganho importância e interesse no setor pecuário (STEWART et al., 2008; ROBERTO et al., 2014). A utilização de tecnologias não-invasivas, como termógrafo e frequencímetro cardíaco, por exemplo, permitem a captura de indicadores diretamente ligados ao agente estressor estudado, sem interferência no comportamento natural do animal e confundimento com o estresse por manejo, por exemplo, muito presente em animais zebuínos não-confinados (CERUTTI et al., 2013).

A termografia por infravermelho (TIV) foi aprimorada após a segunda guerra mundial, entre os anos 1940 e 1950, para a detecção de calor. Ela permite a mensuração da emissividade térmica de todo e qualquer objeto ou animal que possua uma temperatura acima do zero absoluto, devido à conversão do calor irradiado pelo corpo em imagens com distintas faixas de colorações (EDDY et al., 2001). Em animais, a TIV é utilizada como ferramenta diagnóstica na avaliação de mastite em bovinos (METZNER et al., 2015) e em ovinos (REZENDE, 2017), como também na avaliação andrológica de touros para predição da qualidade espermática (KASTELLIC, 2014). Na detecção de estresse térmico, sua utilização é focada na determinação da variação de temperatura superficial animal (RIZZO et al., 2017). Novos usos, como a determinação do estresse térmico ambiental, em substituição aos índices de conforto térmico, também foram propostos (KARVATTE JR. et al., 2016).

Outros dispositivos a fim de aumentar a acurácia e diminuir erros provenientes do manejo, como diferentes tipos de gravadores, do tipo Holter e sistemas fixos, foram avaliados em ruminantes. O exame Holter é um eletrocardiograma com maior tempo de gravação, com objetivo de caracterizar anomalias elétricas do coração durante atividades diárias. O frequencímetro cardíaco, Polar[®], é uma variação desses tipos, apresentando confiabilidade nos resultados, mostrando-se um adequado parâmetro de estudo. A sua aplicação envolve desde a avaliação de manejo (curral, transporte, ordenha, vacinação) (KOVÁCS, 2014), até mesmo na resposta animal para um agente estressor frente às dificuldades impostas pelo ambiente (HOPSTER, 1994; BORELL, 2007; Tabela 1).

Tabela 1. Aplicação do frequencímetro cardíaco em ruminantes.

Autores	Título do estudo
Bovinos	
Morhr et al. (2002)	Heart rate variability: a noninvasive approach to measure stress in calves and cows.
Hagen et al. (2005)	Heart rate variability in dairy cows: influences of breed and milking system.
Ovelhas e Cabras	
Désiré et al. (2004)	On the way to assess emotions in animals: do lambs (<i>Ovis aries</i>) evaluate an event through its suddenness, novelty, or unpredictability?
Desprès et al. (2003)	Validation of the measure of sympatho-vagal effect in lambs through autonomic blockades and heart rate variability indexes.
Langbein et al. (2004)	Visual discrimination learning in dwarf goats and associated changes in heart rate and heart rate variability.

Fonte: Borell (2007).

Para tal, o posicionamento do eletrodo é um fator que deve ser considerado. O lado esquerdo do animal, a utilização de gel e a raspagem, caso necessite, são fatores importantes para que a captura dos dados seja de forma mais precisa (BORELL, 2007). O posicionamento correto da cinta com o sensor é importante para evitar que os processos peristálticos do rúmen alterem o procedimento.

Os primeiros medidores telemétricos para FC (Polar®) foram desenvolvidos em humanos, registrando assim as variações nas práticas desportivas e, posteriormente, em animais. Após algumas adequações, foi observado que, em equinos, o sensor apresentava gravações válidas e eficientes, quando submetidos às provas de exercícios (OOSTERBAAN et al., 1988). Os mesmos autores realizaram testes em bovinos para a validação do Polar®, sendo três testes comparativos entre vacas leiteiras: (I) teste de precisão com um gerador de pulso, (II) animais se exercitando em uma esteira, e por fim o teste III, confiabilidade, no qual elas permaneceram livres (circulantes) no galpão. O resultado obtido foi que o sensor é um bom indicativo para estudos de variações de FC em bovinos.

O Polar® consiste em uma cinta, conector e monitor cardíaco. A faixa é proveniente de material elástico preto com feixes nas pontas e de fácil regulagem. Nela está inserido o sensor para a captura da FC, e acoplado o conector, que irá transferir os

movimentos obtidos para o monitor cardíaco. Dessa maneira, pode ser facilmente utilizado nas diversas categorias animais (cria, recria e terminação).

O monitor (relógio) permite a visualização dos dados em tempo real, e é por ele que o emparelhamento com os demais dispositivos ocorre. Podendo ser de duas formas: a primeira, antes mesmo de levar o aparelho a campo, realiza-se uma pré-programação (definições gerais; emparelhar e sincronizar; emparelhar outro dispositivo; iniciar o emparelhamento e emparelhamento concluído). A outra forma é colocar o sensor no animal, detectar a FC e emparelhar com o conector. O correto posicionamento do conjunto no animal deve ser feito para obter dados eficientes (Figura 1).

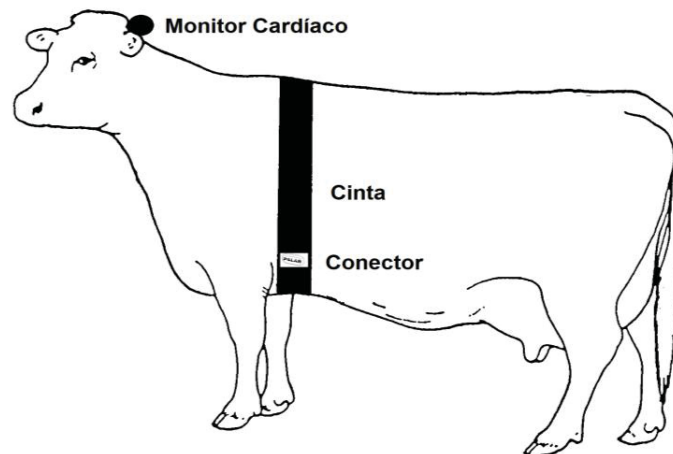


Figura 1. Posicionamento esquemático da cinta com o conector e monitor cardíaco, em bovinos.

Fonte: Hopster (1998).

Após a obtenção dos dados, estes são processados no próprio site do Polar® (Figura 2).

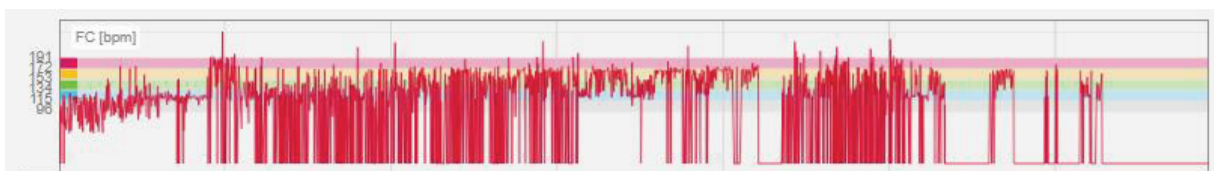


Figura 2. Dados em forma de gráfico obtidos pelo software Polar®.

Fonte: Arquivo pessoal.

O site do sensor permite, gera uma compilação em forma de gráficos e/ou planilhas com as variações obtidas da variável resposta, frequência cardíaca de acordo com o período avaliado.

Do ponto de vista experimental, a dificuldade imposta na execução é a baixa aceitação do animal ao sensor, principalmente quando se trata de bovino, sendo ainda mais dificultoso quando nos deparamos com animais a campo.

Assim, soluções tecnológicas, como a termografia e o uso de frequencímetro, integrando os componentes de hardware e software nas correlações de dados ambientais e fisiológicos, vêm aumentando na pecuária de precisão, sendo relevantes para o BEA (KOVÁSCS, 2014).

2.4 SISTEMA EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

Os sistemas em integração são multifuncionais, possibilitando a intensificação da produção devido ao manejo interligado dos recursos naturais, a fim de variar os produtos ofertados, gerando uma adição na renda. Tal prática iniciou no final do século XX, a fim de minimizar os impactos da produção no ecossistema local, melhoria na recuperação de áreas degradadas e, paralelamente, aumentando o grau de BEA e a sustentabilidade (DUBOC et al., 2007; BUNGENSTAB et al., 2019).

As modalidades desse sistema diverso podem ser classificadas de acordo com o tipo de arranjo e a finalidade de objetivo. As combinações podem incluir lavoura, pecuária e floresta, de forma simultânea e/ou rotativa, além de buscar efeitos sinérgicos entre os componentes (BALBINO et al., 2011). Tais efeitos são decorrentes da recuperação e correção do solo com a introdução de tratamentos culturais adequados. Portanto, efeitos indiretos nos demais componentes (floresta e pastagem) são observados, pois se nutrem dos elementos residuais deixados pela lavoura (GONTIJO NETO et al., 2015).

O sistema agropastoril ou integração lavoura-pecuária (ILP) tem como finalidade a rotação de culturas agrícolas anuais e forrageiras destinadas à produção de carne ou leite. Quando comparado com um sistema convencional (monocultura), esse arranjo pode proporcionar benefícios de ordens biológicas (mitigação dos gases de

efeito estufa) e econômicas (SULC e TRACY, 2007). Dentre as vantagens que a lavoura pode fornecer à pecuária estão: o aproveitamento dos resíduos de adubação, aumento na qualidade bromatológica da forrageira, recuperação de áreas com menor fertilidade e redução no custo da implantação de uma pastagem (GONTIJO NETO et al., 2015).

Quando ocorre o acréscimo do componente florestal no ILP temos os sistemas integrados lavoura-pecuária-floresta (ILPF), que por sua vez, além de ser beneficiado pelo componente agrícola já descrito, possui o acréscimo de árvores, permitindo o repovoamento de forma ordenada de pastagens a céu aberto, redução da pressão de abertura de novas áreas (BALBINO et al., 2011), além da diversificação dos produtos oferecidos ao mercado consumidor (MONTROYA et al., 1994), como madeira ou energia (SULC e TRACY, 2007; NICODEMO e MELOTTO, 2015). A inserção do novo componente (árvore) proporciona uma melhora no microclima local, devido ao arranjo da sombra de forma ordenada (KARVATTE et al., 2016) e bem-estar, saúde e produtividade animal (Tabela 2).

Tabela 2. Principais benefícios dos sistemas silvipastoris para o bem-estar dos animais.

Benefício	Autores
Melhoria nutricional devido à presença e ingestão de arbustos	Murgueitio et al. (2011)
Conforto térmico animal devido ao sombreamento	Galindo et al. (2013)
Menor nível de medo devido à presença das árvores	Ocampo et al. (2011)
Melhoria sanitária do rebanho pelo maior número de predadores naturais de carrapatos e moscas	Murgueitio e Giraldo (2009)
Melhor condição corporal devido à maior oferta de nutrientes, sombra e redução de doenças	Ocampo et al. (2011),
Ingestão de alimentos e comportamento social melhorados	Améndola (2013); Améndola et al. (2015)
Maior interação homem-animal	Mancera e Galindo (2011)

Fonte: Broom (2016).

O Brasil apresenta uma gama considerável de sistemas de produção, sendo que 90% do rebanho são animais provenientes de sistemas extensivos, regime exclusivamente a pasto, e em grande quantidade na região Centro-Oeste. Assim, a importância do conforto térmico animal no ambiente produtivo torna-se um objetivo a ser alcançado. No Mato Grosso do Sul, as áreas destinadas às pastagens encontram-se sob condição climática que determina desconforto térmico em graus de mediano a severo para animais sem proteção (artificial e ou natural), no período de outubro até março (SILVA, 2003). Dessa forma, estratégias devem ser lançadas com a finalidade de reduzir os impactos do ambiente em relação ao animal, efeitos esses inerentes aos sistemas convencionais de criação.

A sombra natural, oferecida tanto por árvores nativas e/ou cultivadas, é uma estratégia de manejo eficiente na redução dos efeitos deletérios do clima sobre os animais. Fato esse que traz um ambiente mais confortável termicamente, visto que as árvores bloqueiam a carga de calor incidente, principalmente a radiação solar. Como consequência dessa barreira oferecida, outras variáveis microclimáticas são modificadas, como a temperatura e umidade relativa do ar (KARVATTE JR. et al., 2016).

Para quantificar essa melhoria, medições dentro do sistema devem ser feitas, a fim de solucionar os entraves de projetos devem ser resolvidos. Os sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta, por serem altamente complexos devido aos três componentes que o envolvem, necessitam de um planejamento adequado para que o sinergismo seja positivo. Desde a fase do planejamento, e os manejos culturais dos componentes são fundamentais para o sucesso do sistema em ILPF.

O planejamento do projeto envolve desde a área a ser utilizada para implantação, como também a escolha assertiva dos materiais a serem implantados. O componente florestal necessita de atenção em relação ao espaçamento entre os renques e número de árvores. Após a fase inicial de implantação, o manejo das árvores deve acontecer de acordo com a idade e necessidade. A desrama e o desbaste no caso do componente florestal, quando executados de forma errônea, interferem em todos os componentes envolvidos, prejudicando a ambiência (BEA) e os níveis produtivos dos demais componentes (VOLPI, 2017).

Em avaliações microclimáticas em sistema arborizado e não arborizado, em duas estações (verão e inverno), foi observado que o sistema silvipastoril reduziu a T_{gn} (temperatura de globo negro) e a V_v (velocidade do vento), minimizando as amplitudes de calor e as diferenças climáticas entre as estações (BALISCEI et al., 2013).

Corroborando com essa informação, Carvalho et al. (2001) observaram melhorias climáticas no Cerrado, em ILPF, quando comparado a sistemas de produção sem árvores. Tal resultado foi obtido em um espaçamento simples, com renques de 22m e dois metros entre árvores. O valor efetivo da melhoria irá depender da espécie vegetal escolhida e arranjo espacial adotado, podendo reduzir a temperatura sob a copa das árvores em cerca de 2 a 3°C, em relação a pleno sol, com registro de até 8°C a menos (ALVES, 2012). Essa variação na amplitude da temperatura se deu pela estação do ano, horário amostral e espaçamento entre os renques.

Estudos realizados no Cerrado, em sistemas de ILPF com árvores exóticas e nativas, corroboram a necessidade de tal planejamento. A área experimental era composta por três densidades de árvores, 357, 227 e 5 árvores/ha. Quando comparados em relação à temperatura do ar e umidade relativa, os dois sistemas com menor densidade mostraram-se termicamente mais confortáveis. Houve redução de 2,7°C a 8,9°C na temperatura do ar e aumento de 1,4% a 4,9% na umidade relativa, quando comparado com o sistema com maior densidade (KARVATTE JR. et al., 2016).

De acordo com Volpi (2017), esse mesmo sistema com a densidade média de 227 árvores/ha aos 8 anos, apresentou uma condição térmica equivalente à pastagem com menor densidade (5 árvores/ha). A autora concluiu em seu trabalho que a não realização do desbaste dessas árvores tornou o ambiente menos confortável para os animais.

Assim, a busca pelo equilíbrio desse sistema dinâmico deve ser feita de forma minuciosa para que todos os componentes possam ofertar e expressar o seu potencial máximo.

2.5 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

Geral

- Caracterizar os parâmetros fisiológicos, reprodutivos e produtivos de termotolerância em bovinos manejados em dois sistemas de produção, em diferentes condições microclimáticas e sazonais no Centro-Oeste do Brasil.

Específicos

- Avaliar as respostas fisiológicas (temperatura corporal superficial e frequência cardíaca) em diferentes sistemas de produção, com e sem árvores;
- Avaliar a alteração na morfologia testicular de novilhos em diferentes sistemas de produção, com e sem árvores;
- Avaliar o microclima em sistemas em integração Lavoura-Pecuária-Floresta (soja, braquiária e eucalipto) e em Lavoura-Pecuária (soja e braquiária) no Mato Grosso do Sul;
- Avaliar e correlacionar o conforto térmico animal, com as respostas fisiológicas e reprodutivas em diferentes sistemas de produção, com e sem árvores;
- Avaliar o uso dada termografia por infravermelho como ferramenta para o diagnóstico de conforto/estresse térmico em bovinos.

2.6 REFERÊNCIAS

ALVES, F.V. O componente animal em sistemas de produção em integração. In: BUNGENSTAB, D.J. (Ed.). **Sistemas de integração: a produção sustentável**. 2 ed. Brasília: Embrapa, 2012. p.143-154.

ALVES, F.V.; DA SILVA, P.V.; KARVATTE JR., N. **Bem-estar animal e ambiência na ILPF**. ILPF inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta, Embrapa, Brasília, 2019, p. 207-224.

AZEVEDO, M.; PIRES, M.F.A.; SATUMINO, H.M.; LANA, A M.Q.; SAMPAIO, I.B.M.; MONTEIRO, J.B.N.; MORATO, L.E. Estimativas de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ e $\frac{7}{8}$ Holandês-Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2000-2008, 2005.

BAILEY, T.L.; MONKE, D.; HUDSON, R.S.; WOLFE, D.F.; CARSON, R.L.; RIDDELL, M.G. Testicular shape and its relationship to sperm production in mature Holstein bulls. **Theriogenology**, v.46, p.881-887, 1996.

BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.M.A.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G.B.; ALVARENGA, R.C.; KICHEL, A.N.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; FRANCHINI, J.C.; GALERANI, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1-12, 2011.

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

BARNES, A.; BEATYY, D.; TAYLOR, E.; STOCKMAN, C.; MALONEY, S.; MCCARTHY, M. Physiology of heat stress in cattle and sheep. **Live Export**, p.35, 2004.

BERRY, D.P.; EVANS, R.; PARLAND, S.M.C. Evaluation of bull fertility in dairy and beef cattle using cow field data. **Theriogenology**, v. 75, p.172–181, 2011.

BORELL, V.B.; LANGBEIN, J.; DESPRÉS, G.; HANSEN, S.; LETERRIER, C.; MARCHANT-FORDE, J.; MARCHANT-FORDE, R.; MINEIRO, M.; MOHR, E.; PRUNIER, A.; VALANCE, D.; VEISSIER, I. Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals — A review. **Physiology & Behavior**, v.92, p. 293–316, 2007.

BROWN-BRANDL, T. M. Understanding heat stress in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 47, 2018.

BROOM, D.M. Indicators of poor welfare. **British Veterinary Journal**, v.142, p.524-526, 1986.

BROOM, D.M. **Sentience, animal welfare and sustainable livestock production**. In Indigenous, eds K.S Reddy, R.M.V. Prasad and K.A. Roa. Excel India Publishers: New Delhi, p.61-68, 2016.

BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D. Black globe humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 24, n.3, p.711-714, 1981.

BUNGENSTAB, D.J.; ALMEIDA, R.G. de; LAURA, V.A.; BALBINO, L.C.; FERREIRA, A.D. **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Editora Embrapa, 2019, 840 p.

CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; CARNEIRO, J.D.C. **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite: FAO, 2001, 413 p.

CEERUTTI, W. G.; BERMUDES, R. F.; VIÉGAS, J.; MARTINS, C.M. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas ou não a sombreamento e aspersão na pré-ordenha. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.3, p.406-412, 2013.

COLLIER, R. J.; GEBREMEDHIN, K. G. Thermal biology of domestic animals. **Revisão anual de biociências animais**, v. 3, p. 513-532, 2015.

COSTA E SILVA, E.V. **Estresse e manejo reprodutivo de bovinos de corte: problemas e soluções**. In: Simpósio de produção de gado de corte, 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004, p. 459-484.

COSTA, D.F.; SOUTO, D.V.O.; ROCHA, E.F.; GUIMARÃES, L.J.; SILVA, M.R.; SOUZA, B.B.; SILVA, G.A. Influência do estresse calórico na fisiologia hormonal de bovinos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, p. 33-38, 2015.

CUNNINGHAM, J.G. **Tratado de Fisiologia Veterinária**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 579, 2008.

Da SILVA, V.P. **Sistemas silvipastoris em Mato Grosso do Sul. Para quê adotá-los?** In: Seminário Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável, 2003, Campo Grande, MS. **Anais...** Seminário Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável. Campo Grande, MS: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, 2003; CD-ROM: 1-13.

DUBOC, E; COSTA, C.J.; VELOSO, R.F. et al. **Panorama atual da produção de carvão vegetal no Brasil e no Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, (Embrapa Cerrados. Documentos, 197), p.37, 2007.

EDDY, A.L.; VAN HOOGMOED, L.M.; SNYDER, J.R. O papel da termografia no manejo da claudicação de equinos. **The Veterinary Journal**, v. 162, n.3, p.172-181, 2001.

FEITOSA, F.L.F. **Semiologia Veterinária: a arte do diagnóstico**. 2.ed. São Paulo: Roca, p.735. 2008.

FOOTE, W.C.; RIERA, G.S.; SIMPLICIO, A.A. **The effects of tropical environment on reproduction efficiency in ruminants**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL NOS TRÓPICOS: PEQUENOS E GRANDES RUMINANTES, 1. Fortaleza. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa-DIE, 1990. p. 62-86.

GABALDI, S.H; DEFINE, R.M.; BARROS, C.M.Q.; MASCARO, K.; KASTELIC, J.P.; ROSA, G.J.M. Efeitos da elevação da temperatura testicular nas características espermáticas em touros Nelore. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.23, n.3, p.222-224, 1999.

GARCIA, A.R. Conforto térmico na reprodução de bubalinos criados em condições tropicais. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.37, n.2, p.121-130, 2013.

GAUGHAN, J.B.; MADER, T.L.; HOLT, S.M.; SULLIVAN, M.L.; HAHN, G.L. Assessing the heat tolerance of beef cattle genotypes. **International Journal of Biometeorology**, v.54, n. 6, p. 617-627, 2009.

GONTIJO NETO, M.M.; VIANA, M.C.M.; ALVARENGA, R.C.; QUEIROZ, L.R.; SIMÕES, E.P.; CAMPANHA, M.M. Integração lavoura-pecuária-floresta em Minas Gerais. In: ALVES, F.V.; LAURA, V.A.; ALMEIDA, R.G. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável**. Brasília: Embrapa, p. 29-44, 2015.

HAHN, G.L. Dynamic Responses of cattle to thermal heat loads. **Journal of Animal Sciences**, v.77, n.2, p.10-20, 1999.

HEMSWORTH, P.H.; BARNETT, J.L.; BEVERIDGE, L. et al. The welfare of extensively managed dairy cattle: a review. **Applied Animal Behaviour Science**, v.42, p.161-182, 1995.

HOPSTER, H.; VAN DERWERF, J.T.N.; BLOKHUIS, H.J. Side preference of dairy cows in the milking parlour and its effects on behaviour and heart rate during milking. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 55, p.213–29, 1998.

KADZERE, C.T.; MURPHY, M.R.; SILANIKOVE, N.; MALTZ, E. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Product Science**, v.77, p.59–91, 2002.

KAMAL, R.; DUTT, T.; PATEL, M.; DEY, A.; CHANDRAN, P. C.; BHARTI, P. K.; BARIRI, S. K. Behavior, biochemical and hormonal responses of heat-stressed crossbred calves to different shade materials. **Journal Applied Animal Ruminant**, v.44, n.1, p.347-354, 2016.

KARVATTE JR, N.; KLOSOWKI, 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**, v.60, p.1-9, 2016.

KASTELIC, J.P.; COULTER, G.H. Scrotal and testicular thermoregulation in the bull and ram. In: **Soc. for Theriogenology–Proc. Annual Meeting**, p.67-72, 1993.

KASTELIC, J.P.; COOK, R.B.; COULTER, G.H. Contribution of scrotum and testes to scrotal and testicular thermoregulation in bulls and rams. **Journal of Reproduction and Fertility**, v.108, p. 81-85, 1996.

KASTELIC, J.P; COOK, R. B.; PIERSON, R. A.; COULTER, G. H. Relationships among scrotal and testicular characteristics, sperm production and seminal quality in beef bulls. **Canadian Journal of Veterinary Research**. v. 65, n. 2, p. 111-115. 2001.

KASTELIC, J.P. Understanding and evaluating bovine testes. **Theriogenology**, v. 81, n. 1, p. 18-23, 2014.

KOVÁCS, L.; JURKOVICH, V.; BAKONY, M.; SZENCI, O.; PÓTI, P.; TŐZSÉR, J. Welfare implication of measuring heart rate and heart rate variability in dairy cattle: literature review and conclusions for future research. **Animal**, v.8, n.2, p. 316–330, 2014.

LOPES, L. B.; ECKSTEIN, C.; PINA, D. S.; CARNEVALLI, R. A. The influence of tree on the thermal environment and behaviour of grazing heifers in Brazilian Midwest. **Tropical Animal Health Production**, v. 48, n. 4, p. 755-761, 2016.

MARTINS, J.L.; SILVA, I.J.O.; FAGNANI, M.A.; PIEDADE, S.M. Avaliação da qualidade térmica do sombreamento natural de algumas espécies arbóreas em condição de pastagem. **Engenharia Rural**, v.13, n. único, p. 01-12, 2002.

MCMANUS, C.; PRESCOTT, E.; PALUDO, G.R.; BIANCHINI, E.; LOUVANDINI, H.; MARIANTE, A.S. Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds. **Livestock Science**, v. 120, p. 256-264, 2009.

MENEGASSI, S.R.O.; BARCELLOS, J.O.J.; DIAS, E.A.; KOETZ, C. Jr.; PEREIRA, G.R.; PERIPOLLI, V.; LOPES, F.G. Scrotal infrared digital thermography as a predictor of seasonal effects on sperm traits in Braford bulls. **International Journal of Biometeorology**, v.59, p.357–364, 2015.

METZNER, M.; SAUTER-LOUIS, C.; SEEMUELLER, A.; PETZL, W.; ZERBE, H. Infrared thermography of the udder after experimentally induced Escherichia coli mastitis in cows. **The Veterinarian Journal**, v.204, p.360–362, 2015.

MOBERG, G. P.; MENCH, J. A. **The Biology of Animal Stress: basic principles and implications for animal welfare**. New York, CABI, 2000, p.377.

MONTOYA, L.J.; MEDRADO, M.J.S.; MASCHIO, L.M. de A. **Aspectos de arborização de pastagens e viabilidade técnica-econômica da alternativa silvipastoril.** In. Seminário sobre sistemas agroflorestais na região sul do Brasil, **Anais...**, Colombo. Paraná. Embrapa Florestas, 1994, p.157-172.

NICODEMO, M. L. F.; MELOTTO, A. M. 10 anos de pesquisa em sistemas agroflorestais em Mato Grosso do Sul. In: ALVES, F. V.; LAURA, V. A.; ALMEIDA, R. G. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável.** Brasília: Embrapa, 2015. p. 1-28.

OSTERBAAN, S.M.M.; VAN DEN HOVEN, R.; BREUKINK, H.J. The accuracy of three different heart-rate meters used for studies in the exercising horse. **Journal of Veterinary Medicine, a Physiology, Pathology, Clinical Medicine**, v.35, p. 665–72, 1988.

