

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE DOUTORADO**

**SISTEMA AGROSSILVIPASTORIL NO CERRADO
BRASILEIRO: AMBIÊNCIA E FISIOLOGIA DE BOVINOS
NELORE**

Caroline Carvalho de Oliveira

CAMPO GRANDE, MS
2017

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE DOUTORADO**

**SISTEMA AGROSSILVIPASTORIL NO CERRADO
BRASILEIRO: AMBIÊNCIA E FISIOLOGIA DE BOVINOS
NELORE**

Agrossilvopastoral system in Brazilian Savannah: ambience and physiology of
Nelore cattle

Caroline Carvalho de Oliveira

**Orientadora: Prof^a. Dr^a. Eliane Vianna da Costa e Silva
Coorientadora: Dr^a. Fabiana Villa Alves**

Tese apresentada à Universidade
Federal de Mato Grosso do Sul, como
requisito final à obtenção do título de
Doutor em Ciência Animal.
Área de concentração: Produção
Animal.

CAMPO GRANDE, MS 2017

Certificado de aprovação

CAROLINE CARVALHO DE OLIVEIRA

Sistema agrosilvipastoril no Cerrado brasileiro: ambiência e fisiologia de bovinos Nelore

Agrosilvipastoril system in the Brazilian Savannah: environment and physiology of Nelore cattle

Tese apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de doutora em Ciência Animal

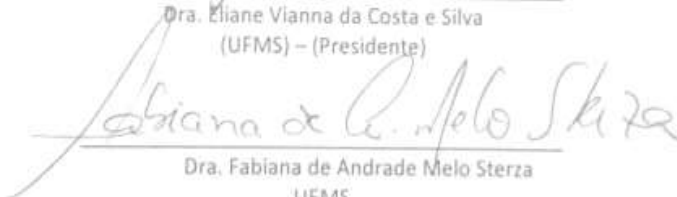
Área de concentração:
Produção Animal.

Aprovado(a) em: 20-09-2017

BANCA EXAMINADORA:



Dra. Eliane Vianna da Costa e Silva
(UFMS) – (Presidente)



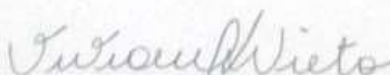
Dra. Fabiana de Andrade Melo Sterza
UEMS



Dr. Roberto Giolo de Almeida
EMBRAPA CNPGC



Dra. Maria Inês Lenz Souza
UFMS



Dra. Viviane Maria Oliveira dos Santos Nieto
UFMS

Dedico

A minha filha e esposo

Gabriela Carvalho Vilela

Leandro Vilela de Oliveira

Aos meus pais,

Mary Lúcia. S. de C. Oliveira

Marcio Alves de Oliveira

Ofereço

Ao meu irmão

Ramon C. de Oliveira

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me manter perseverante durante toda essa jornada.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), pela oportunidade de cursar o Doutorado em Ciência Animal.

À Embrapa Gado de Corte, pela disponibilidade de sua infraestrutura para realização deste trabalho.

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT), pela bolsa de estudo e financiamento do projeto.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do projeto.

À minha família, pelo amor, zelo e confiança em tudo que faço. Amo vocês!

À Dra. Eliane Vianna da Costa e Silva, pela orientação, paciência, motivação e atenção dispensada, meus sinceros agradecimentos.

À Dra. Fabiana Villa Alves, pela coorientação, amizade, incentivo, paciência e exemplo de dedicação profissional.

Aos funcionários da Embrapa Gado de Corte, em especial ao Odivaldo Nantes Goulart e Paulino Gauna Gomes, pela colaboração, dedicação e disponibilidade para que tudo acontecesse dentro do esperado.

Aos doutorandos, mestrandos e estagiários do grupo de pesquisa em ILPF, essenciais para execução do experimento, em especial ao meu amigo-irmão Nivaldo Karvatte Jr. e Camilla Diniz Barreto, que acima de tudo, fazem parte de minha história de vida.

E a todos que, de alguma maneira, fizeram parte desta etapa, serei eternamente grata.