PACHALY, J.R. et al. Estresse por captura e contenção em animais selvagens. **A hora veterinária.** Porto Alegre, v.13, n.74, p.47-52, 1993.

PARANHOS da COSTA, M.J.R. Ambiência na produção de bovinos de corte a pasto. **Anais de Etologia**, v.18, p. 26-42, 2000.

PEREIRA, C.C.J. **Fundamentos de Bioclimatologia Aplicados à Produção Animal.** Belo Horizonte: FEPMVZ. 2005, p. 195.

PIRES M de F.A. **Manejo nutricional para evitar o estresse calórico.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 52.), 2006, p.4.

REZENDE, E.S.J. **Modelo de detecção de mastite em vacas leiteiras usando termografia infravermelho.** 56p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

RIZZO, M.; ARFUSO, F.; ALBERGHINA, D.; GIUDICE, E.; GIANSELLA, M.; PICCIONE, G. Monitoring changes in body surface temperature associated with treadmill exercise in dogs by use of infrared methodology. **Journal of Thermal Biology**, v.69, p.64–68, 2017.

ROBERTO, J.V.B; DE SOUZA, B.B. Utilização da termografia de infravermelho na medicina veterinária e na produção animal. **Journal of Animal Behavior and Biometeorology**, v. 2, n. 3, p. 73-84, 2014.

ROITMAN, I. Stress ou estresse. **Mednews**, v.13, p. 19-26, 1989.

SELYE, H. A syndrome produced by diverse nocuous agents. **Nature**, London, v.138, p.32, 1936.

SILVA, J.C.P.M. **Bem-estar do Gado Leiteiro: A importância do conforto térmico para o alto desempenho do gado**. [S.l.]: Editora Aprenda Fácil, 2012, p.125.

SILVA, R.G.; MAIA, A.S.C. **The Environment**. In: [S.l.: s.n]. Principles of animal biometeorology, 2013, p.1-37.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v.67, n.1, p.1-18, 2000.

SCHOLZ, M.; REINHARDT, C.V. Stress in dogs. **Washington: Dogwise Publishing**, p.140. 2007.

SOUZA, C.D.; CHACUR, M.G.M.; RUEDIGER, F.R.; ANDRADE, I.B.; CARTOCCI, J.S.; BASTOS, G.P.; OBA, E.; RAMOS, A. A. Termorregulação escrotal em touros nelores (*Bos taurus indicus*). **Colloquium Agrariae**, v. 10, p. 101-106, 2014.

SPRAKER, T. Stress and capture myopathy in artiodactylids. In: FOWLER, M.E. Zoo & wild animal medicine, 3 ed. Philadelphia: W. B. Saunders, p.481-487, 1993.

STEKETEE, J. Spectral emissivity of skin and pericardium. **Physiology Medicine Biology**, v.18, p.686-694, 1973.

STEWART, M.; WEBSTER, J.R.; SCHAEFRE, A.L.; STAFFORD, K.J. Infrared thermography and heart rate variability for non-invasive assessment of animal welfare. **Anzccart News**, v.21, p.1-4, 2008.

SULC, R.M.; TRACY, B.F. Integrated crop-livestock systems in the U.S. corn belt. **Agronomy Journal**, v.99, n.2, p.335-345, 2007.

TRAINEER, P.J.; WOODS, R.J.; KORBONITS, M.; POPOVIC, V.; STEWART, P.M.; LOWRY, P.J.; GROSSMAN, A.B. The pathophysiology of circulating corticotropin-releasing hormone-binding protein levels in the human. **The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, v.83, n.5, p. 1611-1614, 1998.

ULRICH-LAI, Y. M.; HERMAN, J. P. Neural regulation of endocrine and autonomic stress responses. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 10, p. 397-409, 2009.

VAN LEAR, E.; MOONS, C. P. H.; AMPE, B.; SONCK, B.; VANDAELE, L.; CAMPENEERE, S.; TUYTTENS, F. A. M. Effect of summer conditions and shade on behavioral indicators of thermal discomfort in Holstein dairy and Belgian Blue beef cattle on pasture. **Animal**, v.9, n.9, p.1536-1546, 2015.

VOLPI, D. **Comportamento ingestivo e conforto térmico de bovinos em sistemas em integração: Avaliação visual e bioacústica**. Curitiba, 2017, 71f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Paraná.

WEBSTER A. Farm animal welfare: The five freedoms and the free market. **The Veterinary Journal**, v.161, p.229–237, 2001.

THOM, E.C. Cooling degrees: day air-conditioning, heating and ventilating. **Transaction of the American Society of Heating**. v.55, n.7, p.65-72, 1958.

1 **3.0 Capítulo 2 – Uso de frequencímetro cardíaco como indicativo de estresse**
2 **térmico em fêmeas Nelore em pastagens com e sem sombra, redigido conforme**
3 **as normas da revista Plos One**

4

5 Ariadne Pegoraro Mastelaro ⁽¹⁾, Fabiana Villa Alves ⁽²⁾, Geovani Ferreira Alves ⁽³⁾, Maity
6 Zopollatto ⁽¹⁾

7

8 ⁽¹⁾ Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Paraná – Curitiba, PR, Brasil

9

10 ⁽²⁾ Embrapa Gado de Corte – Campo Grande, MS, Brasil

11

12 ⁽³⁾ Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, e Geografia, Universidade
13 Federal do Mato Grosso do Sul - Campo Grande, MS, Brasil

14

15 **Resumo:** Objetivou-se determinar a frequência cardíaca utilizando Polar[®] em novilhas
16 Nelore, em pastagens, com e sem árvores, no Centro-Oeste brasileiro. O experimento
17 foi conduzido de dezembro de 2018 a janeiro de 2019, na Embrapa Gado de Corte,
18 Campo Grande, MS. Foram avaliadas dezesseis fêmeas Nelore, na fase de recria, com
19 média de 361,9 kg de peso vivo. Os animais foram distribuídos em dois tratamentos,
20 com e sem árvores, de forma igualitária. Foram coletados dados de temperatura do
21 globo negro (Tgn, °C) em três pontos distintos. Os pontos coletados no sistema em
22 integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) com arranjo 28x4m foram: 1,5 m da fileira
23 de árvores no sentido N (A) e no ponto central entre fileiras de árvores (B), e
24 posteriormente calculado a média entre os pontos. No sistema integrado lavoura-
25 pecuária, pastagem a pleno sol (ILP) escolheu-se um ponto no centro do piquete (C)
26 para a caracterização do microclima local. Para avaliação fisiológica foram registrados
27 os batimentos cardíacos, via Polar[®] Equine. As mensurações foram feitas em intervalos
28 de um segundo, durante 12 horas de coleta, por cada período, descontando duas horas
29 do tempo de espera dos animais no curral de manejo aos seus respectivos piquetes. As
30 características avaliadas foram submetidas a médias de quadrados mínimos e
31 comparadas pelo teste de Tukey, a um nível de 5% de probabilidade. Não houve
32 diferença na frequência cardíaca (FC) ($P=0,085$) entre os sistemas (ILPF - 123
33 batimentos/minuto; ILP - 127 batimentos/minuto). Na caracterização microclimática, a
34 temperatura de globo negro (Tgn) no ILP apresentou a maior média (26,7°C), enquanto
35 no ILPF houve uma redução de 1,34°C ($P=0,010$). Para os meses experimentais a
36 menor média foi obtida no mês de maio (20,70°C) e a maior no mês de fevereiro
37 (29,17°C). O frequencímetro cardíaco foi eficaz em condição extrema de avaliação

38 podendo ser utilizado em sistemas extensivos, apesar da não diferença entre os
39 sistemas.

40

41 Termos para indexação: ILPF, método não invasivo, Polar®, sensor

42

43 **3.1 Introdução**

44 Os fatores climáticos alteram de forma direta a vida dos animais, principalmente
45 os homeotérmicos, como os bovinos [1]. Os impactos ambientais gerados podem
46 acarretar desordens aos parâmetros zootécnicos [2]. Assim, indicativos ambientais,
47 como a temperatura de globo negro (Tgn), são utilizados na tentativa de quantificação
48 do conforto térmico, devido a sua alta correlação com os processos de termólise,
49 podendo influenciar positivamente o bem-estar animal (BEA) [3 e 4]. A partir dos
50 processos de termodinâmica no animal sob estresse, é imposta uma sobrecarga em
51 seu sistema termorregulador e na capacidade de ajuste frente ao ambiente. Como
52 consequências, mudanças de comportamento (busca por sombra e água) e alterações
53 fisiológicas (temperatura retal, frequência respiratória e cardíaca) [4] podem estar
54 presentes. Dessa forma, estudos sobre os efeitos da inter-relação ambiente e animal
55 em seu ambiente produtivo são necessários.

56 A variação na frequência cardíaca pode inferir acerca de um adequado
57 parâmetro físico ambiental em relação a um potencial estressor, e também sobre a
58 resposta animal frente a um ambiente desafiador, como as condições observadas em
59 países de clima tropical [5]. Apesar de ser uma variável que correlaciona os efeitos
60 ambientais perante o animal, a sua obtenção a campo torna-se árdua. As interações
61 causadas pelo manejo de curral e pelo homem alteram os padrões normais para essa
62 variável. Com a finalidade de minimizar os erros inerentes ao manejo, é muito
63 importante a utilização de métodos não invasivos, para que não modifiquem a
64 capacidade de resposta fisiológica do indivíduo [7].

65 O uso de sensores são capazes de registrar a frequência cardíaca a campo.
66 Propiciam resultados que expressam a situação real do animal [7]. Apesar do aumento
67 da precisão dos dados com bancos mais consistentes, o desafio imposto pela
68 tecnologia é a baixa aceitação do animal ao sensor, principalmente, quando se trata de
69 raças zebuínas com sua alta reatividade. Dessa forma, a integração da tecnologia com

70 dados ambientais e fisiológicos pode aumentar a precisão na pecuária, com relevância
71 para o bem-estar animal (BEA) [8].

72 Desta maneira, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o uso do
73 frequencímetro para mensuração de índice cardíaco em novilhas Nelore em pastagens,
74 com e sem árvores.

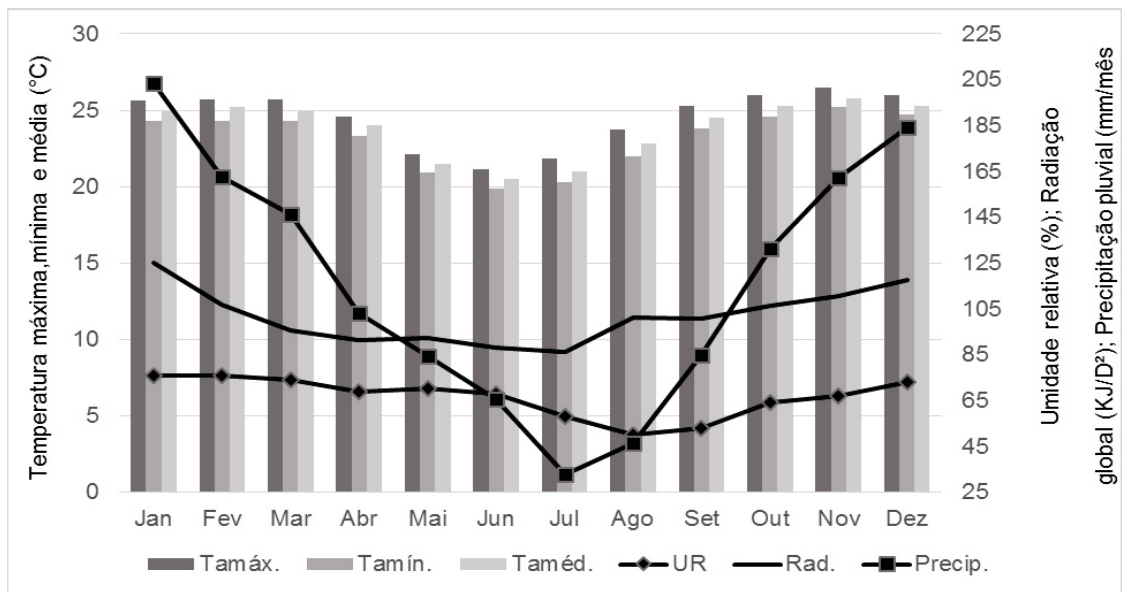
75

76 3.2 Material e Métodos

77 3.2.1 Localização

78 O experimento foi conduzido no período de dezembro de 2018 a junho de 2019,
79 na Embrapa Gado de Corte, no município de Campo Grande (20°27' de latitude sul,
80 54°37' de longitude oeste, e 530 m de altitude), localizada geograficamente na porção
81 central do Estado do Mato Grosso do Sul, na zona Neotropical da região fitogeográfica
82 de Savana [9]. De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger [10], a
83 unidade de pesquisa encontra-se na faixa de transição entre Cfa e AW tropical úmido,
84 precipitação média anual de 1560 mm, sazonalidade de secas (maio a setembro) e
85 águas (outubro a março) bem definidas, com temperatura média anual de 23°C [11].
86 Normais microclimáticas padronizadas encontram-se na Figura 1.

87



88

89 **Fig 1.** Média das normais climatológicas provisórias: umidade relativa do ar (UR, %),
90 precipitação (Precip., mm/mês), radiação solar global (Rad., kJ⁻².dia⁻¹), temperatura do

91 ar mínima (Tamín., °C), temperatura do ar média (Taméd., °C) e temperatura do ar
92 máxima (Tamax., °C) da região do Bolsão do Estado de Mato Grosso do Sul, entre os
93 anos de 2008 a 2018.

94 Fonte: Arquivo pessoal, dados INMET.

95

96 **3.2.2 Área experimental**

97 A área experimental de estudo, com 12 ha, consiste em sistemas em
98 integração, estabelecidos há nove anos como estratégia de recuperação de pastagem,
99 por meio do cultivo de soja seguido do componente forrageiro capim-piatã (*Brachiaria*
100 *brizantha* cv. BRS Piatã), manejados sob sistema de lotação contínua e número variável
101 de animais.

102 Dois sistemas foram avaliados, um em integração lavoura-pecuária-floresta
103 (ILPF), implantado com árvores de eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus*
104 *urophylla*, clone H13), com altura média de 29 m, em fileiras simples (com
105 deslocamento de -20,41° Sul e -54,71° Oeste, relativo ao eixo leste-oeste) e com
106 arranjo espacial de 28x4 metros, e o sistema lavoura-pecuária (ILP), uma pastagem de
107 capim-piatã sem árvores. A área dispõe de oito piquetes experimentais (quatro por
108 sistema), de 1,5 ha cada, equipados com cocho para suplementação mineral e
109 bebedouros.

110

111 **3.2.3 Animais**

112 Todos os procedimentos e metodologias aplicados foram previamente
113 aprovados pela Comissão de Ética no uso de animais da Embrapa Gado de Corte, sob
114 protocolo nº 014/2014. Utilizou-se 16 fêmeas Nelore, com idade e peso vivo médio
115 inicial de 20 meses e 361,9 kg, respectivamente, everminadas e tratadas com ectocida,
116 conforme a necessidade de controle de mosca-do-chifre e carrapatos, durante todo o
117 período experimental. Os animais foram distribuídos aleatoriamente, sendo dois
118 animais-teste em cada piquete, totalizando oito por tratamento (ILPF e ILP).

119

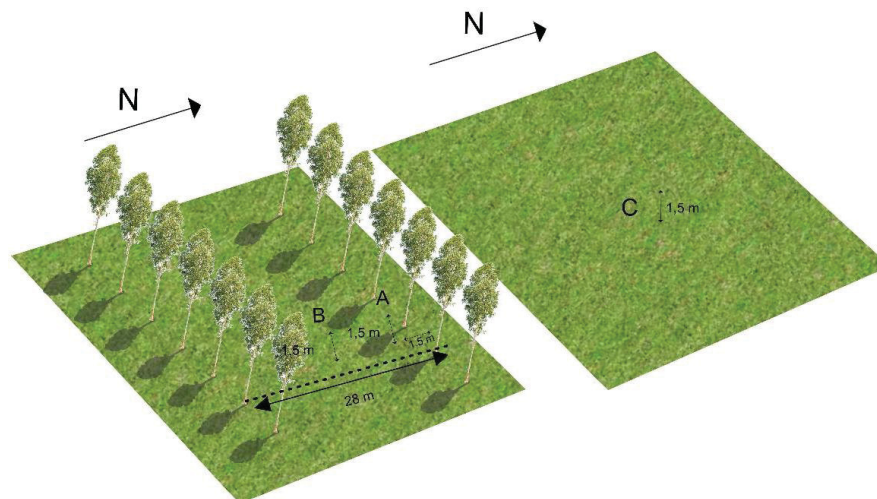
120 **3.2.4 Delineamento experimental**

121 O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, em esquema
 122 de parcelas sub-sub-subdivididas. Os tratamentos das parcelas corresponderam aos
 123 sistemas de produção (ILPF e ILP), os das subparcelas, aos meses experimentais
 124 (dezembro, janeiro, fevereiro, maio e junho), os das sub-subparcelas, aos dias de coleta
 125 e, aos das sub-sub-subparcelas, aos horários de coleta.

126

127 3.2.5 Parâmetros microclimáticos e índices de conforto térmico

128 Os dados microclimáticos foram coletados durante dois dias consecutivos,
 129 sendo dois períodos por mês, em intervalos de uma hora, com início à 00:00h e término
 130 às 23:00h (GMT -04:00), para cada dia do mês observado, coincidindo com os períodos
 131 de medição da frequência cardíaca. Para mensuração da temperatura de globo negro
 132 (T_{gn} , °C) foram utilizados termohigrômetros digitais (modelo HT-500, marca
 133 Instrutherm), encapsulados em esferas de PVC (15 cm de diâmetro), externamente
 134 pintadas com tinta preta fosca [12]. Os equipamentos foram alocados em duplicata
 135 (Figura 2) a 1,50 m da fileira de árvores (A), no ILPF, e no centro do piquete (B e C) em
 136 ambos os sistemas, a 1,50 m da superfície do solo (correspondente à altura média do
 137 centro de massa de bovinos).



138

139 **Fig 2.** Representação esquemática da disposição dos equipamentos nos sistemas de
 140 integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e integração lavoura-pecuária (ILP).

141 Fonte: Arquivo pessoal.

142 Os dados meteorológicos do ambiente circundante foram coletados pela
143 estação meteorológica A-702-INMET (latitude: - 20.447195; longitude: - 54.722615;
144 altitude: 528,47 m), distante 3 km da área experimental, sendo eles: temperatura do ar
145 (T_a , °C) e de ponto de orvalho (T_{po} , °C), e umidade relativa do ar (UR, %). Para
146 avaliação da condição de conforto térmico animal do ambiente circundante foi
147 calculado, a partir dos dados microclimáticos, o Índice de temperatura de Globo e
148 Umidade (ITGU) [14]. Os valores de ITGU, de acordo com Baêta (1985) [15], foram
149 classificados pelo National Weather Service em situação de: conforto (\leq de 74), alerta
150 (>74 a < 79), perigo (>79 a < 84) e emergência (≥ 84).

151

152 3.2.6 Parâmetros fisiológicos

153 Para monitorar a frequência cardíaca (FC), foram realizadas dez avaliações,
154 sendo duas por mês (dezembro de 2018, janeiro, fevereiro, maio e junho de 2019). Os
155 animais foram distribuídos aleatoriamente. Foi utilizado frequencímetro portátil (Polar®
156 Equine, modelo M400), projetado para treinamento de cavalos de corrida. O conjunto
157 do aparelho é subdividido em um monitor cardíaco (relógio) e um transmissor
158 (sensor/cinta) (Figura 3).

159



Fig 3. Frequencímetro portátil, Polar® Equine, modelo M400.

Fonte: Polar.

160 O primeiro foi direcionado e posicionado no tórax do animal, e o monitor foi
161 acoplado no cabresto (Figura 4). Além do posicionamento correto do sensor no animal,
162 o sistema requer a utilização de um gel condutor a fim de facilitar o bom contato do
163 eletrodo com a pele e adaptação prévia dos animais ao aparelho, para que o mesmo

164 não interrompa a leitura. Foram feitas 4 tentativas prévias, durante dois meses antes do
165 período experimental, com a finalidade de redução da reatividade das novilhas ao
166 sensor e identificação do local correto para melhor captura da frequência cardíaca.
167



Fig 4. Posicionamento do frequencímetro nas novilhas Nelore.

Fonte: Arquivo pessoal.

168

169 As mensurações foram feitas em intervalos de um segundo, totalizando
170 aproximadamente quatorze horas de coleta, para cada período. Foram descontados
171 duas horas do tempo de espera dos animais no curral de manejo até seus respectivos
172 piquetes, com início às 14h00 e término a 01h00. O conjunto de dados utilizados para
173 análise estatística correspondeu às médias dos oito animais por tratamento.

174

175 **3.2.7 Análise estatística**

176 Aferiu-se a distribuição normal dos dados, por meio do teste de normalidade,
177 utilizando o PROC UNIVARIATE. Em seguida, realizou-se a análise de variância
178 (PROC GLM) considerando os efeitos fixos: sistema, mês, dia de avaliação, hora e suas
179 interações.

180

181 As médias das variáveis frequência cardíaca, temperatura de globo negro,
182 temperatura do ar, temperatura de ponto de orvalho, umidade relativa e o índice de
183 temperatura globo e umidade foram comparadas pelo teste de Tukey considerando
184 95% de confiabilidade. No caso de interações significativas, as médias foram ajustadas
utilizando o procedimento LSMEANS. Todas as análises foram feitas por meio do

185 programa computacional Statistical Analysis System (SAS versão 9.2; SAS Institute
186 Inc). O modelo estatístico adotado foi:

187

$$Y_{ijkln} = m + p_i + t_j + (pt)_{ij} + d_k + (td)_{jk} + (ptd)_{ijk} + h_l + (th)_{jl} + (dh)_{kl} + (tdh)_{jkl} + e_{ijkln}$$

188

189 Em que:

190 m : é o efeito da constante, média geral; p_i : é o efeito do sistema i ; t_j : é o efeito do

191 mês j ; $(pt)_{ij}$: é o efeito da interação do sistema i com o mês j (erro A); d_k : é o efeito

192 do dia de avaliação k ; $(td)_{jk}$: é o efeito da interação do mês j com o dia k ; $(ptd)_{ijk}$: é o

193 efeito da interação do sistema i com o mês j e dia k ; (erro B); h_l : é o efeito de hora de

194 mensuração l ; $(th)_{jl}$: é o efeito da interação do mês j com a hora de mensuração l ;

195 $(dh)_{kl}$: é o efeito da interação do dia k com a hora de mensuração l ; $(tdh)_{jkl}$: é o

196 efeito da interação do mês j com dia k e a hora de mensuração l ; e_{ijkln} : é o erro

197 experimental associado a observação Y_{ijkln} , com $e_{ijkln} \cap N(0, \sigma_e^2)$.

198

199 3.3 RESULTADOS

200 Para a caracterização do ambiente, a partir dos dados da estação

201 meteorológica A-702-INMET, as variáveis microclimáticas Ta, Tpo e UR não variaram

202 (Tabela 1).

203 No entanto, o índice de conforto térmico (ITGU) obtido através dos dados da

204 estação e dos sistemas foram diferentes ($P=0,012$), sendo que a pastagem

205 convencional obteve o maior valor médio (74). Na caracterização microclimática, a

206 temperatura de globo negro (Tgn) no ILP apresentou a maior média 26,7°C, enquanto

207 no ILPF houve uma redução de 1,34°C ($P=0,010$), descritos na Tabela 1.

208

209

210

211 **Tabela 1.** Média das variáveis microclimáticas, temperatura de globo negro (Tgn, °C), do
 212 ar (Ta) e de ponto de orvalho (Tpo); umidade relativa do ar (UR) e índice de
 213 temperatura de globo e umidade (ITGU, adimensional), em dois sistemas de produção,
 214 pastagem sem (ILP) e com (ILPF) árvores.

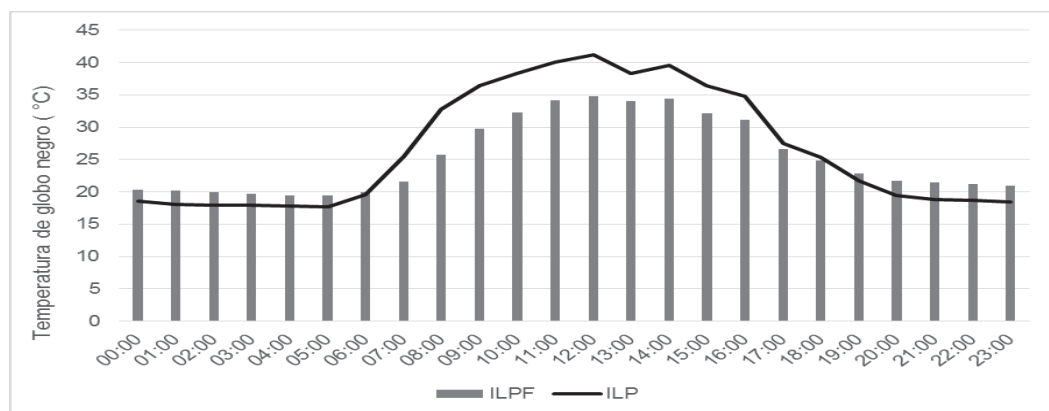
Variável	Sistema de Produção		Valor de P
	ILP	ILPF	
Tgn	26,70 ^a	25,36 ^b	0,010
ITGU	74 ^a	73 ^b	0,012

Estação meteorológica	
Temperatura do ar, °C	24,59
Temperatura de ponto de orvalho, °C	16,88
Umidade relativa, %	65,05

215 *Médias seguidas de letras minúsculas iguais, na linha, não diferem pelo Teste de Tukey ao nível de 5%
 216 de probabilidade

217

218 Houve uma menor variação térmica no sistema ILPF, em relação ao ILP, com
 219 um acumulado médio diário de 608,62°C para o ILPF, e o ILP com 32,29°C a mais,
 220 para variável Tgn acumulada. Ao meio dia, foram observados os maiores valores para a
 221 Tgn, 41,2°C (ILP), 34,84°C (ILPF). O horário mais confortável termicamente foi 5h00,
 222 com 17,7°C (ILP), 19,42°C (ILPF) e 18,56°C (média). A amplitude térmica, em relação
 223 aos valores máximos e mínimos, foi de 23,5 e 15,42°C, para o ILP e ILPF ($p < 0,005$),
 224 respectivamente (Fig 5).



225

226 **Fig 5.** Valores médios de temperatura de globo negro (Tgn, °C) em 24h00, no sistema
 227 ILPF e ILP.

228 Houve efeito significativo em relação aos meses experimentais para todas as
 229 variáveis (Tgn, Ta, Tpo, UR e ITGU) microclimáticas (Tabela 2). Os meses de
 230 dezembro (28,33°C), janeiro (29,06°C) e fevereiro (29,17°C) apresentaram médias
 231 maiores ($P=0,003$) dos demais (maio e junho), para Tgn. Os meses de maio e junho
 232 apresentaram médias diferentes, 20,70°C e 22,91°C, respectivamente. A Ta teve uma
 233 amplitude térmica média de 7,6°C entre os meses de dezembro e maio, meses em que
 234 foram obtidas a maior (28,24°C) e menor (20,64°C) média para variável descrita,
 235 respectivamente. Para a Tpo, o valor médio máximo foi obtido em fevereiro (20,22°C).

236 A UR variou em 26,44 pontos percentuais entre os meses de dezembro e junho.
 237 Para o índice de conforto térmico, ITGU, os meses de verão (dezembro, janeiro e
 238 fevereiro) foram os que apresentaram as maiores médias (Tabela 2).

239

240 **Tabela 2.** Médias mensais das variáveis microclimáticas, temperatura de globo negro
 241 (Tgn, °C), do ar (Ta, °C) e de ponto de orvalho (Tpo, °C); umidade relativa do ar (UR, %) e
 242 índice de temperatura de globo e umidade (ITGU, adimensional), no Centro-Oeste
 243 brasileiro, em cinco meses experimentais.

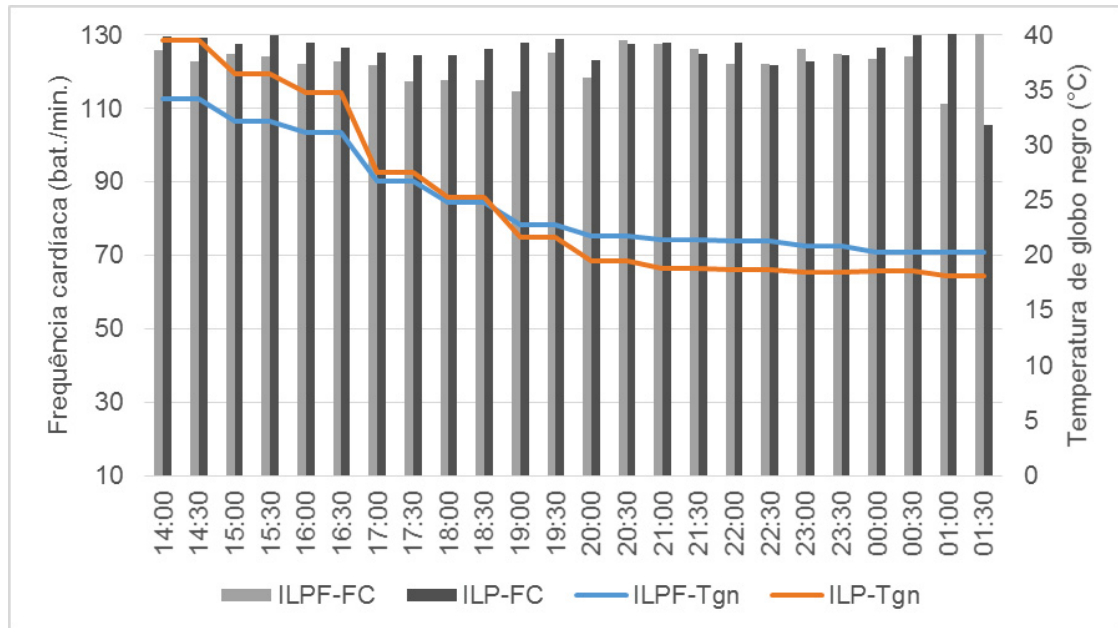
Variável	Meses					Valor de P
	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Maio	Junho	
Tgn	28,33 ^a	29,06 ^a	29,17 ^a	20,70 ^b	22,91 ^b	0,003
ITGU	76 ^a	78 ^a	78 ^a	68 ^b	69 ^b	<0,001
Estação meteorológica						
Ta	28,24 ^a	26,83 ^a	24,54 ^b	20,64 ^c	22,68 ^{bc}	<0,001
Tpo	17,96 ^b	19,57 ^{ab}	20,22 ^a	14,98 ^c	11,66 ^d	<0,001
UR	55,27 ^b	66,75 ^{ab}	78,50 ^a	72,67 ^a	52,06 ^b	0,028

244 *Médias seguidas de letras minúsculas iguais, na linha, não diferem pelo Teste de Tukey ao nível de 5%
 245 de probabilidade.

246

247 Foi utilizado um total de 240 horas para avaliação da frequência cardíaca nos
 248 dois sistemas de produção, com árvores (ILPF) e sem árvore (ILP)

249



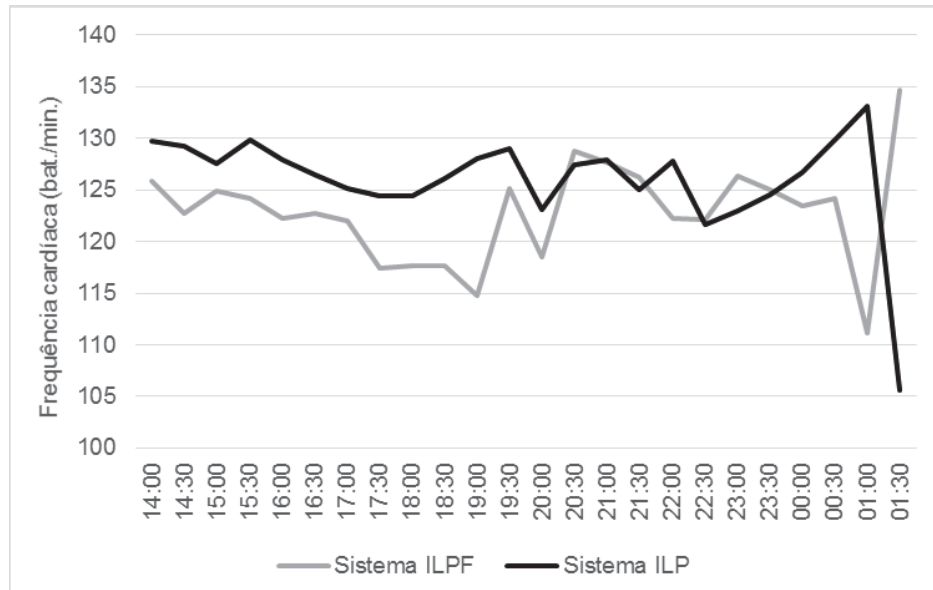
250

251 **Fig 6.** Valores médios da frequência cardíaca (FC, batimentos/minuto) e temperatura de
 252 globo negro (Tgn, °C), nos sistemas com árvores (ILPF) e sem árvores (ILP), em todo
 253 período experimental.

254

255 Apesar da diferença estatística na caracterização microclimática ($P=0,006$), a FC
 256 não diferiu entre os sistemas ($P=0,085$), representada na Fig.6. As médias da
 257 frequência cardíaca para o sistema ILPF e ILP foram de 123 e 127 batimentos/minuto,
 258 respectivamente ($P=0,085$). No sistema ILPF, as médias oscilaram de 111 a 135
 259 batimentos/minuto. Para o tratamento ILP, o período de maior FC foi 01h00, com o valor
 260 máximo de 133 batimentos/minuto, e 27 unidades a menos para o menor valor. Entre
 261 as 12 horas avaliadas, a cada meia hora, totalizando 24 pontos amostrais, o sistema
 262 ILP apresentou os maiores valores referentes a FC em 70,83% do período amostral,
 263 sendo que o maior pico no ILPF foi 01h00, e 01h30 no tratamento ILP (Fig. 7).

264



265

266 **Fig 7.** Média da frequência cardíaca de novilhas Nelore mantidas em dois sistemas de
 267 produção distintos, com árvores (ILPF) e sem árvores (ILP), no Centro-Oeste brasileiro.

268

269 Em relação ao período amostral, a variável FC apresentou diferença entre os
 270 meses avaliados ($P=0,031$). Os meses de fevereiro, março e junho apresentaram as
 271 maiores médias (Tabela 1). As médias dos períodos variaram de 18 batimentos/minuto
 272 133 batimentos/minuto.

273

274 **Tabela 3.** Média mensal da frequência cardíaca (batimentos/minuto) de novilhas Nelore
 275 mantidas em dois sistemas de produção, sem (ILP) e com (ILPF) árvores, no Centro-
 276 Oeste brasileiro.

Variável	Meses					P-valor
	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Maió	Junho	
Frequência cardíaca	115 ^b	115 ^b	128 ^a	133 ^a	129 ^a	0,031

277 *Médias seguidas de letras minúsculas iguais, na linha, não diferem pelo Teste de Tukey ao nível de 5%
 278 de probabilidade.

279 3.4 DISCUSSÃO

280 A zona de conforto térmico (ZCT) para zebuínos encontra-se na faixa de 10 a
 281 27°C, e com valores críticos acima de 35°C [17]. Nas condições experimentais, na

282 caracterização ambiental feita a partir de dados da estação meteorológica em média
283 (24,59°C), os animais encontravam-se dentro da normalidade em sua maioria (Tabela
284 1). Para o mês de dezembro (verão), o valor para T_a (28,24°C) ultrapassou a ZCT
285 (Tabela 2). A umidade relativa do ar (UR) nos meses de fevereiro e maio, ultrapassou
286 os valores estimados como ideais para os bovinos (50-70%) [18]. Isso ocorre devido ao
287 período no qual foi realizado o experimento.

288 Ainda sobre a caracterização do ambiente, Baêta e Souza (2010) [17]
289 classificam como confortável o ambiente que apresenta o ITGU ≤ 74 , sendo o animal
290 capaz de exercer sua capacidade produtiva ao máximo. Para as médias experimentais,
291 o ITGU ficou dentro do padrão de conforto estimado por estes autores. Embora muito
292 utilizado para países de clima tropical, o ITGU foi desenvolvido sob condições de
293 ambiente controlado e não considera a radiação térmica emitida pelos diversos
294 componentes presentes em um sistema de produção, sendo pouco eficiente na
295 avaliação do ambiente em regiões tropicais [19].

296 A Tgn, por sua vez, vem sendo utilizada como boa balizadora em ambientes
297 produtivos, devido a sua alta capacidade de associação com as respostas fisiológicas
298 [4]. Essa variável tem a capacidade de conciliar dados sobre os efeitos combinados da
299 temperatura do ar, radiação solar e velocidade do vento [20]. Assim, valores
300 equivalentes a 23°C correspondem a condições de conforto térmico, e temperaturas de
301 44°C, a estresse térmico severo [21].

302 Uma forma de minimizar os efeitos da Tgn em sistemas de produção a pasto é a
303 utilização do componente florestal. Esse efeito é resultado do bloqueio da radiação
304 solar pela copa das árvores [13]. Deste modo, em avaliações microclimáticas em
305 sistema arborizado e não arborizado (verão e inverno), foi observado que o sistema
306 silvipastoril reduziu a Tgn, minimizando as amplitudes de calor e as diferenças
307 climáticas entre as estações [22]. Tais resultados corroboram com os obtidos neste
308 experimento, onde o ILPF obteve menor amplitude térmica e proporcionou um ambiente
309 mais agradável em relação ao maior pico de calor (12h00), quando comparado à
310 pastagem sem árvores (Fig.5). Assim, as alterações ambientais e suas diversas
311 combinações podem gerar desconforto aos animais [23].

312 Na tentativa de minimizar os efeitos ambientais, os bovinos lançam mão de
313 mecanismos fisiológicos para a perda de calor, a fim de evitarem a hipertermia. Entre
314 esses dispositivos inerentes à resposta dos animais homeotérmicos, a frequência
315 cardíaca pode ser utilizada como indicativo de estresse térmico.

316 Para cada estímulo ambiental negativo o organismo animal conduz a diferentes
317 respostas adaptativas [24]. Quando ocorre o início do estresse, o sistema nervoso
318 autônomo é responsável pelas ações imediatas, que controlam as oscilações do
319 sistema cardíaco [25]. Dessa forma, quando o animal não está dentro da sua zona
320 termoneutra, a elevação do batimento pode condizer a uma resposta perante o
321 ambiente [26], na tentativa de retorno à homeostase [27].

322 A utilização de sensores, como o frequencímetro cardíaco Polar®, é uma
323 ferramenta valiosa na quantificação da resposta fisiológica, fornecendo resultados
324 válidos devido à precisão do método. A princípio este sistema não era adequado para
325 implantação por horas, devido a sua baixa capacidade de registro. Hoje, esses
326 dispositivos são capazes de registrar a FC por horas, dependendo da capacidade de
327 suporte da memória [28].

328 Para bovinos adultos, a FC tem o seu valor de referência entre 60 a 70
329 batimentos/minuto, tornando-se preocupante quando ultrapassam o limite de 80
330 movimentos/minuto [29]. Em todos os sistemas, horários e períodos, os valores
331 encontrados para este parâmetro estavam fora da normalidade (Fig. 6 e Fig. 7; Tabela
332 3).

333 Esperava-se que as medidas de Tgn e FC fossem diretamente proporcionais,
334 (Fig.6), seguindo a tendência do ritmo circadiano ao longo do dia, no qual os valores no
335 período noturno são mais baixos e sobem lentamente durante o dia. Além do mais, o
336 efeito de mês foi inverso, o mês mais confortável termicamente (maio) apresentou a
337 maior média cardíaca (Tabela 3). No entanto, deve-se ressaltar que não só o ambiente
338 (calor/frio) pode ser um fator que desencadeou uma reação de estresse.

339 Corroborando com os resultados obtidos, Cerutti et al. (2013) [30] afirmam que o
340 efeito ambiental sobre a FC é variável a cada indivíduo. O aumento ou redução da
341 mesma está diretamente ligado à intensidade do estresse ao qual foram submetidos e à
342 capacidade de adaptação dos mesmos. Além das características ambientais, fatores

343 como raça, idade, trabalho muscular e ingestão de grande quantidade de alimento
344 fazem com que a magnitude desta resposta dependa de cada animal de forma
345 individualizada [31,32]. Chaves et al. (2015) [33] observaram padrões para a variável
346 FC fora dos limiares preconizados como normais em animais da raça Nelore,
347 ultrapassando 88, e com máximo de 119 batimentos/minuto. Os dados apresentados
348 pelos autores não condizem com o observado nesse estudo, no qual a temperatura
349 ambiente apresenta a sua média anual inferior quando comparada com a experimental.
350 Os autores reafirmam ainda que a amplitude apresentada por essa variável pode ser
351 decorrente de animais com maior suscetibilidade ao estresse, por ser de fácil
352 interferência.

353 Portanto, a oferta de sombra não modificou a frequência cardíaca. A resposta
354 fisiológica, FC, pode ser alterada, por outros fatores como raça e idade e não apenas
355 por variações ambientais. O frequencímetro cardíaco foi eficaz na mensuração da
356 resposta fisiológica nos ambientes propostos.

357

358 **Agradecimentos**

359 Ao CNPq, Fundect, e Embrapa, pela concessão de recursos financeiros para a
360 realização das coletas.

361

362 **3.5 Referências**

- 363 1. Collier R J, Gebremedhin KG. Thermal biology of domestic animals. Annual Review
364 of Animal Biosciences. 2015; 3: 513-532.
- 365 2. Brown-Brandl TM. Understanding heat stress in beef cattle. Revista Brasileira de
366 Zootecnia, Viçosa. 2018; 47.
- 367 3. Cattelam J, Do Vale MM. Estresse térmico em bovinos. Revista Portuguesa de
368 Ciências Veterinárias. 2013; 108: 96–102.
- 369 4. Oliveira CCd, Alves FV, Martins PGMd, Karvatte Junior N, Alves GF, Almeida RGd,
370 Mastelaro AP, Costa e Silva EV. Vaginal temperature as indicative of
371 thermoregulatory response in Nelore heifers under different microclimatic
372 conditions. Plos One. 2019; 14(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223190>.

- 373 5. Lopes LB, Eckstein C, Pina DS, Montei RAC. The influence of tree on the thermal
374 environment and behaviour of grazing heifers in Brazilian Midwest. *Tropical Animal*
375 *Health Production*. 2016; 48(4): 755-761.
- 376 6. Azevedo M, Pires MFA, Satumino HM, Lana AMQ, Sampaio IBM, Monteiro JBN,
377 Morato LE. Estimativas de níveis críticos superiores do índice de temperatura e
378 umidade para vacas leiteiras $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ e $\frac{7}{8}$ Holandês-Zebu em lactação. *Revista*
379 *Brasileira de Zootecnia*. 2005; 34(6):2000-2008.
- 380 7. Hopster Hans, Blokhuis JH. Validation of a heart-rate monitor for measuring a stress
381 response in dairy cows. *Canadian Journal Animal Science*. 1994; 74: 465-474.
- 382 8. Kovács L, Jurkovich V, Bakony M, Szenci O, Póti P, Tözsér J. Welfare implication of
383 measuring heart rate and heart rate variability in dairy cattle: literature review and
384 conclusions for future research. *Animal*. 2014; 8(2): 316–330.
- 385 9. Sandeville Jr E. A divisão natural das paisagens brasileiras. *Paisagem Ambiente*
386 *Ensaio*. 2004; 18:71-98. doi: 10.11606/issn.2359-5361.v0i18p71-98
- 387 10. Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F. World map of the Köppen-Geiger
388 climate classification updated. *Meteorol Z*. 2006; 15:259-263. doi: 10.1127/0941-
389 2948/2006/0130.
- 390 11. Marcuzzo FFN, Melo DCR, Costa HC. Sazonalidade e distribuição espaço-temporal
391 das chuvas no bioma do cerrado do estado do Mato Grosso do Sul. *Rev Bras de*
392 *Recur Híd*. 2012; 17(1):77-86.
- 393 12. Souza CF, Tinôco IFF, Baêta FC, Ferreira WPM, Silva RS. Avaliação de materiais
394 alternativos para confecção do termômetro de globo. *Ciênc Agrotec*. 2002;
395 26(1):157-164.
- 396 13. Karvatte N, Klosowski ES, Almeida RG, Mesquita EE, Oliveira CC, Alves FV.
397 Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-
398 livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. *Int J Biometeorol*. 2016; 60:1-9.
399 doi: 10.1007/s00484-016-1180-5.
- 400 14. Buffington DE, Collazo-Arocho A, Canton GH, Pitt D, Thatcher WW, Collier RJ. Black
401 globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Trans Am Soc Agric*
402 *Eng*. 1981; 24:711-714. doi: 10.13031/2013

- 403 15. Baêta FC. Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature,
404 humidity and wind velocity in the warm season [dissertation]. Columbia: University of
405 Missouri; 1985.
- 406 16. Moore BCJ. An Introduction to the Psychology of Hearing. Brill Academic Publishing,
407 Leiden, Netherlands. 2012.
- 408 17. Baêta FC, Souza CF. *Ambiência em edificações rurais: Conforto animal*. 2nd ed.
409 Viçosa, Brazil: Editora UFV; 2010.
- 410 18. Ferreira R. *Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos*.
411 Viçosa, Brazil: Aprenda Fácil Editora; 2005.
- 412 19. Silva RG, Maia ASC. The Environment. In: [Sl.: s.n]. *Principles of animal*
413 *biometeorology*, 2013; 1-37.
- 414 20. Kelly CF, Bond TE. Bioclimatic factors and their measurements. In: *National*
415 *Academy of Sciences: a guide to environmental research on animals*. NAS,
416 Washington; 1971.
- 417 21. Ferreira PM, Facury Filho EJ, Campos WE. Parâmetros fisiológicos de bovinos
418 cruzados submetidos ao estresse calórico. *Arq Bras Med Vet Zootec*. 2006;
419 58(5):732-73. doi: 10.1590/S0102-09352006000500005
- 420 22. Baliscei MA, Barbosa OR, Souza W, Costa MAT, Fkutzmann Queiroz EO.
421 Microclimate without shade and silvopastoral system during Summer and winter.
422 *Acta Scientiarum Animal Science*. 2013; 35 (1): 49-56.
- 423 23. Pezzopane JRM, Nicodemo MLF, Bosi C, Garcia AR, Lulu J. Animal thermal comfort
424 indexes in silvopastoral systems with different tree arrangements. *Journal of Thermal*
425 *Biology*. 2019; 79: 103-111.
- 426 24. Pachaly WJR. Estresse por captura e contenção em animais selvagens. *A hora*
427 *veterinária*. 1993; 13(7):47-52.
- 428 25. Ulrich-Lai YM, Herman JP. Neural regulation of endocrine and autonomic stress
429 responses. *The Nature Reviews Neuroscience*. 2009; 10: 397-409.
- 430 26. Mcmanus C, Prescott E, Paludo GR, Bianchini E, Louvandini H, Mariante AS. Heat
431 tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds. *Livestock Science*. 2009; 120: 256-
432 264.

- 433 27. Silanikove N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic
434 ruminants. *Livestock Production Science*. 2000; 67(1):1-18.
- 435 28. Wallén MB, Hasson D, Theorell T, Canlon B, Osila W. Possibilities and limitations of
436 the polar RS800 in measuring heart rate variability at rest. *European Journal Applied*
437 *Physiology*. 2012; 112:1153-1165.
- 438 29. Feitosa FLF. *Semiologia Veterinária: a arte do diagnóstico*. 2.ed. São Paulo: Roca;
439 2008.
- 440 30. Ceerutti WG, Bermudes RF, Viégas J, Martins CM. Respostas fisiológicas e
441 produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas ou não a sombreamento e
442 aspersão na pré-ordenha. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 2013;
443 14(3): 406-412.
- 444 31. Silva RG, Gondim AG. Comparação entre as raças Sindi e Jersey e seus mestiços,
445 relativamente a tolerância ao calor na região Amazônica. *Pesquisa Agropecuária*
446 *Brasileira*. 2007; 6: 37-44.
- 447 32. Brown-Brandl TM, Jones DD. Feedlot cattle susceptibility to heat stress: an
448 animal-specific model. *Transactions of the ASABE*. 2011; 54: 583- 598.
- 449 33. Chaves AS, Nascimento ML, Tullio RR, Rosa NA, Alencar MM, Lana DP.
450 Relationship of efficiency indices with performance, heart rate, oxygen consumption,
451 blood parameters, and estimated heat production in Nellore steers. *Journal Animal*
452 *Science*. 2015, 93:5036–5046.

1 **4.0 Capítulo 3 – Temperatura superficial do pelame de novilhas Nelore em**
2 **diferentes condições microclimáticas, redigido conforme as normas da revista**
3 **Thermal Biology**

4

5 Ariadne Pegoraro Mastelaro ⁽¹⁾, Fabiana Villa Alves ⁽²⁾, Felipe Norberto Alves Ferreira ⁽³⁾,
6 Maity Zopollatto ⁽¹⁾

7

8 ⁽¹⁾ Universidade Federal do Paraná–Curitiba, PR, aripmvvet@gmail.com, maity@ufpr.br

9 ⁽²⁾ Embrapa Gado de Corte–Campo Grande, MS, fabiana.alves@embrapa.br

10 ⁽³⁾ Departamento de Serviços Técnicos, Agroceres Multimix, Rio Claro, SP,
11 felipe.alves@agroceres.com

12

13 **Resumo:** As respostas fisiológicas, bem como a temperatura superficial do pelame,
14 podem ser influenciadas pelas trocas térmicas do animal com o ambiente, inferindo em
15 maior ou menor grau de bem-estar animal. Neste estudo, o objetivo foi determinar a
16 temperatura superficial da pelame de novilhas Nelore, em sistemas de produção a
17 pasto, com e sem árvores, no Centro-Oeste brasileiro. O experimento foi conduzido de
18 dezembro de 2018 a janeiro de 2019, na Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS.
19 Foram avaliadas dezesseis fêmeas Nelore, na fase de recria, com média de 361,9 kg
20 de peso vivo. Os animais foram distribuídos em dois tratamentos, com (integração
21 lavoura-pecuária-floresta - ILPF) e sem árvores (integração lavoura-pecuária - ILP), de
22 forma igualitária, com o delineamento em blocos ao acaso e parcelas sub-subdivididas.
23 Para caracterização do ambiente, foram coletados dados de temperatura do globo
24 negro (Tgn, °C) em três pontos distintos. Os pontos coletados no sistema ILPF, com
25 arranjo 28x4m foram: a 1,5 m da fileira de árvores (A) e no ponto central do piquete (B),
26 e posteriormente calculada a média entre os pontos. No ILP, escolheu-se um ponto no
27 centro do piquete (C). Os valores de Tgn foram distribuídos de três formas distintas:
28 instantâneo, médio e acumulado diário. Os dados meteorológicos do ambiente
29 circundante foram coletados pela estação meteorológica, sendo eles: temperatura do ar
30 (Ta, °C) e de ponto de orvalho (Tpo, °C), e umidade relativa do ar (UR, %), para
31 posterior cálculo do Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU). Para avaliação
32 da temperatura superficial do pelame (TS), foram registradas fotos termográficas a
33 campo em três períodos (07h00; 11h00 e 16h00). A Tgn no ILP apresentou a maior
34 média 26,7°C, com redução de 1,34°C no ILPF (p=0,006). Não houve diferença entre os
35 sistemas para a TS (p=0,076), apenas entre os horários coletados (p<0,001), com a
36 menor média (31,74°C) às 7h00. Apesar do mês de maio ter apresentado as menores
37 médias para os três horários avaliados, não houve diferença entre os cinco meses
38 avaliados (p=0,137), para a TS. O sistema ILPF favoreceu a condição ambiental. O fato

39 de a temperatura superficial de pelame não ter sido diferente entre os sistemas pode
40 ser devido à adaptação de novilhas Nelore.

41

42 Termos para indexação: Fisiologia, imagem termográfica, método não invasivo, Nelore

43

44 **4.1 Introdução**

45 A fadiga por calor é caracterizada pelo estado fisiológico e adaptativo em
46 relação às condições ambientais (Van Lear et al., 2015). A exata combinação dos
47 elementos microclimáticos, como temperatura e umidade do ar, radiação e ventos, que
48 desencadeia mecanismos de dissipação de calor nos animais, é difícil de ser
49 mensurada.

50 A modificação ambiental é uma estratégia de manejo, no qual é ofertado aos
51 animais sombra natural, no ambiente produtivo. Neste contexto, os sistemas em
52 integração, do tipo silvipastoril, podem ser uma opção benéfica para aumentar a
53 produtividade (Gamarra et al., 2017) e proporcionar maior conforto térmico devido ao
54 arranjo ordenado do componente florestal.

55 A fim de quantificar a inter-relação do ambiente com os animais, são
56 necessárias avaliações dos parâmetros fisiológicos. A temperatura superficial da
57 pelame pode ser utilizada como balizadora em relação ao estresse causado pelo
58 ambiente.

59 O uso de ferramentas como a termografia para mensuração de respostas
60 térmicas vem sendo estudada desde a última década (Salles et al., 2016). Essa
61 tecnologia pode apresentar resultados mais precisos e com a vantagem de não
62 necessitar do contato físico com o animal, excluindo a interferência de manejo de curral,
63 a qual é embutido por outras tecnologias. Assim, a fim da obtenção mais precisa da
64 temperatura superficial, o uso de tecnologia por meio de sensores, como o uso de
65 imagens termográficas, possibilita melhor tomada de decisão, podendo reduzir impactos
66 na saúde e bem-estar animal.