*"O valor das metas futuras não reside na
imagem do futuro que se cria na mente, mas
sim na mudança que elas provocam no
presente"*

David Allen

*“Tudo é permitido, mas nem tudo é oportuno.
Tudo é permitido, mas nem tudo edifica”*

I Coríntios 10:23

Resumo

OLIVEIRA, C.C. de Sistema agrossilvipastoril no cerrado brasileiro: ambiência e fisiologia de bovinos Nelore. 2017. 86 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2017.

A tolerância ao calor em bovinos tem sido cada vez mais utilizada como ferramenta para seleção de raças e até mesmo indivíduos mais adaptados a determinadas regiões, considerando características como capa de pelame e pele e a temperatura corporal interna. Deste modo, objetivou-se avaliar a morfologia do pelame e pele e a variação da temperatura vaginal de fêmeas da raça Nelore mantidas sob diferentes condições ambientais. O estudo foi conduzido, durante dois anos consecutivos, em área experimental localizada a 20°27' de latitude sul, 54°37' de longitude oeste, e 530 m de altitude, Brasil. Foram utilizadas 24 fêmeas Neloeres, criadas em sistemas de integração, com diferentes ofertas de sombra: ILPF-1, 14x2 metros e 357 árvores por hectare, e ILPF-2, 22x2 metros e 227 árvores por hectare; e o sistema controle (CON), composto por pastagem, com cinco árvores nativas do Cerrado (gênero *Gochnatia* e *Dipteryx*) por hectare. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em esquemas de parcelas sub subdivididas, sendo a parcela correspondente a três sistemas de produção, a subparcela à estação do ano e da sub subparcela, aos anos de avaliação, para avaliação morfológica do pelame e pele, e, para a variável temperatura vaginal, a sub subparcela correspondeu às horas do dia. Avaliou-se, na região do pescoço, escápula, dorso e garupa, os seguintes parâmetros morfológicos do pelame e da pele: pigmentação da capa de pelame (PCP) e da pele (PPL), espessura da capa de pelame (EC), comprimento do pelo (CP), diâmetro do pelo (DP) e inclinação dos pelos (IP). A temperatura vaginal foi obtida por meio de termorregistadores programados para registros em intervalos de uma hora, durante 28 dias consecutivos. Para caracterização do microclima, foram coletados dados da temperatura do ar (T_a) e de globo negro (T_{gn}), umidade relativa do ar

(UR), e, calculado o índice de globo negro e umidade (ITGU). As variações observadas nas características de pelame refletem a adaptabilidade da raça Nelore às variações sazonais, e que outros mecanismos de trocas de calor são eficientes, não sendo necessárias modificações estruturais em todas as características de pelame e pele. As diferentes ofertas de sombra influenciaram a pigmentação da capa de pelame e pele, assim como o diâmetro e inclinação do pelo. A oferta de sombra em diferentes graus modificou a temperatura vaginal, a qual demonstrou ser bom indicador de estresse térmico, podendo ser usada como parâmetro de avaliação do mecanismo termorregulador.

Palavras-chave: adaptabilidade; estresse térmico; ITGU; pelame; temperatura vaginal

Abstract

OLIVEIRA, C.C. de Agrossilvipastoral system in Brazilian Savanah: environment and physiology of Nelore cattle. 2017. 86 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2017.

Heat tolerance in cattle has been increasingly used as a tool for the selection of breeds and even individuals more adapted to certain regions, among them the characteristics of the coat and skin and the internal body temperature. The objective of this study was to evaluate the morphology of the coat and skin and the vaginal temperature variation of Nelore females kept under different environmental conditions. The study was conducted, for two consecutive years, in a experimental area located at 20° 27' south latitude, 54° 37' west longitude and 530 m altitude, Brazil. Twenty - four Nelore females, reared in integration systems, with different shade offerings, were used. The experimental design was a randomized block in split splitplots, the plot corresponding to three production systems, the splitplot to the season and the split splitplot, to the evaluation years, for the morphological evaluation of the coat and skin, and, for the vaginal temperature variable, the split splitplot corresponded to the hours of the day. The following coat and skin morphological parameters were evaluated in the neck, scapula, dorsum and croup: pigmentation of the coat (PCP, %) and skin (PPL, %), thickness of the coat (EC, mm), hair length (CP, mm), hair diameter (DP, μ m) and hair inclination (IP, degrees). The vaginal temperature was obtained by thermographs programmed for records at one-hour intervals for 28 consecutive days. For the characterization of the microclimate, data of air temperature (T_a , °C) and black globe (T_{gn} , °C), relative air humidity (RH, %) and black globe and humidity index) were collected. The results of the characteristics of coat inferred that, there is a certain degree of adaptation of Nelore breed to the seasonal variations and those other mechanisms of heat exchanges are efficient, being not necessary structural modifications in all the characteristics of coat and skin. The different shade offerings influenced the pigmentation of the coat and skin, as well as the diameter and inclination of the hair. The supply of shade to varying degrees modifies the vaginal temperature. Moreover, the vaginal temperature proved to be a good indicator of thermal stress, and can be used as a parameter for the evaluation of the thermoregulatory mechanism.

Keywords: adaptability; BGHI; hair coat; thermal stress; vaginal temperature

Lista de ilustrações

Figura 1 Representação esquemática simplificada do processo de termorregulação....	17
Figura 2 Representação esquemática simplificada do centro termorregulador dos animais homeotérmicos.....	18
Figura 3 Normais climatológicas provisórias: umidade relativa do ar (UR, %), precipitação (Precipt, mm), radiação solar global (Rad, W.m ⁻² .dia ⁻¹), temperatura do ar mínima (Tamín, °C), temperatura do ar média (Tamed, °C) e temperatura do ar máxima (Tamax, °C) da região do Bolsão do Estado de Mato Grosso do Sul, entre os anos de 1972 a 2013.....	37
Figura 4 Área experimental da Fazenda Sede da Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil, com sistemas em integração com eucalipto (<i>Eucalyptus grandis</i> x <i>E. urophylla</i> , clone H 13), em ILPF-1 e ILPF-2 e espécies arbóreas nativas dispersas (<i>Gochnatia</i> e <i>Dipteryx</i>) em CON.....	38
Figura 5 Representação esquemática da disposição dos equipamentos nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF-1 e ILPF-2) e controle (CON), alocados sob a projeção da sombra (A) e a pleno sol (B).....	41
Figura 6 Valores médios das variáveis microclimáticas de sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta com diferentes ofertas de sombra.....	48
Figura 7 Normais climatológicas provisórias: umidade relativa do ar (UR, %), precipitação (Precipt, mm), radiação solar global (Rad, W.m ⁻² .dia ⁻¹), temperatura do ar mínima (Tamín, °C), temperatura do ar média (Tamed, °C) e temperatura do ar máxima (Tamax, °C) da região do Bolsão do Estado de Mato Grosso do Sul, entre os anos de 1972 a 2013.....	67
Figura 8 Área experimental da Fazenda Sede da Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil, com sistemas em integração com eucalipto (<i>Eucalyptus grandis</i> x <i>E. urophylla</i> , clone H 13), em ILPF-1 e ILPF-2 e espécies arbóreas nativas dispersas (<i>Gochnatia</i> e <i>Dipteryx</i>) em CON.....	68
Figura 9 Representação esquemática da disposição dos equipamentos nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF-1 e ILPF-2) e controle (CON), alocados a pleno sol (A) e sob a projeção da sombra (B).	70
Figura 10 Temperatura vaginal (Tvag, °C) de novilhas Nelore em função da temperatura de globo negro média (Tgnmed, °C), temperatura de globo negro ao sol (Tgnsol, °C) e temperatura de globo negro à sombra (Tgnsom, °C) de sistemas com diferentes disponibilidade de sombra.	78
Figura 11 Temperatura vaginal (Tvag, °C) de novilhas Nelore em função do índice de temperatura de globo negro e umidade médio (ITGUmed) de sistemas com diferentes disponibilidade de sombra.....	79
Figura 12 Valores médios da interação entre sistema e hora das variáveis temperatura vaginal (Tvag, °C) de novilhas Nelore e da temperatura de globo negro médio (Tgnmed, °C), em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILP-1 e ILPF-2) e sistema controle (CON)	80