67 A interação animal e ambiente precisa ser considerada para se obter maior
68 eficiência na exploração pecuária, pois as diferentes respostas dos animais às
69 peculiaridades de cada região são determinantes no sucesso da atividade. Faz-se
70 ainda necessária a correta identificação dos fatores que influenciam a vida produtiva, o

71 que permitirá ajustes nas práticas de manejo. Neste estudo, o objetivo foi determinar a
 72 temperatura superficial do pelame de novilhas Nelore, em sistemas de produção a
 73 pasto, com (ILPF) e sem árvores (ILP), no Centro-Oeste brasileiro, por meio de
 74 termografia.

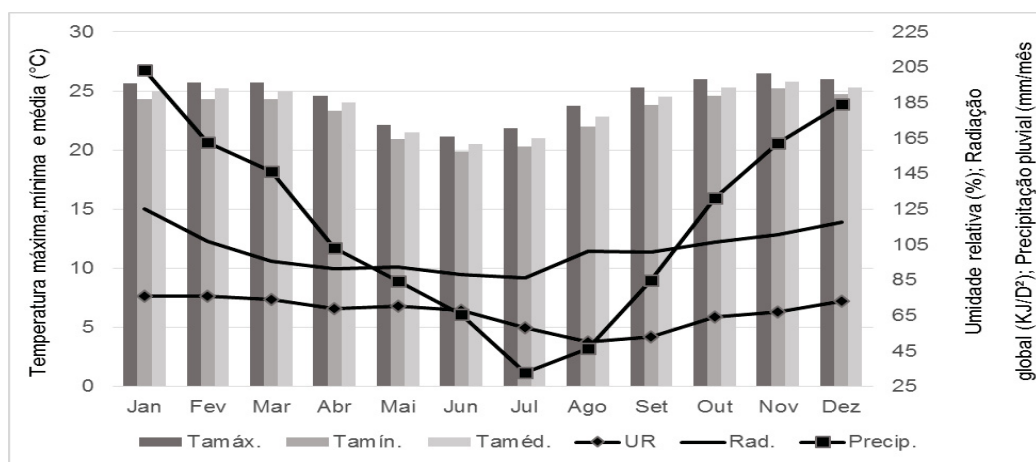
75

76 4.2 Material e Métodos

77 4.2.1 Localização

78 O experimento foi conduzido de dezembro de 2018 a, junho de 2019, na
 79 Embrapa Gado de Corte, no município de Campo Grande (20°27' de latitude sul, 54°37'
 80 de longitude oeste, e 530 m de altitude), localizada geograficamente na porção central
 81 do Estado do Mato Grosso do Sul, na zona Neotropical da região fitogeográfica de
 82 Savana (Sandeville Júnior, 2004). De acordo com a classificação climática de Köppen-
 83 Geiger (Kottek et al., 2006), a Unidade de Pesquisa encontra-se na faixa de transição
 84 entre Cfa e AW tropical úmido, precipitação média anual de 1560 mm, sazonalidade de
 85 secas (maio a setembro) e águas (outubro a março) bem definidas, com temperatura
 86 média anual de 23°C (Marcuzzo et al., 2012). Normais microclimáticas padronizadas
 87 encontram-se na Figura 1.

88



89

90 **Figura 1.** Média das normais climatológicas provisórias: umidade relativa do ar (UR, %),
 91 precipitação (Precip., mm/mês), radiação solar global (Rad., kJ⁻².dia⁻¹), temperatura do
 92 ar mínima (Tamín., °C), temperatura do ar média (Taméd., °C) e temperatura do ar

93 máxima (T_{max.}, °C) da região do bolsão do Estado de Mato Grosso do Sul, entre os
94 anos de 2008 a 2018.

95 Fonte: Arquivo pessoal, dados INMET.

96

97 4.2.2 Área experimental

98 A área experimental de estudo, com 12 ha, consiste em sistemas em
99 integração, estabelecidos há nove anos como estratégia de recuperação de pastagem,
100 por meio do cultivo de soja seguido do componente forrageiro capim-piatã (*Brachiaria*
101 *brizantha* cv. BRS Piatã), manejados sob sistema de lotação contínua e número variável
102 de animais.

103 Dois sistemas foram avaliados, um em integração lavoura-pecuária-floresta
104 (ILPF), implantado com árvores de eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus*
105 *urophylla*, clone H13), com altura média de 29 m, em fileiras simples (com
106 deslocamento de -20,41° Sul e -54,71° Oeste, relativo ao eixo leste-oeste) e com
107 arranjo espacial de 28x4 metros, e o sistema lavoura-pecuária (ILP), uma pastagem de
108 capim-piatã sem árvores. A área dispõe de oito piquetes experimentais (quatro por
109 sistema), de 1,5 ha cada, equipados com cocho para suplementação mineral e
110 bebedouros.

111

112 4.2.3 Animais

113 Todos os procedimentos e metodologias aplicados foram previamente
114 aprovados pela Comissão de Ética no uso de animais da Embrapa Gado de Corte, sob
115 protocolo n° 014/2014. Utilizou-se 16 fêmeas Nelore, com idade e peso vivo médio
116 inicial de 20 meses e 361,9 kg, respectivamente, everminadas e tratadas com ectocida,
117 conforme a necessidade de controle de mosca-do-chifre e carrapatos, durante todo o
118 período experimental. Os animais foram distribuídos aleatoriamente, sendo dois
119 animais-teste em cada piquete.

120

121 4.2.4 Delineamento experimental

122 O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em esquema de
123 parcelas sub-subdivididas. Os tratamentos das parcelas corresponderam aos sistemas

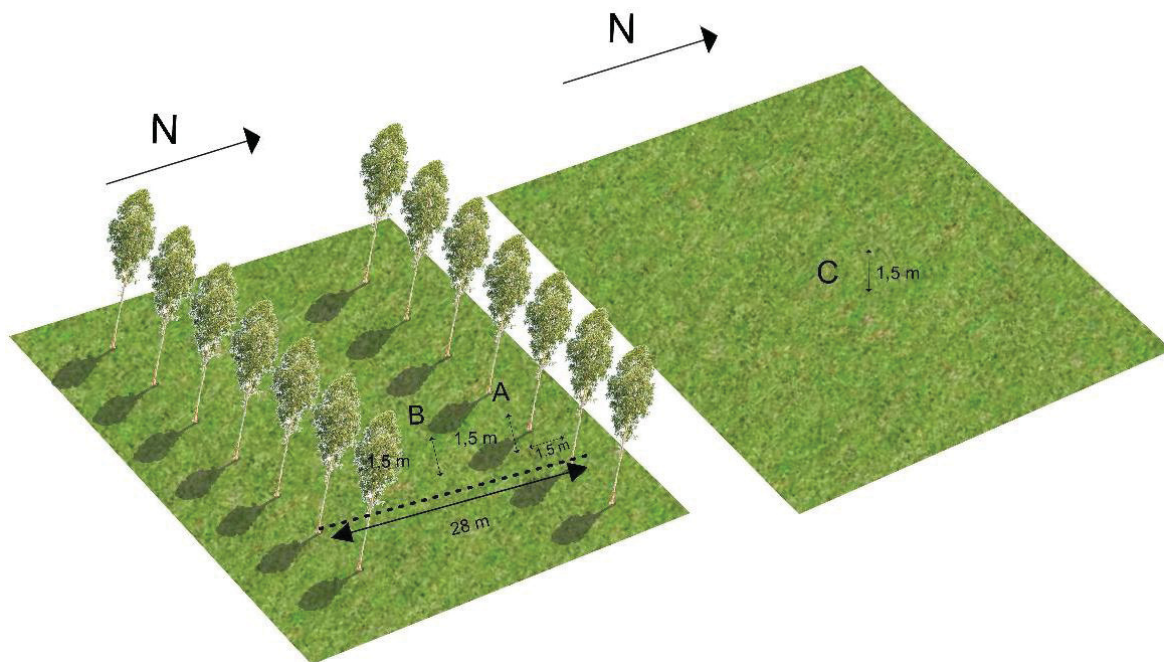
124 de produção (ILPF e ILP), os das subparcelas, aos meses experimentais (dezembro,
125 janeiro, fevereiro, maio e junho) e os das sub-subparcelas, aos horários de amostragem
126 (7h00, 11h00 e 16h00), como medidas repetidas no tempo.

127

128 4.2.5 Parâmetros microclimáticos e índices de conforto térmico

129 Os dados microclimáticos foram coletados durante dois períodos por mês, em
130 intervalos de uma hora, com início à 00:00h e término às 23:00h (GMT -04:00), para
131 cada mês observado, coincidindo com os períodos de coleta da temperatura superficial
132 do pelame. Para mensuração da temperatura de globo negro (Tgn, °C) foram utilizados
133 termohigrômetros digitais (modelo HT-500, marca Instrutherm), encapsulados em
134 esferas de PVC (15 cm de diâmetro), externamente pintadas com tinta preta fosca, de
135 acordo com Souza et al. (2002). Os equipamentos foram alocados (Figura 2) a 1,5 m da
136 árvore (A) no ILPF 28x4, e no centro do piquete (B e C) em ambos os sistemas, a 1,50
137 m da superfície do solo (correspondente à altura média do centro de massa de
138 bovinos). Utilizou-se duas repetições de cada ponto amostrado, para cada piquete. Os
139 valores de Tgn foram distribuídos de três formas distintas. O primeiro foi avaliado
140 durante três períodos do dia, manhã (07h00), tarde (11h00) e fim de tarde (16h00),
141 sendo então o valor imediato. O segundo, a Tgn_{méd.}, foi obtida pela média das 24h00.
142 Por fim, a Tgn acumulada (Tgn_{ac.} °C), que corresponde à média dos valores obtidos
143 entre 17h00 e 7h00 (manhã), 17h00 e 11h00 (tarde) e 17h00 e 16h00 (fim de tarde),
144 completando assim as 24 horas do dia.

145



146

147 **Figura 2.** Representação esquemática da disposição dos equipamentos nos sistemas
 148 de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e integração lavoura-pecuária (ILP).

149 Fonte: Arquivo pessoal.

150

151 Os dados meteorológicos do ambiente circundante foram coletados pela
 152 estação meteorológica A-702-INMET, distante 3 km da área experimental, sendo eles:
 153 temperatura do ar (T_a , °C) e de ponto de orvalho (T_{po} , °C), e umidade relativa do ar
 154 (UR, %). Para avaliação da condição de conforto térmico animal do ambiente
 155 circundante foi calculado, a partir dos dados microclimáticos, o Índice de temperatura de
 156 Globo e Umidade (ITGU), proposto por Buffington et al. (1981). Os valores de ITGU, de
 157 acordo com Baêta (1985), foram classificados pelo National Weather Service em
 158 situação de: conforto (\leq de 74), alerta (>74 a < 79), perigo (>79 a < 84) e emergência (\geq
 159 84).

160

161 4.2.6 Registros termográficos e imagens térmicas

162 Foi utilizada câmera termográfica Thermal Imager (Testo 880®), com resolução
 163 de 360x240 (número de pixels: 76.800), lente de 7.5 mm de comprimento focal (campo
 164 de visão de 32°x23°, f/0.84), com precisão de $\pm 0,1^\circ\text{C}$, e intervalo de espectro

165 infravermelho de 7,5 a 13 μm , e emissividade de 0,98. O equipamento foi posicionado
166 na altura dos olhos do observador, analisando o posicionamento do animal no piquete.
167 As imagens termográficas da superfície da pelame dos animais foram feitas três vezes
168 ao dia (as 7h00, 11h00 e 16h00), sendo duas repetições por mês, durante cinco meses
169 (dezembro, janeiro e fevereiro de 2018, e maio e junho de 2019). As imagens foram
170 feitas a campo e analisadas pelo software da própria câmera (Testo IRSoft Software),
171 com a escala definida na opção de paleta frio/quente, temperatura ajustada de acordo
172 com a temperatura ambiente, e índice de emissividade de acordo com a coloração da
173 capa do pelame.

174 Para a temperatura superficial do pelame (TS) foi considerado todo lado direito
175 (Figura 3) do animal, representando a média da superfície corporal (Marlin et al., 1998),
176 e a partir das imagens termográficas infravermelhas foi estimada a temperatura
177 superficial média.

178

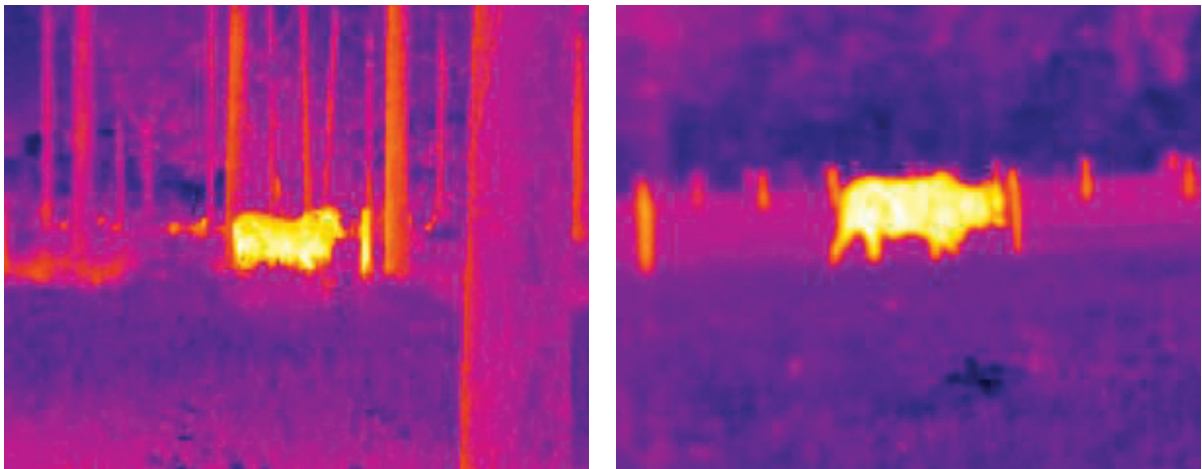


Figura 3. Imagem termográfica para avaliação da temperatura superficial do pelame de novilhas Nelore, em sistemas ILPF e ILP, no Cerrado brasileiro.

Fonte: Arquivo pessoal.

179 No software, após selecionar e abrir a imagem a ser avaliada, foi utilizado o
180 comando “hot spot” para obter a maior temperatura, de todo o lado direito de cada
181 animal.

182

183 4.2.7 Análise estatística

184 A distribuição normal dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-
 185 Wilk. Foi realizado um teste de correlação de Pearson, para identificar e quantificar
 186 relações lineares a partir dos coeficientes de correlação encontrados entre a
 187 temperatura superficial de pelame e variáveis microclimáticas. Os coeficientes de
 188 correlação foram classificados como: $|r| = 0,00$, nulo; $0,00 < |r| < 0,20$, muito fraco; $0,20$
 189 $< |r| < 0,40$, fraco; $0,40 < |r| < 0,60$, moderado; $0,60 < |r| < 0,80$, forte; $|r| > 0,80$, muito
 190 forte; e $|r| = 1,00$, perfeito. A estrutura analítica adotou o sistema como parcela (ILP e
 191 ILPF), o mês como subparcela (dezembro, janeiro, fevereiro, maio e junho) e a hora de
 192 amostragem como sub- subparcela (7:00, 11:00 e 16:00 horas), para avaliação das
 193 variáveis fisiológica e microclimáticas, seguindo o modelo:

194

$$195 Y_{ijkl} = \mu + B_i + S_j + e_{ij} + M_k + SM_{jk} + e_{ijk} + H_l + SH_{jl} + MH_{kl} + SMH_{jkl} + e_{ijkl}$$

196

197 Em que, μ = média geral; B_i = efeito do i° bloco ($i = 1$ ou 2); S_j = efeito do j° sistema ($j =$
 198 ILP ou ILPF); e_{ij} = erro a; M_k = efeito do k° mês ($k =$ Dezembro, Janeiro, Fevereiro, Maio
 199 ou Junho); SM_{jk} = efeito do j° sistema e do k° mês; e_{ijk} = erro b; H_l = efeito da l^{a} hora ($l =$
 200 7, 11 ou 16 horas); SH_{jl} = efeito do j° sistema na l^{a} hora; MH_{kl} = efeito do k° mês na l^{a}
 201 hora; SMH_{jkl} = efeito da interação entre o j° sistema, o k° mês e a l^{a} hora e; e_{ijkl} =
 202 resíduo c.

203

204 Foi utilizando o menor Critério de Informação Akaike (AIC) para a escolha da
 205 estrutura de variância-covariância e seleção do modelo. Em seguida, a análise de
 206 variância foi realizada, considerando sistema, mês, hora de coleta e todas as interações
 207 possíveis. Os valores médios de temperatura superficial da pelame, temperatura de
 208 globo negro (pontual, médio e acumulado) foram submetidos à comparação múltipla e
 209 comparados pelo teste de Tukey a um nível de probabilidade de 5%. Foi realizado
 210 contraste polinomial para verificar a relação entre a temperatura de globo negro e a
 211 temperatura superficial observada. Todas as análises estatísticas foram realizadas
 212 utilizando-se o Software R (R Core Team, 2019).

213

214 **4.3 Resultados**

215 A temperatura superficial do pelame apresentou correlação significativa ($p=$
 216 0,005) com as medidas microclimáticas (Tabela 1). A temperatura de globo negro (Tgn)
 217 apresentou correlação forte e positiva com as demais medidas microclimáticas. Na
 218 resposta fisiológica, a correlação apresentou-se forte e positiva em relação à Tgn.
 219 Correlações moderadas e positivas também foram observadas entre a temperatura
 220 superficial do pelame e a Tgn acumulada.

221

222 **Tabela 1.** Correlação entre as variáveis climáticas, temperatura de globo negro (Tgn) e
 223 acumulada (Tgnac.) e resposta fisiológica, temperatura superficial de pelame (TS).

	Tgn	Tgnac.	TS
Tgn	-		
Tgnac.	0,80*	-	
TS	0,70*	0,48*	-

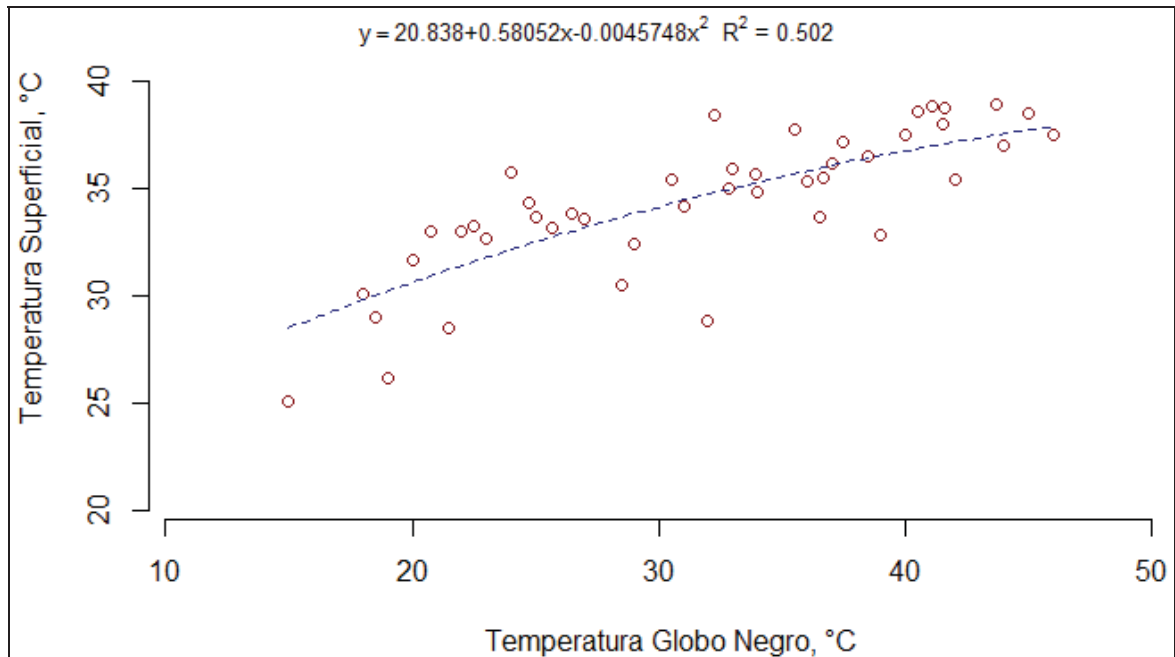
224 * ($P < 0,05$).

225

226 O padrão observado na análise de regressão para a variável fisiológica TS, em
 227 função da Tgn, foi positiva, com o valor de $r^2 = 0,50$ ($p= 0,013$).

228 A TS apresentou mesmo padrão de resposta à medida que a Tgn aumentou.
 229 Para cada aumento em uma unidade em °C da Tgn observou-se acréscimo de 0,58°C
 230 na TS. Enquanto a Tgn permaneceu ente 15 e 30 °C, a resposta fisiológica não
 231 ultrapassou o limite de 35°C (Figura 4).

232



233

234 **Figura 4.** Temperatura superficial (TS) de novilhas Nelore em função da temperatura de
 235 globo negro (Tgn) em dois sistemas produtivos.

236

237 Na Tabela 2 estão descritos os valores médios para todas as variáveis
 238 microclimáticas e os efeitos em relação ao sistema, mês, hora e as interações sistema x
 239 mês; sistema x hora; mês x hora; e sistema x mês x hora, para o período de 24h. Para o
 240 tratamento ILP, numericamente o mês de fevereiro apresentou os maiores valores para
 241 Tgn (29,83°C) e para o ITGU (79, adimensional), além de dezembro apresentar o maior
 242 valor numérico para Tgnac. (524,97°C). Para o sistema arborizado, ILPF, os maiores
 243 valores ficaram no mês de janeiro, para os valores das temperaturas de globo negro e
 244 Tgnac, 28,84°C e 523,42°C, respectivamente.

245 Na caracterização do ambiente (dados obtidos da estação meteorológica A-
 246 702-INMET), o mês de dezembro apresentou o maior valor de Ta (28,24°C) e fevereiro,
 247 o maior valor de Tpo (20,22°C) e UR (78,50%).

248

249

250

251

252 **Tabela 2.** Média das variáveis microclimáticas, temperatura de globo negro (Tgn, °C),
 253 temperatura de globo negro acumulado (Tgnac., °C), temperatura do ar (Ta, °C) e de
 254 ponto de orvalho (Tpo, °C); umidade relativa do ar (UR, %) e índice de temperatura de
 255 globo e umidade (ITGU, adimensional), em dois sistemas de produção, sem (ILP) e com
 256 (ILPF) árvores.

Sistema	Mês	Tgn	Tgnac.	Ta	Tpo	UR	ITGU
ILP	Dezembro	29,04	524,97	28,24	17,96	55,27	77
	Janeiro	29,27	516,67	26,83	19,56	66,75	78
	Fevereiro	29,83	523,17	24,54	20,22	78,50	79
	Maio	21,48	374,00	20,64	14,98	72,67	68
	Junho	23,90	402,83	22,68	11,66	52,06	70
ILPF	Dezembro	27,61	492,83	28,24	17,96	55,27	76
	Janeiro	28,84	532,42	26,83	19,56	66,75	77
	Fevereiro	28,50	515,33	24,54	20,22	78,50	77
	Maio	19,93	360,75	20,64	14,98	72,67	67
	Junho	21,92	333,83	22,68	11,66	52,06	68
	EPM	0,40	20,30	0,21	0,17	0,84	0,43
P-valor	Sistema	0,010	0,239	0,695	0,792	0,957	0,012
	Mês	0,003	0,001	<0,001	<0,001	0,028	<0,001
	Hora	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	S x M	0,993	0,740	0,999	0,999	0,999	0,995
	S x H	<0,001	0,004	0,999	0,999	0,999	<0,001
	M x H	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	S x M x H	0,999	0,946	0,999	0,999	0,999	0,999

257

258 Na caracterização microclimática em todo período (24h), a temperatura de
 259 globo negro (Tgn) no ILP apresentou a maior média 26,7°C, enquanto no ILPF houve
 260 uma redução de 1,34°C ($P=0,010$). Não houve efeito significativo na Tgnac. ($P=0,239$),
 261 apesar de que a somatória, o sistema integrado lavoura-pecuária teve um acumulado
 262 médio de 468,33°C e o ILPF uma redução de 21,3°C. Na caracterização do ambiente,

263 apenas o índice de conforto térmico, ITGU, foi significativo ($P=0,012$), sendo o ILPF
 264 com a menor média (73) e o ILP variando um ponto a mais (Tabela 3).

265

266 **Tabela 3.** Média das variáveis microclimáticas, temperatura de globo negro (Tgn, °C),
 267 temperatura de globo negro acumulado (Tgnac., °C), temperatura do ar e de ponto de
 268 orvalho; umidade relativa do ar e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU,
 269 adimensional), em dois sistemas de produção, sem (ILP) e com (ILPF) árvores.

Variável	Sistema de Produção		P-valor
	ILP	ILPF	
Tgn	26,70 ^a	25,36 ^b	0,010
Tgnac.	468,33	447,03	0,239
ITGU	74 ^a	73 ^b	0,012
Estação meteorológica			
Temperatura do ar; °C			24,59
Temperatura de orvalho; °C			16,88
Umidade relativa; %			65,05

270 *Médias seguidas da mesma letra minúscula, na linha, não diferem pelo Teste de Tukey ao nível de 5%
 271 de probabilidade.

272

273 Houve efeito significativo do mês em relação a todos os parâmetros
 274 microclimáticos (Tabela 4), em 24h00. Para a Tgn, o mês de fevereiro foi o mais quente
 275 (29,17°C), em contrapartida, o mês de maio apresentou uma redução de 8,47°C,
 276 ($P=0,003$). Para a Tgnac., o mês de maio também apresentou a menor média, de
 277 367,38°C, ($P=0,001$). No ambiente circundante, houve uma redução na Ta de 7,6°C do
 278 mês mais quente para o mais ameno ($P<0,001$) e de 8,56°C para a Tpo. Durante o
 279 período experimental a UR oscilou entre 52,06 e 78,5%, fato que está intimamente
 280 ligado com a precipitação pluviométrica ($P=0,028$). Por fim, o índice de conforto térmico
 281 variou 9 pontos, com o menor valor no mês de maio ($P<0,001$).

282

283

284

285 **Tabela 4.** Médias de variáveis microclimáticas, temperatura de globo negro (Tgn, °C),
 286 temperatura de globo negro acumulado (Tgnac., °C), temperatura do ar (Ta, °C) e de
 287 ponto de orvalho (Tpo, °C); umidade relativa do ar (UR, %) e índice de temperatura de
 288 globo e umidade (ITGU, adimensional), no Centro-Oeste brasileiro, de acordo com o
 289 mês de amostragem.

Variável	Meses					P-valor
	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Maio	Junho	
Tgn	28,33 ^a	29,06 ^a	29,17 ^a	20,70 ^b	22,91 ^b	0,003
Tgnac.	508,90 ^a	524,54 ^a	519,25 ^a	367,38 ^b	368,33 ^b	0,001
ITGU	76 ^a	78 ^a	78 ^a	68 ^b	69 ^b	<0,001
Estação meteorológica						
Ta	28,24 ^a	26,83 ^a	24,54 ^b	20,64 ^c	22,68 ^{bc}	<0,001
Tpo	17,96 ^b	19,57 ^{ab}	20,22 ^a	14,98 ^c	11,66 ^d	<0,001
UR	55,27 ^b	66,75 ^{ab}	78,50 ^a	72,67 ^a	52,06 ^b	0,028

290 *Médias seguidas da mesma letra minúscula, na linha, não diferem pelo Teste de Tukey ao nível de 5%
 291 de probabilidade.

292

293 Na Tabela 5 estão descritas as médias obtidas das variáveis: microclimática e
 294 fisiológica das novilhas dentro de cada sistema de produção, com e sem árvore.
 295 Considerando os três momentos amostrais para registro da Tgn (07h00; 11h00 e
 296 16h00) a média obtida no sistema controle foi de 33,45°C, com redução de 4,49 °C no
 297 ILPF ($P=0,009$).

298

299 **Tabela 5.** Média de variáveis microclimáticas, temperatura de globo negro (Tgn, °C), e
 300 da resposta fisiológica, temperatura superficial do pelame (TS, °C), em dois sistemas de
 301 produção, sem (ILP) e com (ILPF) árvores, no Centro-Oeste brasileiro.

Variável	Sistema de Produção		P-valor
	ILP	ILPF	
Tgn	33,45 ^a	28,96 ^b	0,009
TS	34,61	33,79	0,076

302 *Médias seguidas da mesma letra minúscula, na linha, não diferem pelo Teste de Tukey ao nível de 5%
 303 de probabilidade.

304 No entanto, a redução da variável ambiental no sistema de ILPF não foi capaz de
305 alterar a resposta fisiológica (TS), não tendo efeito significativo ($P=0,076$).

306 As médias no momento exato das avaliações (07h00; 11h00 e 16h00) para os
307 meses experimentais estão descritas na Tabela 6. Apenas a variável microclimática Tgn
308 foi significativa ($P=0,003$). A Tgn teve uma amplitude de $11,04^{\circ}\text{C}$ entre o mês mais
309 quente, fevereiro ($35,75^{\circ}\text{C}$), e o mais ameno, maio ($24,71^{\circ}\text{C}$). Para a resposta animal
310 (TS) em relação ao período avaliado, houve uma amplitude de $4,48^{\circ}\text{C}$, no entanto, não
311 foi observada diferença significativa ($P=0,137$).

312

313 **Tabela 6.** Médias da variável microclimática, temperatura de globo negro (Tgn, $^{\circ}\text{C}$), e da
314 resposta fisiológica, temperatura superficial do pelame (TS, $^{\circ}\text{C}$), nos cinco meses
315 experimentais.

Variável	Meses					P-valor
	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Maió	Junho	
Tgn	33,32 ^a	34,13 ^a	35,75 ^a	24,71 ^b	28,13 ^b	0,003
TS	36,03	35,85	33,83	31,55	33,66	0,137

316 *Médias seguidas da mesma letra minúscula, na linha, não diferem pelo Teste de Tukey ao nível de 5%
317 de probabilidade.

318

319 Para identificar a flutuação da TS as imagens foram coletas em momentos em
320 que os parâmetros ambientais exerciam de pouco a grande influência sobre os
321 parâmetros microclimáticos. Na Tabela 7 estão descritas as médias para a variável
322 microclimática e temperatura superficial do pelame, em relação ao sistema (ILP e ILPF),
323 mês (dezembro, janeiro, fevereiro, maio e junho), horário (07h00, 11h00 e 16h00) e
324 suas interações. As médias mensais das temperaturas superficiais apresentaram
325 variações entre os turnos ($p<0,001$) ao longo dos meses ($p=0,137$). No turno da manhã
326 (07h00), as médias apresentaram os menores valores, mas não houve efeito de
327 sistema ($p=0,076$) (Tabela 7). Para os sistemas e meses, com exceção de maio, às
328 11h00, as médias foram acima de 35°C . Para o mês de maio, a TS foi de $33,16^{\circ}\text{C}$ no
329 ILPF com redução de $1,52^{\circ}\text{C}$ no ILP ($31,5^{\circ}\text{C}$). A TS no ILP variou de $28,81$ a $38,59^{\circ}\text{C}$,
330 e no ILPF, de $29,49$ a $38,78^{\circ}\text{C}$.

331 **Tabela 7.** Médias de temperatura de globo negro (Tgn, °C) e temperatura superficial do
 332 pelame (TS, °C), em dois sistemas de produção sem (ILP) e com (ILPF) árvores, no
 333 Centro-Oeste brasileiro, de acordo com o mês e hora de amostragem.

Sistema	Mês	Hora	Tgn	TS	
ILP	Dezembro	7	22,75	33,66	
		11	36,68	38,59	
		16	34,78	35,27	
	Janeiro	7	22,75	33,61	
		11	38,00	38,13	
		16	37,50	35,05	
	Fevereiro	7	26,75	31,78	
		11	38,75	37,41	
		16	34,00	31,72	
	Maio	7	17,50	28,81	
		11	27,75	31,64	
		16	22,50	32,67	
	Junho	7	18,25	29,53	
		11	29,75	35,24	
		16	26,75	33,71	
	ILPF	Dezembro	7	25,35	33,08
			11	42,65	38,78
			16	37,70	36,83
Janeiro		7	23,50	33,68	
		11	42,50	38,02	
		16	40,50	36,59	
Fevereiro		7	31,50	31,88	
		11	43,00	37,47	
		16	40,50	32,73	
Maio		7	24,00	29,49	
		11	34,50	33,16	
		16	22,00	33,56	
Junho		7	23,00	31,91	
		11	38,00	36,05	
		16	33,00	35,90	
		SEM		0,37	0,16
P-valor		Sistema		0,009	0,076
		Mês		0,003	0,137
	Hora		<0,001	<0,001	
	S x M		0,913	0,991	
	S x H		0,205	0,456	
	M x H		<0,001	0,015	
	S x M x H		0,414	0,974	

335 No ILP a Tgn variou entre 17,5 e 26,75°C, e no ILPF, de 23,0 a 31,5°C. Para
336 todos os meses experimentais, em ambos os sistemas, a Tgn às 11h00 foi considerada
337 a mais quente ($P < 0,001$), e às 7h00 a mais amena (23,53°C). Apenas o mês de maio, o
338 mais ameno, obteve a maior média (33,11°C) às 16h00, para ambos os tratamentos.

339

340 **4.4 Discussão**

341 A associação positiva encontrada entre temperatura superficial e as variáveis
342 microclimáticas demonstra aumento na TS à medida que a Tgn e Tgnac se elevam
343 (Tabela 1). Esperava-se essa relação entre as respostas dos animais frente ao
344 ambiente, no qual podemos inferir a necessidade de mecanismos termorreguladores
345 para manutenção da homeotermia.

346 Entre as variáveis ambientais (Tgn e Tgnac) correlacionadas com a resposta
347 animal, a TS tem uma maior dependência da Tgn ao invés da acumulada. Isso
348 demonstra que a TS sofre efeito imediato da variação de Tgn, não sendo necessário
349 prolongados períodos para alterações na TS. Nos bovinos, essa situação estressante
350 gerada pelos fatores ambientais, demanda do sistema termorregulador uma maior
351 eficiência para a compensação e manutenção do equilíbrio térmico (Moore et al., 2012).

352 Do mesmo modo que, à medida que o ambiente se torna mais quente (mais
353 estressante), aumenta a TS (Figura 4). Para os animais dentro dos limites de Tgn (15 a
354 30°C), a resposta fisiológica TS não ultrapassou o limite de 35°C, indicando a
355 capacidade termorregulatória dos animais para estas condições.

356 Para os bovinos zebuínos, a zona de conforto térmico (ZCT) encontra-se na
357 faixa de 10 a 27°C, e com valores críticos acima de 35°C (Baêta e Souza, 2010). Na
358 caracterização ambiental feita pela estação meteorológica, a Ta média foi de 24,59°C,
359 os animais encontravam-se dentro da normalidade em sua maioria (Tabela 3). Para o
360 mês de dezembro, pleno verão, o valor para Ta (28,24°C) ultrapassou a ZCT (Tabelas 2
361 e 4). A umidade relativa do ar (UR), nos meses de fevereiro e maio, ultrapassou os
362 valores estimados como ideais para os bovinos (50- 70%), de acordo com Ferreira
363 (2005).

364 Ainda sobre a caracterização do ambiente, Baêta e Souza (2010) classificam
365 como confortável o ambiente que apresenta o ITGU ≤ 74 , sendo o animal capaz de

366 exercer sua capacidade produtiva ao máximo. Para as médias experimentais, o ITGU
367 ficou dentro do padrão de conforto estimado pelos autores. No entanto, nos meses do
368 verão o ITGU foi classificado como situação alerta para animais de produção. Embora
369 muito utilizado para países de clima tropical, o ITGU foi desenvolvido sob condições de
370 ambiente controlado, e não considera a radiação térmica emitida pelos diversos
371 componentes presentes em um sistema de produção, sendo pouco eficiente na
372 avaliação do ambiente em regiões tropicais (Silva et al., 2013).

373 A Tgn por sua vez, vem sendo utilizada como uma boa balizadora em ambientes
374 produtivos, devido a sua alta capacidade de associação com as respostas fisiológicas
375 (Oliveira et al., 2019). Essa variável tem a capacidade de conciliar dados sobre os
376 efeitos combinados da temperatura do ar, radiação solar e velocidade do vento (Kelly e
377 Bond, 1971). Assim, valores equivalentes a 23°C correspondem a condições de
378 conforto térmico, e 44°C estresse térmico severo (Ferreira et al., 2006).

379 Uma forma de minimizar os efeitos da Tgn em sistemas de produção a pasto é a
380 utilização do componente florestal. Esse efeito é resultado do bloqueio da radiação
381 solar pela copa das árvores (Karvatte Jr. et al., 2016). Deste modo, em avaliações
382 microclimáticas, em sistema arborizado e não arborizado (verão e inverno), foi
383 observado que o sistema silvipastoril reduziu a Tgn, minimizando as amplitudes de calor
384 e as diferenças climáticas entre as estações (Baliscei et al., 2013). Tais resultados
385 corroboram com os obtidos neste experimento (período de 24h00), onde o ILPF obteve
386 valores inferiores, quando comparado à pastagem (Tabelas 3 e 4). Assim, as alterações
387 ambientais e suas diversas combinações podem gerar desconforto aos animais
388 (Pezzopane et al., 2019).

389 A temperatura superficial do pelame é uma resposta fisiológica que possui uma
390 correlação linear positiva com a temperatura ambiente. Segundo Martello et al. (2004),
391 valores de 31,6 a 34,7°C são considerados normais. Quando a mesma se encontra
392 abaixo de 35°C, como no caso de todos os sistemas avaliados para os meses de
393 fevereiro, maio e junho neste estudo (Tabelas 5 e 6), o gradiente entre as temperaturas
394 retal e da superfície corporal são eficazes para a troca de calor com o ambiente, não
395 necessitando de outros mecanismos fisiológicos, como a evapotranspiração, que requer
396 maior gasto energético para a manutenção da homeotermia (Silva, 2000).

397 No entanto, quando dividimos em turnos (07h00; 11h00 e 16h00), observamos
398 que os animais em ambos os sistemas, exceto no mês de maio, desprendem
399 mecanismos latentes para retorno da homeotermia do início para o final da tarde
400 (Tabela 7).

401 Giro et al. (2019), estudando bovinos de corte em sistemas integrados, com e sem
402 sombreamento de árvores, observaram diferenças entre a temperatura superficial e o
403 sistema, sendo que no arborizado, os animais apresentaram médias inferiores da TS
404 quando comparado à pastagem convencional. A diferença encontrada pode ser
405 referente ao espaçamento utilizado, menor entre os renques e maior entre as árvores,
406 quando comparado ao arranjo espacial da área estudada.

407 Diferente do que se esperava, as mudanças nos valores microclimáticos no
408 sistema ILPF não foram capazes de reduzir a temperatura superficial do pelame nos
409 bovinos.

410

411 Agradecimentos

412 Ao CNPq, Fundect, e Embrapa, pela concessão de recursos financeiros para a
413 realização das coletas.

414

415 **4.5 Referência**

416 Baêta, F.C., 1985. **Responses of lactating during cows to the combined effects of**
417 **temperature, humidity and wind velocity in the warm season.** Thesis (Ph.D).
418 University of Missouri, Columbia.

419 Buffington, D.E., Colloazo-Arocho, A., Canton, G.H., Pitt, D., Thatcher, W.W. and
420 Collier, R.J., 1981. Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy
421 cows. Transactions for the **American Society of Agricultural Engineers**, 24(3), 711–
422 714. <https://doi.org/10.13031/2013.34325>.

423 Giro, A., Pezzopane, J.R.M., Barioni Junior, W., Pedroso, A. de F., Lemes, A.P., Botta,
424 D., Romanello, N., Barreto, A. do N. and Garcia, A.R., 2019. Behavior and body surface
425 temperature of beef cattle in integrated crop-livestock systems with or without tree
426 shading. **Science of The Total Environment**, 684, 587-596.

- 427 Karvatte Jr., N., Klosowski, E.S., Almeida, R.G., Mesquita, E.E., Oliveira, C.C. and
428 Alves, F.V., 2016. Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in
429 integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. **International Journal**
430 **of Biometeorology**, 60(12), 1933–1941. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1180-5>.
- 431 Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B. and Rubel, F., 2006. World map of the
432 Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, 15, 259–
433 263.
- 434 Marcuzzo, F.F.N., Melo, D.C.R. and Costa, H.C., 2012. Sazonalidade e distribuição
435 espaço-temporal das chuvas no bioma do cerrado do estado do Mato Grosso do Sul.
436 **Revista Brasileira Recurso Hídrico**, 17(1), 77–86.
- 437 Marlin, D.J., Scott, C.M., Roberts, C.A., Casas, I., Holah, G., and Schroter, R.C., 1998.
438 Post exercise changes in compartmental body temperature accompanying intermittent
439 cold water cooling in the hyperthermic horse. **Equine Veterinary Journal**, Borough
440 Green, 30, 28-34.
- 441 Martello, L.S., Savastano Júnior, H., Silva, S.L., Titto, E.A.L., 2004. Respostas
442 fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes
443 ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 33(1), 181–191.
444 <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000100022>.
- 445 Oliveira, C.C d., Alves, F.V., Martins, P.G.M.d A., Karvatte Junior, N., Alves, G.F.,
446 Almeida, R.G d., Mastelaro, A.P. and Costa e Silva, E.V., 2019. Vaginal temperature as
447 indicative of thermoregulatory response in Nelore heifers under different microclimatic
448 conditions. **Plos One**, 14(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223190>.
- 449 Salles, M.S.V., Da Silva, S.C., Salles, F.A., Roma Jr., L.C., Faro, L.E., Lean, P.A.B.M.,
450 De Oliveira, C.E.L., and Martello, L.S. Mapping the body surface temperature of cattle
451 by infrared thermography. 2016. **Journal of Thermal Biology**, 62, 63-69.
452 <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2016.10.003>.
- 453 Sandeville Júnior, E., 2004. **A divisão natural das paisagens brasileiras**. Paisagem
454 Ambiente Ensaio, 18, 71–98.
- 455 Silva, R.G., 2008. Biofísica Ambiental: Os Animais e seus Ambientes. FUNEP,
456 Jaboticabal, Brasil.

- 457 Souza, C.F., Tinôco, I.F.F., Baêta, F.C., Ferreira, W.P.M. and Silva, R.S., 2002.
458 Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. **Ciência e**
459 **Agrotecnologia**, 26(1), 157-164.
- 460 Van Lear, E., Moons, C.P.H., Ampe, B., Sonck, B., Vandaele, L., Campeneere, S. and
461 Tuyttens, F.A.M, 2015. Effect of summer conditions and shade on behavioral indicators
462 of thermal discomfort in Holstein dairy and Belgian Blue beef cattle on pasture. **Animal**,
463 9(9)1536-1546.

1 **5.0 Capítulo 4 – Variações nas respostas produtivas e reprodutivas de novilhos ½**
2 **Angus + ½ Nelore criados em dois sistemas de produção, redigido conforme as**
3 **normas da revista Tropical Animal Health and Production**

4
5 Ariadne Pegoraro Mastelaro ⁽¹⁾, Fabiana Villa Alves ⁽²⁾, Alessandra Corallo Nicacio ⁽²⁾,
6 Eliane Vianna da Costa e Silva ⁽³⁾, Maity Zopollatto ⁽¹⁾.

7
8 ⁽¹⁾ Universidade Federal do Paraná – Curitiba, PR, aripmvvet@gmail.com e
9 maity@ufpr.br ⁽²⁾ Pesquisadora da Embrapa Gado de Corte – Campo Grande, MS,
10 fabiana.alves@embrapa.br, alessandra.nicacio@embrapa.br

11 ⁽³⁾ Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – Campo Grande, MS,
12 eliane.silva@ufms.br

13
14 **Resumo:** Objetivou-se verificar os benefícios aportados pela presença de árvores, em
15 sistema do tipo silvipastoril, na produção e reprodução de tourinhos ½ Angus + ½
16 Nelore. Para caracterização do microclima, calculou-se o índice de temperatura de
17 globo negro e umidade (ITGU), em dois sistemas produtivos, sistema integrado
18 lavoura-pecuária (ILP) e silvipastoril 28x2m (ILPF), com *E. urograndis*. Foram
19 determinados: ganho de peso; temperatura do escroto das regiões cranial, central,
20 caudal e média; perfil andrológico com análise quantitativa e qualitativa do ejaculado; e
21 avaliação morfológica e dimensionamento do órgão reprodutivo de 10 animais, com
22 idade e peso vivo médio inicial de 13,5 meses e 359,41 kg, e final de 19,5 meses e
23 491,55 kg respectivamente. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao
24 acaso em esquema de parcelas subdivididas. Não houve grande amplitude nos
25 indicativos de conforto térmico, para o ITGU, o valor mínimo foi de 76, com três pontos
26 a mais para o valor máximo. Os valores de ganho de peso total e médio diário para o
27 sistema de ILPF foram de 129,3 e 1,3 kg, e no ILP foi de 116,2 e 0,8 kg,
28 respectivamente. Com relação à temperatura escrotal, os pontos anatômicos se
29 mantiveram dentro do padrão preconizado, de 33,6 a 35,3°C, variando de acordo com
30 o polo. Na qualidade seminal os sistemas diferiram (P<0,05), sendo que as médias
31 apresentaram melhores resultados no ILP: motilidade (71,3%) e defeitos: maior (35,3);
32 menor (6,2) e total (28,8). As mensurações escrotais em relação à área foram feitas
33 após a castração e mostraram-se superiores, em sua maioria, nos animais no
34 tratamento ILP. A inclusão do componente arbóreo beneficiou o ganho de peso dos
35 animais. Em contrapartida, o fornecimento de sombra não foi suficiente para melhorias
36 reprodutivas.

37
38 Termos para indexação: bem-estar animal, cruzamento, ITGU, sombra, termografia
39 escrotal

5.1 Introdução

40

41 Os animais homeotérmicos possuem características produtivas correlacionadas
42 com os fatores ambientais. No entanto, outros fatores podem interferir nos índices
43 produtivos na bovinocultura de corte. A nutrição, sanidade e genética, são de suma
44 importância em relação aos maiores níveis de intensificação (Fields et al., 1982), no
45 qual sua combinação pode afetar de forma negativa e/ou positiva.

46 O Brasil está localizado na faixa intertropical do globo terrestre e a sua
47 produção de bovinos ocorre principalmente em sistemas extensivos, sendo diretamente
48 influenciados pelos fatores microclimáticos. Esses estão relacionados com as altas
49 temperaturas, radiação solar e suas associações, que interferem de forma negativa,
50 podendo levar a um desbalanço térmico animal (Van Lear et al., 2015).

51 O desequilíbrio térmico pode gerar uma alteração entre a produção e
52 eliminação de calor, por meio de mecanismos sensíveis e/ou latentes, evidenciando
53 prejuízos às funções menos vitais do organismo, como a produção e reprodução. A
54 intensidade e duração do agente estressor, o calor, e o retorno à termoneutralidade,
55 serão dependentes da capacidade termorreguladora e compensatória dos animais
56 (Menegassi et al., 2011).

57 Assim, a adoção de sombra nos sistemas produtivos é uma boa ferramenta de
58 manejo. Nesse sentido, os sistemas silvipastoris vêm em uma crescente, devido ao seu
59 potencial para mitigação do estresse térmico animal (Oliveira et al., 2017), melhoria do
60 ambiente microclimático e, conseqüentemente, dos desempenhos zootécnicos. No
61 entanto, por se tratar de um sistema altamente complexo, com mais de um componente
62 produtivo, necessita de um planejamento assertivo em relação a sua arquitetura, para
63 que ocorra sinergismo (Pezzopane et al., 2019).

64 Na tentativa de estabelecer critérios em relação ao ambiente produtivo e os
65 animais, as avaliações por meio de índices microclimáticos (Silva, 2000), e respostas
66 fisiológicas (Oliveira et al., 2019), como a temperatura superficial, são capazes de
67 indicar a eficiência do sistema termorregulador.

68 Estudos recentes em bovinos têm mostrado, de forma precisa, o diagnóstico
69 por meio de imagens termográficas em virtude das variações da temperatura
70 superficial, sendo um indicativo de produção espermática em touros (Menegassi et al.,
71 2015). Desse modo, o objetivo do estudo foi caracterizar os benefícios aportados pela
72 presença de sombra natural de forma ordenada, de um sistema silvipastoril, na

73 produção e reprodução de tourinhos $\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore, em comparação a um
74 sistema de pastagem a pleno sol, no Cerrado brasileiro.

75

76

5.2 Material e Métodos

77 O experimento foi conduzido de outubro de 2018 a março de 2019, na Unidade
78 de Referência Tecnológica (URT) da Embrapa Gado de Corte, instalada na fazenda
79 Boa Aguada, no município de Ribas do Rio Pardo (20°26'34" de latitude sul, 53°45'32"
80 de longitude oeste, e 312 m de altitude), localizada geograficamente na porção leste do
81 Estado do Mato Grosso do Sul, na zona Neotropical da região fitogeográfica de Savana
82 (Sandeville Júnior, 2004). De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger
83 (Kottek et al., 2006), a URT encontra-se na faixa de AW tropical, precipitação média
84 anual de 1350 mm, sazonalidade de secas (maio a setembro) e águas (outubro a
85 março) bem definidas, com temperatura média anual de 23°C (Marcuzzo et al., 2012).

86 A área experimental de estudo, com 8,2 ha, consiste em sistemas em
87 integração, estabelecidos há quatro anos como estratégia de recuperação de
88 pastagem, por meio do cultivo de milho seguido do componente forrageiro capim-
89 piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã), manejados sob sistema de lotação contínua
90 e número variável de animais de acordo com a disponibilidade do componente
91 forrageiro. Dois sistemas foram avaliados, um em integração lavoura-pecuária-floresta
92 (ILPF), implantado com árvores de eucalipto (*E. urograndis*, clone I144), altura média
93 de 18 m, em fileiras simples (com deslocamento de -20,41° Sul e -54,71° Oeste,
94 relativo ao eixo leste-oeste) e com arranjo espacial de 28x2 m; e o sistema integrado
95 lavoura-pecuária (ILP), composto apenas pelo componente forrageiro (Figura 1). A área
96 dispõe de 4,1 ha para cada sistema, que foram equipados com cocho para
97 suplementação mineral e bebedouros.

98

99

100



Figura 1. Área experimental, na fazenda Boa aguada, Ribas do Rio Pardo, MS.
Fonte: Arquivo pessoal.

101 As análises bromatológicas, via NIRS, foram realizadas no laboratório da
102 Embrapa Cerrados. O valor nutricional médio apresentado pelo componente
103 forrageiro no período experimental para os sistemas com árvores (ILPF) e sem
104 árvores (ILP), estão descritos na Tabela 1.

105

106 Tabela 1. Análise bromatológica média do componente forrageiro em dois sistemas,
107 com árvores (ILPF) e sem árvores (ILP), no inverno e verão.

Variável bromatológica	Sistema			
	ILPF		ILP	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Matéria Seca (MS, %)	92,32	92,23	93,17	93,51
Matéria Orgânica (MO, %)	84,06	84,78	85,59	85,93
Cinzas (% MS)	7,88	7,25	6,90	6,54
Extrato Etéreo (EE, % MS)	2,34	1,81	1,79	1,93
Nitrogênio (N, % MS)	12,14	11,68	7,69	8,67
Proteína Bruta (PB, % MS)	7,59	7,30	4,80	5,41
Fibra em Detergente Neutro (FDN, % MS)	66,38	70,49	70,50	72,82
Fibra em Detergente Ácido (FDA, % MS)	36,16	41,52	39,47	41,72
Lignina (% MS)	3,82	6,56	2,25	6,10
Celulose (% MS)	32,34	34,96	37,21	35,62
Hemicelulose (%MS)	30,22	28,96	31,03	31,15

108

109 Todos os procedimentos e metodologias aplicados foram previamente
110 aprovados pela Comissão de Ética no uso de animais da Embrapa Gado de Corte, sob
111 protocolo n° 002/2018. Utilizou-se um total de 10 machos, F1 ½ Angus X ½ Nelore (6

112 animais no ILP e 4 no ILPF), contemporâneos e provenientes da fazenda (Figura 2). O
113 número de animais por tratamento foi distinto devido ao componente arbóreo, no qual
114 área útil do piquete do ILPF corresponde a 3,84 ha. Para os meses de novembro,
115 janeiro e março a disponibilidade de forragem no tratamento ILPF e ILP foram de 636,3
116 kg; 1088,6 kg e 1050,3 kg; e 996,6 kg; 1269,1 kg e 1550,2 kg, respectivamente.
117



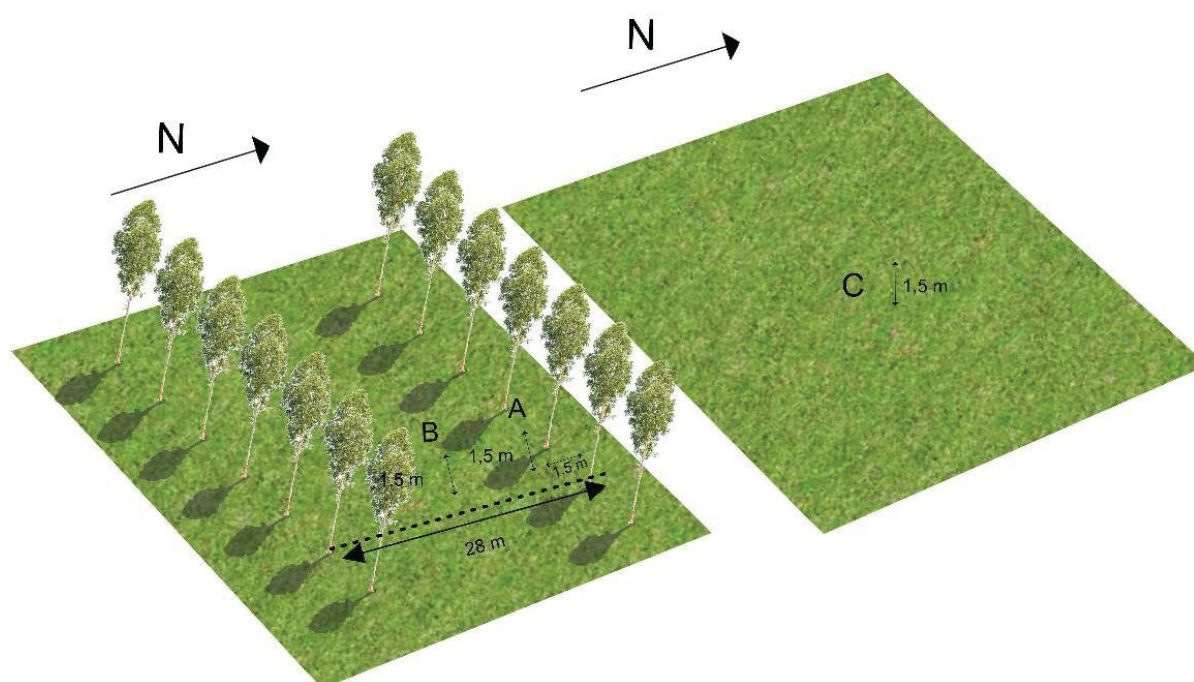
Figura 2. Machos bovinos, F1 ½ Angus X ½ Nelore.
Fonte: Arquivo pessoal.

118

119 No início do período experimental os animais estavam com idade e peso vivo
120 médio de 13,5 meses e 359,41 kg, e no final de 19,5 meses e 491,55 kg
121 respectivamente. Todos os animais foram everminados e tratados com ectocida,
122 conforme a necessidade de controle de mosca-do-chifre e carrapatos, durante todo o
123 período experimental. Os animais foram distribuídos aleatoriamente, sendo quatro e
124 seis animais-teste no ILPF e no ILP, respectivamente. Em todo o período os animais
125 foram suplementados (1% do peso vivo) com ração concentrada comercial, contendo
126 17% de proteína bruta (PB) e 70% de nutrientes digestíveis totais.

127 Os dados microclimáticos foram coletados durante seis meses (outubro,
128 novembro e dezembro de 2018 e janeiro, fevereiro e março de 2019), por 24h, com
129 intervalos de uma hora, com início à 00:00h e término às 23:00h (GMT -04:00), para
130 cada mês observado. Para mensuração da temperatura de globo negro (Tgn, °C)
131 foram utilizados termohigrômetros digitais (modelo HT-500, marca Instrutherm),

132 encapsulados em esferas de PVC (15 cm de diâmetro), externamente pintadas com
 133 tinta preta fosca, de acordo com Souza et al. (2002). Para mensuração da temperatura
 134 de ponto de orvalho (T_{po}, °C) foram utilizados termohigrômetros digitais (modelo HT-
 135 500, marca Instrutherm). Os equipamentos foram alocados (Figura 3) a 1,5 m da árvore
 136 (A) no ILPF e no centro do piquete (B e C) em ambos os sistemas, a 1,50 m da
 137 superfície do solo (correspondente à altura média do centro de massa de bovinos), com
 138 duas repetições.



139
 140 **Figura 3.** Representação esquemática da disposição dos equipamentos nos sistemas
 141 de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e lavoura-pecuária (ILP).
 142 Fonte: Arquivo pessoal.
 143

144 Para avaliação da condição de conforto térmico animal foi calculado, a partir
 145 dos dados microclimáticos, o Índice de temperatura de Globo e Umidade (ITGU)
 146 proposto por Buffington et al. (1981), subdivididos em 7 valores de ITGU,
 147 correspondendo a setenta dias antes de cada coleta. Para cada variável do ITGU
 148 (ITGU_10 até o ITGU_70) foram utilizadas as médias de 24 horas por 10 dias. Os
 149 valores de ITGU, de acordo com Baêta (1985), foram classificados pelo National
 150 Weather Service em situação de: conforto (\leq de 74), alerta (>74 a < 79), perigo (>79 a
 151 < 84) e emergência (≥ 84).

152 A pesagem dos animais foi realizada mensalmente, após jejum de sólidos de
153 12 horas, para avaliação do ganho de peso total (GPT) e ganho de peso médio diário
154 (GMD).

155 Para obtenção da temperatura superficial, foi utilizada câmera termográfica
156 Thermal Imager (Testo 880®), com resolução de 360x240 (número de pixels: 76.800),
157 lente de 7.5 mm de comprimento focal (campo de visão de 32°x23°, f/0.84), com
158 precisão de $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, e intervalo de espectro infravermelho de 7,5 a 13 μm , e
159 emissividade de 0.98. O equipamento foi posicionado a uma distância de 0,5 m entre o
160 saco escrotal. As imagens termográficas do escroto foram feitas durante os meses de
161 outubro e dezembro de 2018, e janeiro e março de 2019. As imagens foram feitas no
162 curral de manejo e analisadas pelo software da própria câmera (Testo IRSoft Software).
163 Para análise da foto foi selecionada a escala definida na opção de paleta frio/quente,
164 temperatura ajustada de acordo com a temperatura ambiente e índice de emissividade.
165 No software, após selecionar e abrir a imagem a ser avaliada, foi utilizado o comando
166 “hot spot” para obter a maior temperatura em dois polos, cranial (TE1) e caudal (TE3),
167 e na região central (TE2) do escroto, delimitada na imagem através de traçados
168 retangulares (Figura 4), além da temperatura média do escroto (TE_{média}), obtida pela
169 média dos três traçados.

170

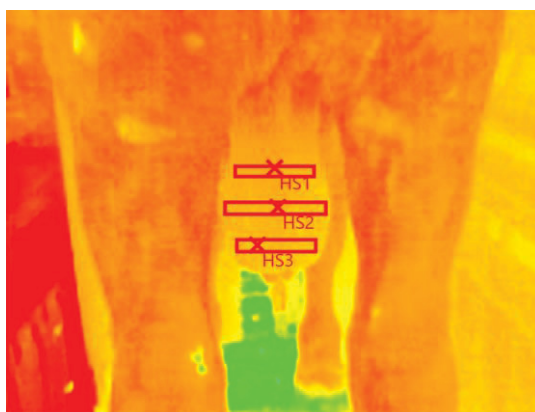


Figura 4. Imagem termográfica do órgão escrotal, delimitadas pelos traçados retangulares, de novilhos $\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore.

Fonte: Arquivo pessoal

171 Para avaliação do perfil andrológico (Figura 5) e classificação dos parâmetros
172 reprodutivos nos sistemas de produção com e sem oferta de sombra, os animais foram
173 submetidos a três coletas seminais, em dezembro de 2018, janeiro e março de 2019. O

174 método utilizado foi por meio de eletro ejaculador, com avaliação quantitativa e
175 qualitativa do ejaculado (CBRA, 2013). A biometria testicular foi registrada através do
176 perímetro escrotal (PE, cm), com fita métrica (Bailey et al., 1998).

177



Figura 5. Perfil andrológico de novilhos F1 ½ Angus X ½ Nelore.
Fonte: Arquivo pessoal.

178

179 Para as avaliações histológicas, duas mensurações foram feitas. A primeira
180 delas foi a biopsia testicular, no terceiro período experimental (janeiro de 2019). Foi
181 retirado um pequeno fragmento, aproximadamente 0,5 cm do testículo direito dos
182 animais (Figura 6).



Figura 6. Coleta do material escrotal para biópsia.

Fonte: Arquivo pessoal.

183 Em março (quarta coleta), os fragmentos foram obtidos a partir de
 184 orquiectomia. Os materiais foram colhidos e fixados em formol tamponado a 10 %,
 185 durante 24 horas. As amostras testiculares foram identificadas de acordo com o
 186 número do animal, período, lateralidade do órgão (direito e esquerdo), e a porção a
 187 qual pertencia (cabeça, corpo, cauda), sendo processadas, embebidas em parafina e
 188 cortadas em micrótomo rotativo de 4-5 μm de espessura. As lâminas com os cortes
 189 histológicos foram coradas com hematoxilina e eosina (H&E), e em seguida, analisadas
 190 em microscópio óptico para avaliação morfológica. Para avaliação morfológica foram
 191 feitas 30 fotos de cada lâmina. Essas imagens foram necessárias para fazer a área dos
 192 testículos direito (ATD), na terceira e quarta avaliação. Também, através das imagens
 193 da análise histológica foram avaliados: área do testículo esquerdo (ATE), no quarto
 194 período. Outras medidas de área foram feitas: da cabeça (ACE) e cauda (ACD),
 195 acrescentando o lado do órgão, direito (D) e esquerdo (E). Mensurações com o
 196 paquímetro foram feitas a fim de quantificar o comprimento e largura dos testículos,
 197 epidídimo e cabeça e cauda do epidídimo, após a castração.

198 O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso em esquema
 199 de parcelas subdivididas. Os tratamentos das parcelas corresponderam aos sistemas

200 de produção (ILPF e ILP), e das subparcelas, aos meses experimentais (outubro,
201 dezembro, janeiro e março). O modelo estatístico utilizado foi:

$$202 \quad Y_{ijkl} = \mu + S_i + e_i + E_j + SE_{jk} + e_{ij}$$

203

204 Em que: μ = constante; S_i é o efeito do i-ésimo sistema, $i = 1, 2$; e_i é o resíduo
205 a; E_j é o efeito da j-ésima mês, $j = 1, 2, 3, 4$; SE_{ij} é o efeito do i-ésimo sistema e j-
206 ésima mês; E_{ij} = resíduo b.

207

208 Aferiu-se a distribuição normal dos dados, por meio do teste de normalidade,
209 utilizando o PROC UNIVARIATE. Submeteu-se à análise de variância os dados obtidos
210 de características produtivas, fisiológicas e reprodutivas, considerando no modelo os
211 efeitos fixos de sistema, mês de coleta e suas interações. As médias foram
212 comparadas por teste de t considerando 95% de confiabilidade. No caso de interações
213 significativas, as médias foram ajustadas utilizando-se o procedimento LSMEANS.
214 Todas as análises foram feitas por meio do programa computacional Statistical Analysis
215 System (SAS versão 9.2).

216

217

5.3 Resultados e Discussão

218 Não houve grande amplitude nos indicadores de conforto térmico, em relação à
219 média. O valor médio do ITGU foi de 76, com três pontos a mais para o valor máximo.
220 Apenas para o ITGU_60 não houve diferença entre os sistemas, nas demais variáveis
221 o ILPF apresentou as menores médias (Tabela 2). No ILPF e no ILP os valores
222 máximos e mínimos dos índices foram de 96 e 68; e 95 e 68, respectivamente. Entre as
223 sete variáveis descritas (ITGU_10 até o ITGU_70), a pastagem apresentou os maiores
224 índices em quatro delas (Figura 7).

225 Diferenças significativas ($P < 0,01$) foram encontradas entre os meses
226 amostrais. As principais diferenças entre os sistemas foram observadas entre outubro e
227 dezembro. No entanto, em janeiro e março os resultados foram homogêneos (Figura
228 8). Apesar da não variação entre os sistemas, a coleta ITGU_60 apresentou os
229 menores valores em dezembro e janeiro (Figura 8).

230 Nas variáveis de desempenho, ganho médio diário de peso e ganho de peso
231 total, os valores médios e os efeitos estão descritos na Tabela 3. Não houve diferença
232 entre os sistemas para variável GMD, com a média de 0,91 e 0,86 kg para o ILPF e
233 ILP, respectivamente, no intervalo estudado. Na coleta do mês de outubro, o ILPF

234 apresentou 22,22% a mais de GMD, quando comparado ao ILP, sendo o único mês
235 com diferença entre os tratamentos (Tabela 4). Para a variável GPT (Tabela 3) houve
236 um incremento de 13,06 kg (GPT) no ILPF, quando comparado com ao ILP ($p < 0,005$).

237 Os efeitos entre sistema, coleta e sua interação nas variáveis termográficas
238 escrotais, polos (cranial (TE1), medial (TE2) e caudal (TE3)) e temperatura média do
239 escroto (TE média) estão descritos na Tabela 5. Entre os polos, cranial (região escrotal
240 mais próxima ao corpo do animal) e o caudal (mais afastada), houve uma redução de
241 $1,17^{\circ}\text{C}$ no ILPF, e de $1,65^{\circ}\text{C}$ na pastagem. Para a TE3 não houve efeito significativo
242 para sistema ($P > 0,05$).

243 No ILPF, o mês de janeiro (pleno verão) apresentou as maiores médias, e
244 março, as menores para todas as respostas escrotais (Tabela 6). A variação entre as
245 maiores e menores médias foi de $0,87^{\circ}\text{C}$. Em contrapartida, no sistema não arborizado
246 (ILP), o mês de março teve as maiores médias para TE1 ($35,68^{\circ}\text{C}$); TE2 ($34,84^{\circ}\text{C}$) e
247 TE média ($34,80^{\circ}\text{C}$). Entre os meses experimentais, o mês de outubro no ILP
248 apresentou as menores médias para todas as variáveis, $34,75$; $33,83$; $33,11$ e $33,89^{\circ}\text{C}$
249 para TE1; TE2; TE3 e TE média, respectivamente (Tabela 6).

250 Em relação à qualidade seminal, as médias para as variáveis que a compõem
251 estão descritas na Tabela 7, juntamente com os efeitos de sistemas, coletas e a sua
252 interação. Não houve diferença de defeitos menores entre os sistemas avaliados
253 ($P > 0,05$), e para a variável vigor não houve efeito da interação sistema x coleta.

254 Os valores médios pontuais para coleta e sistema estão detalhados na Tabela
255 8. Houve melhorias expressivas em relação à primeira e última coleta das variáveis,
256 melhorando as proporções entre vigor, volume, perímetro escrotal (PE) e número de
257 espermatozoides normais. Além disso, foram reduzidos os defeitos maiores e totais no
258 tratamento pastagem (Tabela 8).

259 No ILPF, as variáveis que apresentaram melhoras significativas foram
260 motilidade e PE. Para ambos os sistemas o número de defeitos menores aumentaram
261 em relação à primeira e última coleta da variável, além da variável concentração ter
262 melhoras significativas da primeira para segunda avaliação, e piora na terceira
263 avaliação.

264 Não foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação aos
265 sistemas para a largura do testículo direito (TDI). As médias do ILPF e ILP na avaliação
266 escrotal, a qual envolve medidas de comprimento e largura do testículo e epidídimo,
267 estão descritas na Tabela 9. Entre as dezesseis variáveis avaliadas, antes e na

268 castração, onze delas obtiveram efeitos significativos e maiores ($P < 0,005$) no ILP. Para
269 as variáveis, largura do testículo esquerdo (TEI); largura da cauda do epidídimo direito
270 (CauepidDI) e esquerdo (CauepidEI); e comprimento da cauda do epidídimo esquerdo
271 (CauepidEc), as diferenças foram de 7,20; 2,73; 2,33 e 4,14 mm a mais no ILPF,
272 respectivamente, quando comparados com o sistema não arborizado.

273 A partir das fotos microscópicas do material coletado na biópsia e pos-
274 castração, foram feitas as médias das áreas de testículo e epidídimo, descritas na
275 Tabela 10. Para a variável área do testículo direito (ATD) houve efeito significativo no
276 período amostral. Na biópsia (terceira coleta), as médias foram de 39.742,00 e
277 58.474,62 μm^2 e na castração (quarta coleta) de 28.722,43 e 29.917,40 μm^2 para o ILPF
278 e ILP, respectivamente. Houve efeito de sistema para as variáveis ATD; área do
279 testículo esquerdo (ATE) e área da cauda do epidídimo direito (ACDED), no qual o ILP
280 apresentou as médias superiores, com uma diferença de 9.964,00; 3.285,00 e 9.398,00
281 μm^2 em relação ao ILPF, respectivamente. Para as avaliações de área de cauda do
282 epidídimo esquerdo (ACDEE) e área da cabeça do epidídimo direito (ACED), o ILPF
283 apresentou as maiores médias com diferenças quando comparado com o ILP, de
284 14.678,00 e 2.775,00 μm^2 , respectivamente.

285 Os sistemas pecuários em integração com lavoura e floresta, são em sua
286 maioria associados com melhores índices de conforto térmico, e por consequência,
287 bem-estar animal. Apesar de vários autores (Baliscei et al, 2013; Zhang et al., 2015;
288 Karvatte Jr et al., 2016) terem concluído isso em seus estudos, não se pode afirmar
289 que esse incremento disponibilizado pelo sistema (sombra natural) é ofertado de forma
290 uniforme e constante por todas as estações do ano. Para tal, coexiste uma
291 dependência entre o planejamento, a espécie arbórea, altura, arranjo/espaçamento,
292 época do ano (Pezzopane et al, 2019).

293 Baêta e Souza (2010) consideram como confortáveis os ambientes que
294 apresentam o ITGU ≤ 74 . Segundo os mesmos autores, estes valores proporcionam
295 um ambiente produtivo, com condições térmicas favoráveis para a máxima expressão
296 do potencial genético de cada espécie. Entretanto, várias regiões de intensa atividade
297 pecuária no Brasil, como o Mato Grosso do Sul, extrapolam os valores máximos para
298 os índices de conforto térmico animal, principalmente, entre os meses de outubro e
299 março (Souza et al., 2010). Os valores apresentados neste estudo ultrapassam os
300 limites de conforto térmico (Tabela 2; Figuras 7 e 8), classificando os sistemas como
301 situação de alerta e perigo, de acordo com o período amostral. Tais valores corroboram

302 com a fundamentação apresentada por Pezzopane et al. (2019), na qual a arquitetura
303 do sistema e período são importantes.

304 O ILPF é um sistema complexo, uma vez que os componentes floresta,
305 pastagem e lavoura agem de forma sinérgica. Uma questão a ser considerada em
306 relação ao espaçamento entre as fileiras das árvores, renques, é a produtividade das
307 diversas fontes de renda. O espaçamento do componente arbóreo pode variar de 9 a
308 50 m, sendo que os espaçamentos menores limitam os demais componentes. Assim, a
309 pastagem em sistemas menos adensados recebe maior luminosidade, favorecendo o
310 crescimento da forragem, e por consequência, melhora a produção por área.

311 Estudos em sistemas integrados com 5, 227 e 357 árvores/ha, mostram que no
312 quarto ano após a implantação, o sistema com maior número de árvores apresentou
313 menor produtividade, enquanto que o sistema com densidade média teve uma redução
314 a partir do sexto ano (Oliveira et al., 2012; Gamarra et al., 2017). Informação essa que
315 corrobora com os resultados de ganho de peso obtidos no período de outubro, no qual
316 a densidade de 178 árvores/ha (sistema não tão adensado) apresentou melhores
317 níveis produtivos, quando comparado com o sistema convencional (Tabelas 3 e 4).

318 Em ambientes termicamente estressantes, os bovinos utilizam-se de
319 mecanismos fisiológicos para a perda de calor, a fim de evitar a hipertermia e tentar
320 manter os seus níveis reprodutivos. Portanto, uma avaliação mais assertiva dos efeitos
321 do ambiente em relação ao sistema termorregulador e as possíveis alterações
322 reprodutivas causadas pelo mesmo devem ser melhor estudadas (Menegassi et al.,
323 2015).

324 Assim, a utilização das imagens termográficas na região escrotal quantificam a
325 temperatura e sugerem uma boa ou má termorregulação. Em touros jovens, as altas
326 temperaturas podem provocar desde queda de fertilidade até a esterilidade estival
327 (Menegassi et al., 2015).

328 Uma forma de identificar a temperatura no escroto e afirmar sobre a sua
329 capacidade termorreguladora é a diferença pré-estabelecida com a temperatura retal.
330 Essa, por sua vez, é considerada um dos melhores parâmetros fisiológicos utilizados
331 para estimar a tolerância ao calor pelos animais (Alfonzo et al., 2016; Vieira, 2016).
332 Considera-se a temperatura retal em uma amplitude fisiológica de 38,5 a 39,7°C. Para
333 que a temperatura normal da bolsa escrotal seja considerada dentro de um padrão
334 simétrico e constante, ela deve ser 2 a 6°C a menos, quando comparada com a retal
335 (Kastellic, 2014; Romanello et al., 2018), para uma melhor dissipação de calor. Sendo

336 assim, pode-se concluir que o gradiente térmico obtido pelo termógrafo se manteve
337 dentro do padrão preconizado (Tabela 5).

338 Neste estudo, observou-se um declínio na temperatura entre os pontos
339 anatômicos do escroto, em relação ao eixo cranial-caudal (Tabela 6), o qual se deve
340 pelo arrefecimento do sangue via artéria testicular (Kastelic, 1997). Apesar do
341 decréscimo no gradiente termográfico, essa proporção deveria ter tido uma maior
342 amplitude, resultando em qualidade espermática superior. Lunstra e Coulter (1997)
343 observaram que animais que apresentavam gradiente térmico de 2,6°C entre os polos
344 opostos, produziam de maneira superior em relação aos touros com gradiente de
345 1,4°C, diferença essa obtida nesse estudo.

346 Através das análises da qualidade seminal dos animais em ambos os sistemas
347 (Tabelas 7 e 8), foi possível inferir que os animais avaliados não apresentaram boa
348 espermatogênese. Para tal, eles deveriam apresentar valores iguais e/ou maiores que:
349 60% na motilidade; 3 para vigor e turbilhonamento, e com um máximo de defeitos totais
350 de 30% (CBRA, 2013). Um fator importante a ser considerado é que os animais
351 experimentais se encontravam no período pós-puberal. Essa fase corresponde à fase
352 da adolescência, logo depois do período da puberdade (16 a 20 meses), em animais
353 taurinos e cruzamentos (Freneau, 1991), sendo influenciada pela interação
354 genótipo+ambiente (Costa e Silva et al., 2013).

355 A melhora progressiva na qualidade seminal, aumento do volume do ejaculado,
356 motilidade, do vigor, PE e do decréscimo dos defeitos são esperados (Mello, 2014),
357 apesar da melhoria ser muito mais notável no ILP. No entanto, não se pode afirmar o
358 início exato para essa fase, devido ao não sequenciamento inicial dos animais, assim,
359 não podendo afirmar a relação entre qualidade e sistema de produção.

360 O perímetro escrotal é uma característica de acompanhamento reprodutivo por
361 ser de fácil obtenção e por não precisar de técnicos altamente qualificados para sua
362 execução. Além de ser uma boa ferramenta na avaliação de tourinhos, ela é altamente
363 herdável, e com correlação positiva em relação ao peso e idade dos animais (Mello,
364 2014). Assim, quanto maior a variável, mais elevado o nível de produção espermática.
365 Tal informação corrobora com os dados obtidos nesse estudo, onde houve um
366 acréscimo no PE referente à primeira e última coleta.

367 As mensurações escrotais feitas após a castração mostraram-se superiores,
368 em sua maioria, nos animais no ILP (Tabela 9), sendo possível a sua correlação com a
369 qualidade seminal, devido a sua maior estrutura anatômica.

370 Para as medidas de área obtidas (Tabela 10), os valores médios para ATD em
371 ambos os sistemas, na quarta coleta, eram esperados. O processo de cicatrização
372 após a biópsia (terceira para quarta coleta) pode ter prejudicado os valores médios,
373 além de conferir uma diferença entre a ATE.

374 O sistema com a presença de árvores (ILPF), quando manejado em um
375 adensamento menor, possui maior luminosidade, favorecendo a produção animal. A
376 princípio, esperava-se que o sistema ILPF fosse superior ao ILP, em relação às
377 variáveis reprodutivas. No entanto, a presença da projeção da sombra na área da
378 pastagem, aproximadamente 20%, conferiu resultados semelhantes ou superiores nos
379 padrões reprodutivos, além do que, coexiste uma forte influência desses parâmetros
380 em relação à idade e peso dos animais.

381

382

Agradecimentos

383 À Fazenda Boa Aguada, Grupo Mutum, aos funcionários de campo que
384 participaram de todas as coletas, auxiliando no manejo dos animais, em especial ao
385 senhor Geraldo Mateus Reis, por disponibilizar os animais e a área experimental. Ao
386 CNPq, Fundect, Embrapa e UFMS, pela concessão de recursos financeiros para a
387 realização das coletas e análises laboratoriais.

388

389

5.4 Referência

390 Alfonzo, E.P.M., Barbosa da Silva, M.V.G., Daltro, D.S., Stumpf, M.T., Dalcin, V.C.,
391 Kolling, G., Fischer, V. and McManus, C.M., 2016. Relationship between physical
392 attributes and heat stress in dairy cattle from different genetic groups. **International**
393 **Journal of Biometeorology**, 60(2), 245–253. [https://doi.org/10.1007/s00484-015-](https://doi.org/10.1007/s00484-015-1021-y)
394 1021-y.

395 Baêta, F.C., 1985. **Responses of lactating dairy cows to the combined effects of**
396 **temperature, humidity and wind velocity in the warm season.** Thesis (Ph.D).
397 University of Missouri, Columbia.

398 Baêta, F.C., Souza, C.F., 2010. **Ambiência em Edificações Rurais: Conforto Animal,**
399 2nd ed., Editora UFV, Viçosa, Brazil.

400 Baliscei, M.A., Barbosa, O.R., Souza, W., Costa, M.A.T., Krutzmann, A. and Queiroz, E.
401 de O., 2013. Microclimate without shade and silvopastoral system during summer and

- 402 winter. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, 35(1).
403 <https://doi.org/10.4025/actascianimsci>.
- 404 Bailey, T.L., Hudson, T.S., Powe, T.A., Riddell, M.G., Wolfe, D.F. and Carson, R.L.,
405 1998. Caliper and Ultrasonographic measurements of bovines' testicles and
406 mathematical formula for determining testicular volume and weight in vivo.
407 **Theriogenology**, 49, 581-594. [https://doi:10.1016/s0093-691x\(98\)00009-0](https://doi:10.1016/s0093-691x(98)00009-0).
- 408 Buffington, D.E., Colloazo-Arocho, A., Canton, G.H., Pitt, D., Thatcher, W.W. and
409 Collier, R.J., 1981. Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy
410 cows. Transactions for the **American Society of Agricultural Engineers** 24(3), 711–
411 714. <https://doi.org/10.13031/2013.34325>
- 412 CBRA - Colégio Brasileiro de Reprodução Animal, 2013. **Manual para exame**
413 **andrológico e avaliação do sêmen animal**, Belo Horizonte.
- 414 Costa e Silva, E.V., Ferreira, B.X., Queiroz, V.L.D., Costa Filho, L.C.C. and Zúccari,
415 C.E.S.N., 2013. Precocidade sexual de touros a campo em condições tropicais.
416 **Revista Brasileira Reprodução Animal**, 37(2), 97-104.
- 417 Freneau, G.E., 1991. **Desenvolvimento reprodutivo de tourinhos Holandeses-PB e**
418 **mestiços F1 Holandês x Gir desde os seis até os 21 meses de idade (Puberdade e**
419 **pós-puberdade)**. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade
420 Federal de Minas Gerais.
- 421 Fields, M.J., Fhentges, J.R. and Corneliss, K.W., 1982 Aspect of the sexual
422 development of Brahman versus Angus bulls in Florida. **Theriogenology**, 18, 17–31.
- 423 Gamarra, E.L., Morais, M.G., Almeida, R.G., Paludetto, N.A., Pereira, M. and Oliveira,
424 C.C., 2017. Beef cattle production in established integrated systems. **Semina Ciências**
425 **Agrárias**, 38(5), 3241-3251.
- 426 Karvatte Jr., N., Klosowski, E.S., Almeida, R.G., Mesquita, E.E., Oliveira, C.C. and
427 Alves, F.V., 2016. Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in
428 integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. **International Journal**
429 **of Biometeorology**, 60(12), 1933–1941. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1180-5>.
- 430 Kastelic, J.P., Cook, R.B., and Coulter, G.H., 1997. Contribution of the scrotum, testes,
431 and testicular artery to scrotal/testicular thermoregulation in bulls at two ambiente
432 temperatures. **Animal Reproduction Science**, 45, 225-261.
- 433 Kastelic, J.P., 2014. Understanding and evaluating bovine testes. **Theriogenology**, 81,
434 18-23 [doi:10.1016/j.theriogenology.2013.09.001](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.09.001).

- 435 Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B. and Rubel, F., 2006. World map of the
436 Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, 15, 259–
437 263.
- 438 Lunstra, D.D. and Coulter, G. H., 1997. Relationship between scrotal infrared
439 temperature patterns and natural-mating fertility in beef Bulls. **Journal Animal Science**,
440 75, 767-774.
- 441 Marcuzzo, F.F.N., Melo, D.C.R. and Costa, H.C., 2012. Sazonalidade e distribuição
442 espaço-temporal das chuvas no bioma do cerrado do estado do Mato Grosso do Sul.
443 **Revista Brasileira Recurso Hídrico**, 17(1), 77–86.
- 444 Mello, R.C., 2013. Puberdade e maturidade sexual em touros bovinos. **Revista**
445 **Agropecuária Científica no Semiárido**, 10(3), 11-28.
- 446 Menegassi, S.R.O., Barcellos, J.O.J., Lampert, V.N., Borges, J.B.S. and Peripolli, V.,
447 2011. Bioeconomic impact of bull breeding soundness examination in cow-calf systems.
448 **Revista Brasileira Zootecnia**, 40, 441–447.
- 449 Menegassi, S.R.O., Barcellos, J.O.J., Dias, E.A., Koetz Jr, C., Pereira, G.R., Peripolli,
450 V., McManus, C., Canozzi, M.E.A. and Lopes, F.G., 2015. Scrotal infrared digital
451 thermography as a predictor of seasonal effects on sperm traits in Braford bulls,
452 **International Journal of Biometeorology**, 59:357–364.
- 453 Oliveira, C.C de., Villela, S.D.J., Almeida, R.G de., Alves, F.V., Behling-Neto, A. and
454 Martins, P.G.M de A., 2014. Performance of Nelore heifers, forage mass, and structural
455 and nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* grass in integrated production
456 systems. **Tropical Animal Health Production**, 46:167-172.
- 457 Oliveira, C.C de, Alves, F.V., Almeida, R.G de., Gamarra, E.L., Villela, S.D.J. and
458 Martins P.G.M. de A., 2017. Thermal comfort indices assessed in integrated production
459 systems in the Brazilian savannah. **Agroforestry Systems**. DOI 10.1007/s10457-017-
460 0114-5.
- 461 Oliveira, C.C d., Alves, F.V., Martins, P.G.M.dA., Karvatte Junior, N., Alves, G.F.,
462 Almeida, R.G d., Mastelaro, A.P. and Costa e Silva, E.V., 2019. Vaginal temperature as
463 indicative of thermoregulatory response in Nelore heifers under different microclimatic
464 conditions. **Plos One**, 14(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223190>.
- 465 Pantoja, M.H.A., Esteves, S.N., Jacinto, M.A.C., Pezzopane, J.R.M., Paz, C.C.P., Silva,
466 J.A.R.D., Lourenço Junior, J.B., Brandão, F.Z., Moura, A.B.B., Romanello, N., Botta, D.
467 and Garcia, A.R., 2017. Thermoregulation of male sheep of indigenous or exotic breeds

- 468 in a tropical environment. **Journal of Thermal Biology**, 69, 302–310.
469 <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.09.002>.
- 470 Pezzopane, J.R.M., Nicodemo, M.L.F., Bosib, C., Garcia, A.R. and Lulu, J., 2019.
471 Animal thermal comfort indexes in silvopastoral systems with different tree
472 Arrangements. **Journal of Thermal Biology**, 79: 103–111.
473 <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.12.015>.
- 474 Romanello, N., de Brito Lourenço Junior, J., Barioni Junior, W., Brandão, F.Z.,
475 Marcondes, C.R., Pezzopane, J.R.M., de Andrade Pantoja, M.H., Botta, D., Giro, A.,
476 Moura, A.B.B., do Nascimento Barreto, A. and Garcia, A.R., 2018. Thermoregulatory
477 responses and reproductive traits in composite beef bulls raised in a tropical climate.
478 **International Journal of Biometeorology**, 62:1575-1586. [https://doi: 1199](https://doi.org/10.1007/s00484-018-1557-8)
479 [10.1007/s00484-018-1557-8](https://doi.org/10.1007/s00484-018-1557-8).
- 480 Sandeville Júnior, E., 2004. **A divisão natural das paisagens brasileiras**. Paisagem
481 Ambiente Ensaio, 18, 71–98.
- 482 Silva, R.G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286p.
- 483 Souza, C.F., Tinôco, I.F.F., Baêta, F.C., Ferreira, W.P.M. and Silva, R.S., 2002
484 Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. **Ciência e**
485 **Agrotecnologia**, 26(1), 157-164.
- 486 Souza, A., Pavão, H.G., Lastoria, G., Gabas, S.G., Cavazzana, G.H. and Paranhos
487 Filho, A.C., 2010. Modelo de Thom para zoneamento bioclimático de Mato Grosso do
488 Sul. **Revista Geografia Norte Grande**, 46, 137–147. [https://doi.org/10.4067/S0718-](https://doi.org/10.4067/S0718-34022010000200008)
489 [34022010000200008](https://doi.org/10.4067/S0718-34022010000200008).
- 490 Van Lear, E., Moons, C.P.H., Ampe, B., Sonck, B., Vandaele, L., Campeneere, S. and
491 Tuytens, F. A. M., 2015. Effect of summer conditions and shade on behavioural
492 indicators of thermal discomfort in Holstein dairy and Belgian Blue beef cattle on
493 pasture. **Animal**, 9(9), 1536-1546.
- 494 Vieira, M.M.M., Furtado, F.M.V., Cândido, M.J.D., Barbosa Filho, J.A.D., Cavalcante,
495 A.C.R., Magalhães, J.A. and Costa, N.L., 2016. Aspectos fisiológicos e bioclimático de
496 caprinos nas regiões semiáridas. **Pubvet** 10(5), 356–369.
- 497 Zhang, M., Chen, L., Xin, M., Xu, Z. and Li, J., 2015. Studies of forecast model of
498 photosynthetic active radiation in sunlight greenhouse in Winter in Panjin. **Agricultural**
499 **Basic Science and Technology**, 16(2), 214-218.
- 500
- 501

502 Tabela 2. Valor médio do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU,
503 adimensional) em dois sistemas de produção, ILPF e ILP.

Variável	Sistema			Efeito	
	ILPF	ILP	EPM ¹	Sistema	Coleta
ITGU_10	77	78	0.74	*	**
ITGU_20	76	77	0.46	*	**
ITGU_30	77	78	0.60	*	**
ITGU_40	78	79	0.65	*	**
ITGU_50	78	79	0.41	*	**
ITGU_60	78	78	0.29	ns	**
ITGU_70	76	78	0.91	*	**

504 ns= não significativo; * (P < 0,05); ** (P<0,01); EPM¹= erro padrão da média.

505

506 Tabela 3. Ganho médio diário de peso (GMDP, kg) e ganho de peso total (GPT, kg) de
507 tourinhos ½ Angus + ½ Nelore em dois sistemas de produção, ILPF e ILP.

Variável	Sistema		Efeito		
	ILPF	ILP	Sistema	Coleta	Sistema x Coleta
GMDP, kg	0.91	0.86	ns	**	**
GPT, kg	135.33	122.27	*	**	*

508 ns= não significativo; * (P < 0,05); ** (P<0,01).

509

510 Tabela 4. Média por sistema e coleta no ganho médio diário de peso (GMDP, kg) de
511 tourinhos ½ Angus + ½ Nelore em dois sistemas de produção, ILPF e ILP.

Variável	Sistema				
	ILPF	EPM ¹	ILP	EPM ¹	
GMDP, kg					
<i>Coleta</i>					
Outubro	0.81 ^{aB}	0.03	0.63 ^{bB}	0.02	
Dezembro	0.99 ^A	0.03	1.00 ^A	0.02	
Janeiro	0.95 ^A	0.03	1.01 ^A	0.02	
EPM	0.16	-	0.16	-	

512 *Letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha não diferem estatisticamente ao nível de 5%
513 de probabilidade pelo teste t; EPM¹= erro padrão da média.

514

515 Tabela 5. Termografia por infravermelho nos polos cranial (TE1, °C), medial (TE2, °C) e
516 caudal (TE3, °C), e temperatura média (TE média, °C) de escroto em dois sistemas de
517 produção, ILPF e ILP.

Variável	Sistema		Efeito		
	ILPF	ILP	Sistema	Coleta	Sistema x Coleta
TE1, °C	34.73	35.25	**	**	**
TE2, °C	34.07	34.21	**	**	**
TE3, °C	33.56	33.60	ns	**	**
TE média, °C	34.09	34.34	**	**	**

518 ns= não significativo; * (P < 0,05); ** (P<0,01).

519

520 Tabela 6. Média das temperaturas nos polos cranial (TE1, °C), medial (TE2, °C) e
 521 caudal (TE3, °C), e temperatura média (TE média, °C) de escroto em dois sistemas de
 522 produção, ILPF e ILP.

	Sistema			
	ILPF	EPM ¹	ILP	EPM
TE1, °C				
<i>Coleta</i>				
Outubro	34.90 ^{aB}	0.04	34.75 ^{bD}	0.02
Dezembro	34.43 ^{bC}	0.07	35.18 ^{aC}	0.03
Janeiro	35.26 ^{bA}	0.05	35.54 ^{aB}	0.03
Março	34.23 ^{bD}	0.02	35.68 ^{aA}	0.03
EPM ¹	0.16	-	0.16	
TE2, °C				
Outubro	34.20 ^{aB}	0.04	33.83 ^{bC}	0.03
Dezembro	33.93 ^{aC}	0.04	33.76 ^{bD}	0.03
Janeiro	34.43 ^{bA}	0.04	34.58 ^{aB}	0.03
Março	33.66 ^{bD}	0.04	34.84 ^{aA}	0.03
EPM ¹	0.19	-	0.19	-
TE3, °C				
Outubro	33.83 ^{aA}	0.05	33.11 ^{bC}	0.04
Dezembro	33.36 ^B	0.03	33.45 ^B	0.04
Janeiro	33.96 ^A	0.05	34.06 ^A	0.04
Março	33.10 ^{aC}	0.05	33.95 ^{bA}	0.04
EPM ¹	0.24	-	0.24	-
TE média, °C				
Outubro	34.33 ^{aB}	0.03	33.89 ^{bC}	0.02
Dezembro	33.86 ^{bC}	0.03	34.10 ^{aB}	0.02
Janeiro	34.50 ^{bA}	0.03	34.74 ^{aA}	0.02
Março	33.66 ^{bD}	0.03	34.80 ^{aA}	0.02
EPM ¹	0.10	-	0.10	-

523 *Letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha não diferem estatisticamente ao nível de 5%
 524 de probabilidade pelo teste t.¹EPM – erro padrão da média.
 525
 526
 527
 528
 529
 530
 531
 532
 533
 534
 535
 536
 537

538 Tabela 7. Qualidade seminal de tourinhos ½ Angus + ½ Nelore em dois sistemas de
539 produção, ILPF e ILP.

Variável	Sistema		Efeito		
	ILPF	ILP	Sistema	Coleta	Sistema x Coleta
Motilidade, %	63.75	71.33	**	**	*
Vigor	2.20	2.60	**	*	ns
Turbilhonamento	1.00	1.50	**	**	**
Volume, mL	2.40	3.00	**	*	**
Perímetro escrotal, cm	33.95	32.71	**	**	*
Concentração, sptz/mL	114.05	144.25	*	**	*
Normal, n°	55.57	69.86	**	**	**
Defeito Maior, n°	41.85	25.00	**	**	**
Defeito Menor, n°	5.00	5.13	ns	**	*
Defeito Total, n°	46.85	30.13	**	**	**

Vigor (1-5); Turbilhonamento (1-5); ns= não significativo; * (P < 0,05); ** (P<0,01).

540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580

581 Tabela 8. Média das variáveis reprodutivas para os efeitos coleta, sistema e sua
 582 interação em tourinhos ½ Angus + ½ Nelore em dois sistemas de produção, ILPF e
 583 ILP.

	Sistema			
	ILPF	EPM	ILP	EPM
Motilidade, %				
<i>Coleta</i>				
Dezembro	60.00 ^B	1.52	62.00 ^C	1.17
Janeiro	66.66 ^{bA}	1.52	74.00 ^{aB}	1.17
Março	65.00 ^{bA}	1.86	78.00 ^{aA}	1.17
EPM	0.82	-	0.80	-
<i>Vigor</i>				
Janeiro	2.16 ^{bA}	0.05	2.50 ^{aB}	0.04
Março	2.25 ^{bA}	0.06	2.70 ^{aA}	0.04
EPM	0.20	-	0.20	-
<i>Turbilhonamento</i>				
Janeiro	1.00 ^{bA}	0.06	1.62 ^{aA}	0.04
Março	1.00 ^{aA}	0.09	1.00 ^{bB}	0.09
EPM	0.21	-	0.21	-
<i>Volume, mL</i>				
Janeiro	2.50 ^A	0.11	2.70 ^B	0.08
Março	2.25 ^{bA}	0.13	3.30 ^{aA}	0.08
EPM	0.92	-	0.92	-
<i>Perímetro escrotal, cm</i>				
Dezembro	32.40 ^{aB}	0.22	31.50 ^{bB}	0.17
Janeiro	34.40 ^{aC}	0.22	32.46 ^{bC}	0.17
Março	35.06 ^{aA}	0.22	34.18 ^{bA}	0.17
EPM	0.55	-	0.55	-
<i>Concentração, sptz/mL</i>				
Dezembro	13.20 ^{bB}	14.72	72.10 ^{aC}	11.40
Janeiro	233.47 ^A	14.72	205.86 ^A	11.40
Março	58.58 ^{bB}	25.49	154.77 ^{aB}	11.40
EPM	8.65	-	3.82	-
<i>Defeito Maior, n°</i>				
Dezembro	42.50 ^A	2.61	42.40 ^A	1.65
Janeiro	39.00 ^{aA}	2.13	16.00 ^{bB}	1.65
Março	45.50 ^{aA}	2.61	16.60 ^{bB}	1.65
EPM	1.56	-	1.59	-
<i>Defeito Total, n°</i>				
Dezembro	45.00 ^A	2.76	45.00 ^A	1.76
Janeiro	44.33 ^{aB}	2.25	23.80 ^{bB}	1.74
Março	52.50 ^{aA}	1.74	21.60 ^{bB}	1.74
EPM	1.65	-	1.30	-
<i>Defeito menor, n°</i>				
Dezembro	2.50 ^B	0.89	2.60 ^C	0.56
Janeiro	5.33 ^{aA}	0.73	7.80 ^{bA}	0.56
Março	7.00 ^A	0.89	5.00 ^B	0.56
EPM	0.90	-	0.39	-
<i>Normal, n°</i>				
Dezembro	58.50 ^A	2.70	55.00 ^B	1.70
Janeiro	57.66 ^{bA}	2.20	76.20 ^{aA}	1.70
Março	49.50 ^{bB}	2.70	78.40 ^{aA}	1.70
EPM	8.37	-	6.69	-

584 *Letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha não diferem estatisticamente ao nível de 5%
 585 de probabilidade pelo teste t. Turbilhonamento (1-5); EPM = Erro padrão da média.

586 Tabela 9. Avaliação escrotal de tourinhos $\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore em dois sistemas de
587 produção, ILPF e ILP.

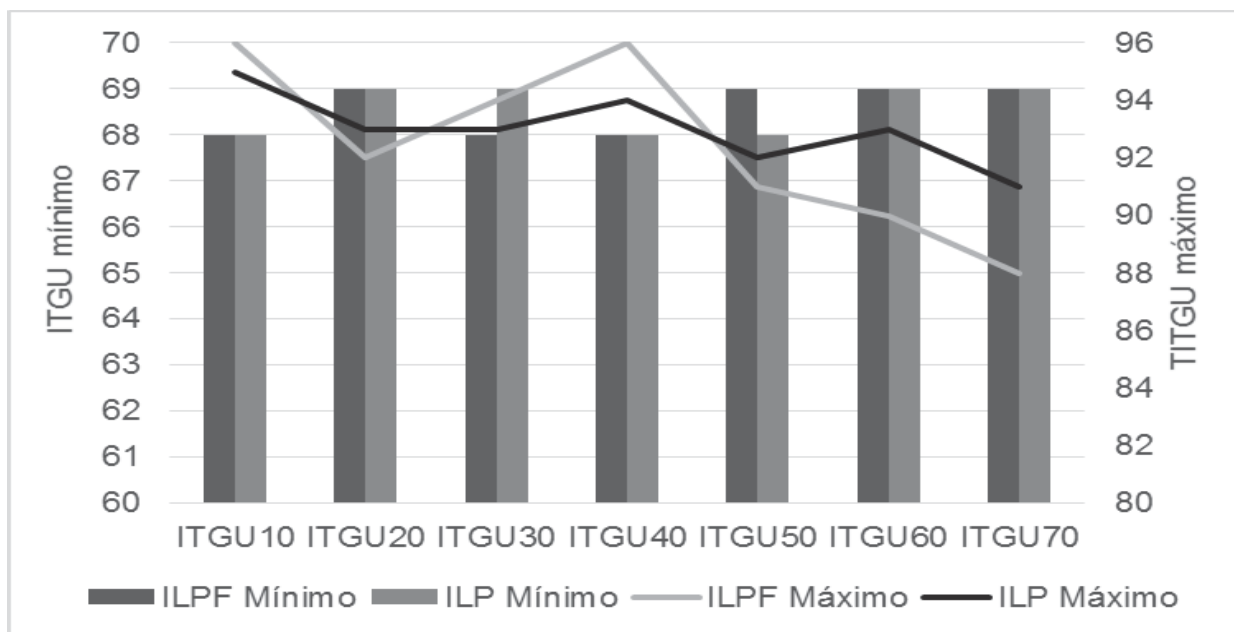
Variável	Sistema		Efeito
	ILPF	ILP	Sistema
TDC, mm	114.33	127.80	*
TDI, mm	53.00	53.60	ns
TDC2, mm	78.33	87.00	*
TEc, mm	130.00	136.40	*
TEc2, mm	95.33	102.00	*
TEI, mm	64.00	56.80	*
EPIDD, mm	66.00	78.80	*
EPIDE, mm	79.00	82.00	*
cabEPIDDc, mm	37.00	46.80	*
cabEPIDDI, mm	23.33	25.40	*
cabEPIDEc, mm	39.00	48.80	*
cabEPIDEI, mm	24.66	26.20	*
CauepidDc, mm	28.33	30.60	*
CauepidDI, mm	15.33	12.60	*
CauepidEc, mm	33.33	31.00	*
CauepidEI, mm	17.66	13.52	*

588 TDC = Testículo direito comprimento TDI = Testículo direito largura; TDC2 = Testículo direito comprimento
589 pós castração; TEc = Testículo esquerdo comprimento; TEI = Testículo esquerdo largura; TEc2 =
590 Testículo esquerdo comprimento pós castração; EPIDD = Epidídimo direito; EPIDE = Epidídimo
591 esquerdo; cabEPIDDc = Comprimento da cabeça do epidídimo direito; cabEPIDDI = Largura da cabeça
592 do epidídimo direito; cabEPIDEc = Comprimento da cabeça do epidídimo esquerdo; cabEPIDEI =
593 Largura da cabeça do epidídimo esquerdo; CauepidDc = Comprimento da cauda do epidídimo direito;
594 CauepidDI = Largura da cauda do epidídimo direito; CauepidEc = Comprimento da cauda do epidídimo
595 esquerdo; CauepidEI = Largura da cauda do epidídimo esquerdo; ns= não significativo; * (P < 0,05); **
596 (P<0,01).
597

598 Tabela 10. Médias das áreas de testículo e epidídimo de tourinhos $\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore
599 em dois sistemas de produção, ILPF e ILP.

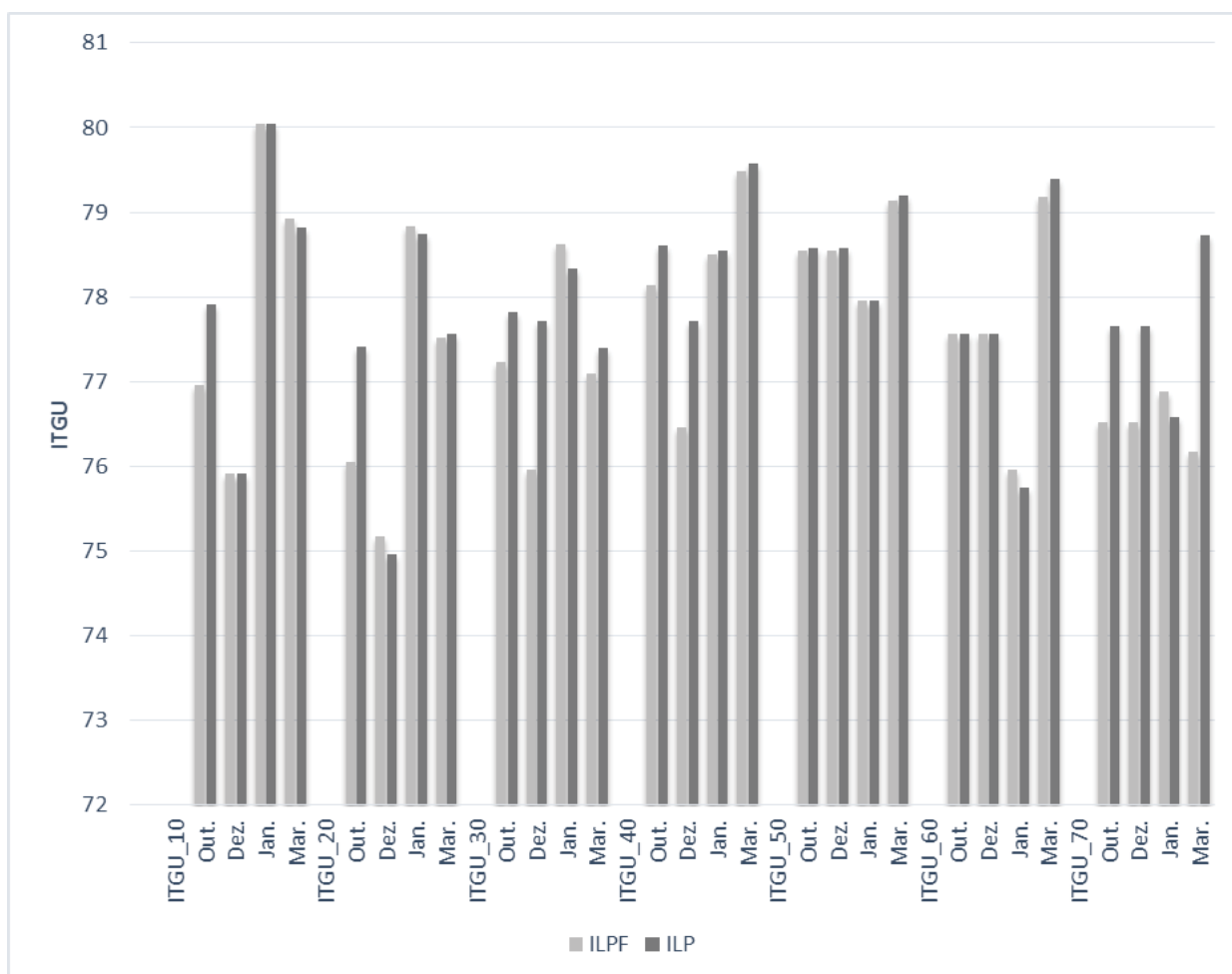
Variável	Sistema		Efeito	
	ILPF	ILP	Sistema	Coleta
ATD, μm^2	34.232,00	44.196,00	*	*
ATE, μm^2	39.388,00	42.673,00	*	ns
ACDED, μm^2	14.957,00	24.355,00	*	ns
ACDEE, μm^2	33.788,00	19.110,00	*	ns
ACED, μm^2	9.031,00	6.256,00	*	ns
ACEE, μm^2	10.490,00	10.102,00	ns	ns

600 ATD = Área do testículo direito; ATE = Área do testículo esquerdo; ACEED = Área da cauda do epidídimo
601 direito; ACDEE = Área da cauda do epidídimo esquerdo; ACED = Área da cabeça do epidídimo direito;
602 ACEE = Área da cabeça do epidídimo esquerdo; ns= não significativo; * (P < 0,05); ** (P<0,01).



603
604
605
606
607

Figura 7. Valores mínimos e máximos, dos índices de temperatura de globo e de umidade em dois sistemas de produção, ILPF e ILP.



608
609
610

Figura 8. Valores médios dos índices de temperatura de globo e de umidade em dois sistemas de produção, ILPF e ILP, nos quatro meses de coleta.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas em integração por combinar mais de uma cultura em uma mesma área, tornam-se mais complexos, dinâmicos, sendo que o manejo de todos os componentes pode estabelecer uma relação de sinergia ou não. Assim, faz-se necessário estudos ao longo do tempo dos diversos componentes.

O sistema em integração lavoura-pecuária-floresta com *Eucalyptus urograndis* em um arranjo espacial de 28x4 m aos dez anos possui condição térmica diferente quando comparado com ao ILP, mesmo que as avaliações não considerem sombra e sol. Apesar da diferença microclimática distinta entre os sistemas, as repostas fisiológicas não apresentaram a mesma relação. Fato que pode ser atribuído à raça estuda, Nelore, e sua alta adaptação ao calor.

Para o terceiro experimento, no arranjo, 28x2 m, com *Eucalyptus urograndis*, com quatro anos, o sistema favoreceu a entrada de luminosidade, com um melhor ganho de peso total dos animais e a modificação do ambiente. Para as variáveis reprodutivas, quanto a qualidade seminal e morfologia, as reduções apresentadas pelas variáveis microclimáticas no sistema arborizado, não foram suficientes para garantir melhores parâmetros. Fato esse também que é altamente correlacionado com a idade, maturidade sexual, e peso dos animais.

A utilização de sensores como o frequencímetro cardíaco e a termografia por infravermelho se mostraram eficientes nas medições das variáveis fisiológicas para ambos os sistemas. São ferramentas de precisão e de maior acurácia para obtenção dos dados a campo. No entanto, em sistemas a pasto, as dificuldades encontradas são a manutenção dos sensores nos animais além dos cuidados quanto à integridade dos equipamentos.

7. LISTA DE REFERÊNCIAS

ALFONZO, E.P.M.; BARBOSA DA SILVA, M.V.G.; DALTRO, D.S.; STURMPF, M.T.; DALCIN, V.C.; KOLLING, G.; FISCHER, V.; MCMANUS, C.M. Relationship between physical attributes and heat stress in dairy cattle from different genetic groups. **International Journal of Biometeorology**, v.60, n.2, p.245–253, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1021-y>.

ALVES, F.V. O componente animal em sistemas de produção em integração. In: BUNGENSTAB, D.J. (Ed.). **Sistemas de integração: a produção sustentável**. 2 ed. Brasília: Embrapa, 2012. p.143-154.

ALVES, F.V.; DA SILVA, P.V.; KARVATTE JR., N. **Bem-estar animal e ambiência na ILPF**. ILPF inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta, Embrapa, Brasília, 2019, p. 207-224.

AZEVEDO, M.; PIRES, M.F.A.; SATUMINO, H.M.; LANA, A M.Q.; SAMPAIO, I.B.M.; MONTEIRO, J.B.N.; MORATO, L.E. Estimativas de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ e $\frac{7}{8}$ Holandês-Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2000-2008, 2005.

BAÊTA, F.C. **Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature, humidity and wind velocity in the warm season** [dissertation]. Columbia, 1985, University of Missouri.

BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: Conforto animal**. 2nd ed. Viçosa, Brazil: Editora UFV, 2010.

BAILEY, T.L.; MONKE, D.; HUDSON, R.S.; WOLFE, D.F.; CARSON, R.L.; RIDDELL, M.G. Testicular shape and its relationship to sperm production in mature Holstein bulls. **Theriogenology**, v.46, p.881-887, 1996.

BAILEY, T.L.; HUDSON, T.S.; POWE, T.A.; RIDDELL, M.G.; WOLFE, D.F.; CARSON, R.L. Caliper and Ultrasonographic measurements of bovines' testicles and

mathematical formula for determining testicular volume and weight in vivo. **Theriogenology**, v.49, p.581-594, 1998. [https://doi:10.1016/s0093-691x\(98\)00009-0](https://doi:10.1016/s0093-691x(98)00009-0).

BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.M.A.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G.B.; ALVARENGA, R.C.; KICHEL, A.N.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; FRANCHINI, J.C.; GALERANI, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1-12, 2011.

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

BARNES, A.; BEATYY, D.; TAYLOR, E.; STOCKMAN, C.; MALONEY, S.; MCCARTHY, M. Physiology of heat stress in cattle and sheep. **Live Export**, p.35, 2004.

BERRY, D.P.; EVANS, R.; PARLAND, S.M.C. Evaluation of bull fertility in dairy and beef cattle using cow field data. **Theriogenology**, v. 75, p.172–181, 2011.

BORELL, V.B.; LANGBEIN, J.; DESPRÉS, G.; HANSEN, S.; LETERRIER, C.; MARCHANT-FORDE, J.; MARCHANT-FORDE, R.; MINEIRO, M.; MOHR, E.; PRUNIER, A.; VALANCE, D.; VEISSIER, I. Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals — A review. **Physiology & Behavior**, v.92, p. 293–316, 2007.

BROWN-BRANDL, T.M.; JONES, D.D. Feedlot cattle susceptibility to heat stress: an animal-specific model. **Transactions of the ASABE**, v.54, p.583- 598, 2011.

BROWN-BRANDL, T. M. Understanding heat stress in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 47, 2018.

BROOM, D.M. Indicators of poor welfare. **British Veterinary Journal**, v.142, p.524-526, 1986.

BROOM, D.M. **Sentience, animal welfare and sustainable livestock production**. In Indigenous, eds K.S Reddy, R.M.V. Prasad and K.A. Roa. Excel India Publishers: New Delhi, p.61-68, 2016.

BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D. Black globe humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 24, n.3, p.711-714, 1981.

BUNGENSTAB, D.J.; ALMEIDA, R.G. de; LAURA, V.A.; BALBINO, L.C.; FERREIRA, A.D. **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Editora Embrapa, 2019, 840 p.

CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; CARNEIRO, J.D.C. **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite: FAO, 2001, 413 p.

CBRA - Colégio Brasileiro de Reprodução Animal. **Manual para exame andrológico e avaliação do sêmen animal**, Belo Horizonte, 2013.

CATTELAM, J.; DO VALE, M.M. Estresse térmico em bovinos. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.108: p. 96–102, 2013.

CEERUTTI, W. G.; BERMUDEZ, R. F.; VIÉGAS, J.; MARTINS, C.M. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas ou não a sombreamento e aspersão na pré-ordenha. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.3, p.406-412, 2013.

CHAVES, A.S.; NASCIMENTO, M.L.; TULIO, R.R.; ROSA, N.A.; ALENCAR, M.M.; LANA, D.P. Relationship of efficiency indices with performance, heart rate, oxygen consumption, blood parameters, and estimated heat production in Nellore steers. **Journal Animal Science**, v.93, p.5036–5046, 2015.

COLLIER, R. J.; GEBREMEDHIN, K. G. Thermal biology of domestic animals. **Revisão anual de biociências animais**, v. 3, p. 513-532, 2015.

COSTA E SILVA, E.V. **Estresse e manejo reprodutivo de bovinos de corte: problemas e soluções**. In: Simpósio de produção de gado de corte, 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004, p. 459-484.

COSTA E SILVA, E.V.; FERREIRA, B.X.; QUEIROZ, V.L.D.; COSTA FILHO, L.C.C.; ZÚCCARI, C.E.S.N. Precocidade sexual de touros a campo em condições tropicais. **Revista Brasileira Reprodução Animal**, v.37, n.2, p.97-104, 2013.

COSTA, D.F.; SOUTO, D.V.O.; ROCHA, E.F.; GUIMARÃES, L.J.; SILVA, M.R.; SOUZA, B.B.; SILVA, G.A. Influência do estresse calórico na fisiologia hormonal de bovinos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, p. 33-38, 2015.

CUNNINGHAM, J.G. **Tratado de Fisiologia Veterinária**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 579, 2008.

Da SILVA, V.P. **Sistemas silvipastoris em Mato Grosso do Sul. Para quê adotá-los?** In: Seminário Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável, 2003, Campo Grande, MS. **Anais...** Seminário Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável. Campo Grande, MS: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, 2003; CD-ROM: 1-13.

DUBOC, E; COSTA, C.J.; VELOSO, R.F. et al. **Panorama atual da produção de carvão vegetal no Brasil e no Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, (Embrapa Cerrados. Documentos, 197), p.37, 2007.

EDDY, A.L.; VAN HOOGMOED, L.M.; SNYDER, J.R. O papel da termografia no manejo da claudicação de equinos. **The Veterinary Journal**, v. 162, n.3, p.172-181, 2001.

FEITOSA, F.L.F. **Semiologia Veterinária: a arte do diagnóstico**. 2.ed. São Paulo: Roca, p.735. 2008.

FERREIRA, P.M.; FACURY FILHO, E.J.; CAMPOS, W.E. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina**

Veterinária e Zootecnia, v.58 n.5, p.732-73, 2006. doi: 10.1590/S0102-09352006000500005.

FERREIRA, R. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa, Brazil: Aprenda Fácil Editora, 2005.

FIELDS, M.J.; FHENTGES, J.R., CORNELISS, K.W. Aspect of the sexual development of Brahman versus Angus bulls in Florida. **Theriogenology**, v.18, p.17–31, 1982.

FOOTE, W.C.; RIERA, G.S.; SIMPLICIO, A.A. **The effects of tropical environment on reproduction efficiency in ruminants**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL NOS TRÓPICOS: PEQUENOS E GRANDES RUMINANTES, 1. Fortaleza. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa-DIE, 1990. p. 62-86.

FRENEAU, G.E. **Desenvolvimento reprodutivo de tourinhos Holandeses-PB e mestiços F1 Holandês x Gir desde os seis até os 21 meses de idade (Puberdade e pós-puberdade)**. 1991, Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal de Minas Gerais.

GABALDI, S.H; DEFINE, R.M.; BARROS, C.M.Q.; MASCARO, K.; KASTELIC, J.P.; ROSA, G.J.M. Efeitos da elevação da temperatura testicular nas características espermáticas em touros Nelore. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.23, n.3, p.222-224, 1999.

GAMARRA, E.L.; MORAIS, M.G.; ALMEIDA, R.G.; PALUDETTO, N.A.; PEREIRA, M.; OLIVEIRA, C.C. Beef cattle production in established integrated systems. **Semina Ciências Agrárias**, v.38, n.5, p.3241-3251, 2017.

GARCIA, A.R. Conforto térmico na reprodução de bubalinos criados em condições tropicais. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.37, n.2, p.121-130, 2013.

GAUGHAN, J.B.; MADER, T.L.; HOLT, S.M.; SULLIVAN, M.L.; HAHN, G.L. Assessing the heat tolerance of beef cattle genotypes. **International Journal of Biometeorology**, v.54, n. 6, p. 617-627, 2009.

GIRO, A.; PEZZOPANE, J.R.M.; BARIONI JUNIOR, W.; PEDROSO, A. de F.; LEMES, A.P.; BOTTA, D.; ROMANELLO, N.; BARRETO, A. do N.; 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**, v.68, n.4, p.587-596, 2019.

GONTIJO NETO, M.M.; VIANA, M.C.M.; ALVARENGA, R.C.; QUEIROZ, L.R.; SIMÕES, E.P.; CAMPANHA, M.M. Integração lavoura-pecuária-floresta em Minas Gerais. In: ALVES, F.V.; LAURA, V.A.; ALMEIDA, R.G. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável**. Brasília: Embrapa, p. 29-44, 2015.

HAHN, G.L. Dynamic Responses of cattle to thermal heat loads. **Journal of Animal Sciences**, v.77, n.2, p.10-20, 1999.

HEMSWORTH, P.H.; BARNETT, J.L.; BEVERIDGE, L. et al. The welfare of extensively managed dairy cattle: a review. **Applied Animal Behaviour Science**, v.42, p.161-182, 1995.

HOPSTER, H.; BLOKHUIS, J.H. Validation of a heart-rate monitor for measuring a stress response in dairy cows. **Canadian Journal Animal Science**, v.74, p.465-474, 1994.

HOPSTER, H.; VAN DERWERF, J.T.N.; BLOKHUIS, H.J. Side preference of dairy cows in the milking parlour and its effects on behaviour and heart rate during milking. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 55, p.213–29, 1998.

KADZERE, C.T.; MURPHY, M.R.; SILANIKOVE, N.; MALTZ, E. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Product Science**, v.77, p.59–91, 2002.

KAMAL, R.; DUTT, T.; PATEL, M.; DEY, A.; CHANDRAN, P. C.; BHARTI, P. K.; BARIRI, S. K. Behavior, biochemical and hormonal responses of heat-stressed crossbred calves to different shade materials. **Journal Applied Animal Ruminant**, v.44, n.1, p.347-354, 2016.

KARVATTE JR, N.; KLOSOWKI, 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**, v.60, p.1-9, 2016.

KASTELIC, J.P.; COULTER, G.H. Scrotal and testicular thermoregulation in the bull and ram. In: **Soc. for Theriogenology–Proc. Annual Meeting**, p.67-72, 1993.

KASTELIC, J.P.; COOK, R.B.; COULTER, G.H. Contribution of scrotum and testes to scrotal and testicular thermoregulation in bulls and rams. **Journal of Reproduction and Fertility**, v.108, p. 81-85, 1996.

KASTELIC, J.P.; COOK, R.B.; COULTER, G.H. Contribution of the scrotum, testes, and testicular artery to scrotal/testicular thermoregulation in bulls at two ambiente temperatures. **Animal Reproduction Science**, v.45, p. 225-261, 1997.

KASTELIC, J.P.; COOK, R. B.; PIERSON, R. A.; COULTER, G. H. Relationships among scrotal and testicular characteristics, sperm production and seminal quality in beef bulls. **Canadian Journal of Veterinary Research**. v. 65, n. 2, p. 111-115. 2001.

KASTELIC, J.P. Understanding and evaluating bovine testes. **Theriogenology**, v. 81, n. 1, p. 18-23, 2014.

KELLY, C.F.; BOND, T.E. **Bioclimatic factors and their measurements**. In: National Academy of Sciences: a guide to environmental research on animals. NAS, Washington; 1971.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v.15, p.259–263, 2006.

KOVÁCS, L.; JURKOVICH, V.; BAKONY, M.; SZENCI, O.; PÓTI, P.; TÖZSÉR, J. Welfare implication of measuring heart rate and heart rate variability in dairy cattle: literature review and conclusions for future research. **Animal**, v.8, n.2, p. 316–330, 2014.

LOPES, L. B.; ECKSTEIN, C.; PINA, D. S.; CARNEVALLI, R. A. The influence of tree on the thermal environment and behaviour of grazing heifers in Brazilian Midwest. **Tropical Animal Health Production**, v. 48, n. 4, p. 755-761, 2016.

LUNSTRA, D.D.; COULTER, G. H. Relationship between scrotal infrared temperature patterns and natural-mating fertility in beef Bulls. **Journal Animal Science**, v.75, p.767-774, 1997.

MARCUZZO, F.F.N.; MELO, D.C.R.; COSTA, H.C. Sazonalidade e distribuição espaço-temporal das chuvas no bioma do cerrado do estado do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira Recurso Hídrico**, v.17, n.1, p.77-86, 2012.

MARLIN, D.J.; SCOTT, C.M.; ROBERTS, C.A.; CASAS, I.; HOLAH, G.; SCHOTER, R.C. Post exercise changes in compartmental body temperature accompanying intermittent cold watercooling in the hyperthermic horse. **Equine Veterinary Journal**, Borough Green, v.30, p.28-34, 1998.

MARTELLO, L.S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; SILVA, S.L.; TITTO, E.A.L. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.181-191, 2004. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000100022>.

MARTINS, J.L.; SILVA, I.J.O.; FAGNANI, M.A.; PIEDADE, S.M. Avaliação da qualidade térmica do sombreamento natural de algumas espécies arbóreas em condição de pastagem. **Engenharia Rural**, v.13, n. único, p. 01-12, 2002.

MELLO, R.C. Puberdade e maturidade sexual em touros bovinos. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v.10, n.3, p.11-28, 2013.

MCMANUS, C.; PRESCOTT, E.; PALUDO, G.R.; BIANCHINI, E.; LOUVANDINI, H.; MARIANTE, A.S. Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds. **Livestock Science**, v. 120, p. 256-264, 2009.

MENEGASSI, S.R.O.; BARCELLOS, J.O.J.; LAMPERT, V.N.; BORGES, J.B.S.; PERIPOLLI, V. Bioeconomic impact of bull breeding soundness examination in cow-calf systems. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.40, p.441–447, 2011.

MENEGASSI, S.R.O.; BARCELLOS, J.O.J.; DIAS, E.A.; KOETZ, C. Jr.; PEREIRA, G.R.; PERIPOLLI, V.; LOPES, F.G. Scrotal infrared digital thermography as a predictor of seasonal effects on sperm traits in Braford bulls. **International Journal of Biometeorology**, v.59, p.357–364, 2015.

METZNER, M.; SAUTER-LOUIS, C.; SEEMUELLER, A.; PETZL, W.; ZERBE, H. Infrared thermography of the udder after experimentally induced *Escherichia coli* mastitis in cows. **The Veterinarian Journal**, v.204, p.360–362, 2015.

MOBERG, G. P.; MENCH, J. A. **The Biology of Animal Stress: basic principles and implications for animal welfare**. New York, CABI, 2000, p.377.

MONTOYA, L.J.; MEDRADO, M.J.S.; MASCHIO, L.M. de A. **Aspectos de arborização de pastagens e viabilidade técnica-econômica da alternativa silvipastoril**. In. Seminário sobre sistemas agroflorestais na região sul do Brasil, **Anais...**, Colombo. Paraná. Embrapa Florestas, 1994, p.157-172.

MOORE, B.C.J. **An Introduction to the Psychology of Hearing**. Brill Academic Publishing, Leiden, Netherlands. 2012.

NICODEMO, M. L. F.; MELOTTO, A. M. 10 anos de pesquisa em sistemas agroflorestais em Mato Grosso do Sul. In: ALVES, F. V.; LAURA, V. A.; ALMEIDA, R. G. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável**. Brasília: Embrapa, 2015. p. 1-28.

OLIVEIRA, C.C d.; ALVES, F.V.; MARTINS, P.G.M.da.; KARVATTE JUNIOR, N.; ALVES, G.F.; ALMEIDA, R.G d.; MASTELARO, A.P.; COSTA E SILVA, E.V. Vaginal temperature as indicative of thermoregulatory response in Nelore heifers under different microclimatic conditions. **Plos One**, v.14, n.10, 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223190>.

OLIVEIRA, C.C d.; ALVES, F.V.; ALMEIDA, R.G d.; GAMARRA, E.L.; VILELA, S.D.J.; MARTINS, P.G.M.dA. Thermal comfort indices assessed in integrated production systems in the Brazilian savannah. **Agroforestry Systems**, 2017, doi: 10.1007/s10457-017-0114-5.

OLIVEIRA, C.C d.; VILELA, S.D.J.; ALMEIDA, R.G d.; ALVES, F.V.; BEHLING-NETO, A.; MARTINS, P.G.M.Da. Performance of Nellore heifers, forage mass, and structural and nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* grass in integrated production systems. **Tropical Animal Health Production**, v.46, p.167-172, 2014.

OSTERBAAN, S.M.M.; VAN DEN HOVEN, R.; BREUKINK, H.J. The accuracy of three different heart-rate meters used for studies in the exercising horse. **Journal of Veterinary Medicine, a Physiology, Pathology, Clinical Medicine**, v.35, p. 665–72, 1988.

PACHALY, J.R. et al. Estresse por captura e contenção em animais selvagens. **A hora veterinária**. Porto Alegre, v.13, n.74, p.47-52, 1993.

PANJOTA, M.H.A.; ESTEVES, S.N.; JACINTO, M.A.C.; PEZZOPANE, J.R.M.; PAZ, C.C.P.; SILVA, J.A.R.D.; LOURENÇO JUNIOR, J.B.; BRANDÃO, F.Z.; MOURA, A.B.B.; ROMANELLO, N.; BOTTA, D.; GARCIA, A.R. Thermoregulation of male sheep of indigenous or exotic breeds in a tropical environment. **Journal of Thermal Biology**, v.69, p.302–310, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.09.002>.

PARANHOS da COSTA, M.J.R. Ambiência na produção de bovinos de corte a pasto. **Anais de Etologia**, v.18, p. 26-42, 2000.

PEREIRA, C.C.J. **Fundamentos de Bioclimatologia Aplicados à Produção Animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ. 2005, p. 195.

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**, v.79, p.103-111, 2019.

PIRES M de F.A. **Manejo nutricional para evitar o estresse calórico**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 52.), 2006, p.4.

REZENDE, E.S.J. **Modelo de detecção de mastite em vacas leiteiras usando termografia infravermelho**. 56p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

RIZZO, M.; ARFUSO, F.; ALBERGHINA, D.; GIUDICE, E.; GIANSELLA, M.; PICCIONE, G. Monitoring changes in body surface temperature associated with treadmill exercise in dogs by use of infrared methodology. **Journal of Thermal Biology**, v.69, p.64–68, 2017.

ROBERTO, J.V.B; DE SOUZA, B.B. Utilização da termografia de infravermelho na medicina veterinária e na produção animal. **Journal of Animal Behavior and Biometeorology**, v.2, n. 3, p. 73-84, 2014.

ROMANELLO, N.; DE BRITO LOURENÇO JUNIOR, J.; BARIONI JUNIOR, W.; BRANDÃO, F.Z.; MARCONDES, C.R.; PEZZOPANE, J.R.M.; PANJOTA, M.H.; BOTTA, D., GIRO, A.; MOURA, A.B.B.; BARRETO, A.; GARCIA, A.R. Thermoregulatory responses and reproductive traits in composite beef bulls raised in a tropical climate. **International Journal of Biometeorology**, v.62, p.1575-1586, 2018. [https://doi: 1199 10.1007/s00484-018-1557-8](https://doi.org/10.1007/s00484-018-1557-8).

ROITMAN, I. Stress ou estresse. **Mednews**, v.13, p. 19-26, 1989.

SALLES, M.S.V.; DA SILVA, S.C.; SALLES, F.A.; ROMA JR., L.C.; FARO, L.E.; LEAN, P.A.B.M.; DE OLIVEIRA, C.E.L.; MARTELLO, L.S. Mapping the body surface temperature of cattle by infrared thermography. **Journal of Thermal Biology**, v.62, p.63-69, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2016.10.003>.

SANDEVILLE JÚNIOR, E. **A divisão natural das paisagens brasileiras**. Paisagem Ambiente Ensaios, 2004, v.18, p.71–98.

SELYE, H. A syndrome produced by diverse nocuous agents. **Nature**, London, v.138, p.32, 1936.

SILVA, J.C.P.M. **Bem-estar do Gado Leiteiro: A importância do conforto térmico para o alto desempenho do gado**. [S.l.]: Editora Aprenda Fácil, 2012, p.125.

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

SILVA, R.G.; GONDIM, A.G. Comparação entre as raças Sindi e Jersey e seus mestiços, relativamente a tolerância ao calor na região Amazônica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V.6, p.37-44, 2007.

SILVA, R.G. **Biofísica Ambiental: Os Animais e seus Ambientes**. FUNEP, Jaboticabal, Brasil, 2008.

SILVA, R.G.; MAIA, A.S.C. **The Environment**. In: [Sl.: s.n]. Principles of animal biometeorology, 2013, p.1-37.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v.67, n.1, p.1-18, 2000.

SCHOLZ, M.; REINHARDT, C.V. Stress in dogs. **Washington: Dogwise Publishing**, p.140. 2007.

SOUZA, A.; PAVÃO, H.G.; LASTORIA, G.; GABAS, S.G.; CAVAZZANA, G.H.; PARANHOS FILHO, A.C. Modelo de Thom para zoneamento bioclimático de Mato Grosso do Sul. **Revista Geografia Norte Grande**, v.46, p.137–147, 2010. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022010000200008>.

SOUZA, C.D.; CHACUR, M.G.M.; RUEDIGER, F.R.; ANDRADE, I.B.; CARTOCCHI, J.S.; BASTOS, G.P.; OBA, E.; RAMOS, A. A. Termorregulação escrotal em touros nelores (*Bos taurus indicus*). **Colloquium Agrariae**, v. 10, p. 101-106, 2014.

SOUZA, C.F.; TINÔCO, I.F.F.; BAÊTA, F.C.; FERREIRA, W.P.M.; SILVA, R.S. Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. **Ciência Agrotecnologia**, v.26, n.1, p.157-164, 2002.

SPRAKER, T. Stress and capture myopathy in artiodactylids. In: FOWLER, M.E. Zoo & wild animal medicine, 3 ed. Philadelphia: W. B. Saunders, p.481-487, 1993.

STEKETEE, J. Spectral emissivity of skin and pericardium. **Physiology Medicine Biology**, v.18, p.686-694, 1973.

STEWART, M.; WEBSTER, J.R.; SCHAEFRE, A.L.; STAFFORD, K.J. Infrared thermography and heart rate variability for non-invasive assessment of animal welfare. **Anzccart News**, v.21, p.1-4, 2008.

SULC, R.M.; TRACY, B.F. Integrated crop-livestock systems in the U.S. corn belt. **Agronomy Journal**, v.99, n.2, p.335-345, 2007.

TRAINEER, P.J.; WOODS, R.J.; KORBONITS, M.; POPOVIC, V.; STEWART, P.M.; LOWRY, P.J.; GROSSMAN, A.B. The pathophysiology of circulating corticotropin-releasing hormone-binding protein levels in the human. **The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, v.83, n.5, p. 1611-1614, 1998.

ULRICH-LAI, Y. M.; HERMAN, J. P. Neural regulation of endocrine and autonomic stress responses. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 10, p. 397-409, 2009.

VAN LEAR, E.; MOONS, C. P. H.; AMPE, B.; SONCK, B.; VANDAELE, L.; CAMPENEERE, S.; TUYTTENS, F. A. M. Effect of summer conditions and shade on behavioral indicators of thermal discomfort in Holstein dairy and Belgian Blue beef cattle on pasture. **Animal**, v.9, n.9, p.1536-1546, 2015.

VIEIRA, M.M.M.; FURTADO, F.M.V.; CÂNDIDO, M.J.D.; BARBOSA FILHO, J.A.D.; CAVALCANTE, A.C.R.; MAGALHÃES, J.A.; COSTA, N.L. Aspectos fisiológicos e bioclimático de caprinos nas regiões semiáridas. **Pubvet**, v.10, n.5, p. 356–369, 2016.

VOLPI, D. **Comportamento ingestivo e conforto térmico de bovinos em sistemas em integração: Avaliação visual e bioacústica**. Curitiba, 2017, 71f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Paraná.

WALLÉN, M.B.; HASSON, D.; THEORELL, T.; CANLON, B.; OSILA, W. Possibilities and limitations of the polar RS800 in measuring heart rate variability at rest. **European Journal Applied Physiology**, v.112, p.1153-1165, 2012.

WEBSTER A. Farm animal welfare: The five freedoms and the free market. **The Veterinary Journal**, v.161, p.229–237, 2001.

THOM, E.C. Cooling degrees: day air-conditioning, heating and ventilating. **Transaction of the American Society of Heating**. v.55, n.7, p.65-72, 1958.

ZHANG, M.; CHEN, L.; XIN, M.; XU, Z.; LI, J. Studies of forecast model of photosynthetic active radiation in sunlight greenhouse in Winter in Panjin. **Agricultural Basic Science and Technology**, v.16, n.2, p.214-217, 2015.