Lista de tabelas

Tabela 1 Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as características de pelame em fêmeas Nelore em sistemas de integração com diferentes ofertas de sombra.....	45
Tabela 2 Média e desvio padrão ($\bar{X} \pm \sigma$), e valores mínimo e máximo (mín - máx) das características da capa de pelame e pele de novilhas Nelore, sob diferentes condições de sombreamento.....	50
Tabela 3 Média e desvio padrão ($\bar{X} \pm \sigma$) e valores mínimo e máximo (mín - máx) das características da capa de pelame e pele de novilhas Nelore nas estações de inverno e verão, em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta.....	51
Tabela 4 Média e desvio padrão ($\bar{X} \pm \sigma$) e valores mínimo e máximo (mín - máx) das características da capa de pelame e pele de novilhas Nelore, em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta.....	53
Tabela 5 Média e desvio padrão ($\bar{X} \pm \sigma$) e valores mínimo e máximo (mín - máx) das características da capa de pelame e pele de novilhas Nelore, nas estações do ano inverno e verão, em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta.....	55
Tabela 6 Média e desvio padrão ($\bar{X} \pm \sigma$) e valor mínimo e máximo (mín - máx) das características da capa de pelame e pele de novilhas Nelore, em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta.....	58
Tabela 7 Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre a temperatura vaginal – Tvag (°C), de novilhas Nelore, com as estações do ano, horas do dia, desempenho animal, e elementos climáticos em sistemas com diferentes ofertas de sombra.....	75
Tabela 8 Matriz de correlação das variáveis sistema, estações do ano, horas do dia, desempenho animal de novilhas Nelore e elementos climáticos de sistemas com diferentes ofertas de sombra.....	76
Tabela 9 Coeficientes de regressão parcial e respectivos desvios padrão de uma função linear para a temperatura vaginal de novilhas Nelore em sistemas com diferentes ofertas de sombra.....	77
Tabela 10 Valores médios, da interação entre sistema e estação, de variáveis de desempenho e fisiológica de fêmeas Nelore em sistemas com diferentes ofertas de sombra.....	81

Lista de abreviaturas e siglas

CON	- Controle
CP	- Comprimento do pelo
dor	- Dorso
DP	- Diâmetro do pelo
EC	- Espessura da capa de pelame
esc	- Escápula
gar	- Garupa
IP	- Ângulo de inclinação dos pelos
ILPF-1	- Integração lavoura-pecuária-floresta 1
ILPF-2	- Integração lavoura-pecuária-floresta 2
ITGU	- Índice de temperatura de globo negro e umidade
pes	- Pescoço
PPL	- Pigmentação da pele
PCP	- Pigmentação da capa de pelame
Ta	- Temperatura do ar
TCI	- Temperatura crítica inferior
TCS	- Temperatura crítica superior
Tgn	- Temperatura de globo negro
Tpo	- Temperatura de ponto de orvalho
Tvag	- Temperatura vaginal
UR	- Umidade relativa
ZTN	- Zona de termoneutralidade

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1.1.	O ambiente e o animal	16
2.1.2.	Homeotermia, termorregulação e estresse térmico	17
2.1.3.	Mecanismo de troca de calor entre animal e ambiente	20
2.1.4.	Características de pelame.....	22
2.1.5.	Avaliação do conforto térmico do ambiente produtivo	23
2.1.6.	Sistemas de integração	24
	REFERÊNCIAS	27
	ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS DE PELAME E PELE EM BOVINOS NELORE SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE SOMBREAMENTO	33
	RESUMO	33
	Material e métodos	36
	<i>Localização</i>	36
	<i>Área experimental</i>	37
	<i>Animais</i>	39
	<i>Delineamento experimental</i>	39
	<i>Parâmetros microclimáticos e índices de conforto térmico</i>	40
	<i>Parâmetros morfológicos de pelame</i>	42
	<i>Análise estatística</i>	43
	Resultados e Discussão.....	43
	Agradecimentos	59
	Referências	59
	TEMPERATURA VAGINAL COMO INDICATIVO DE ESTRESSE TÉRMICO EM FÊMEAS NELORE SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE SOMBREAMENTO	64
	RESUMO	64
	Material e métodos	66
	<i>Localização</i>	66
	<i>Área experimental</i>	67
	<i>Animais</i>	69
	<i>Delineamento experimental</i>	69
	<i>Parâmetros microclimáticos e índices de conforto térmico</i>	69
	<i>Temperatura vaginal</i>	71
	<i>Análise estatística</i>	72
	Resultados.....	74
	Discussão	81
	Agradecimentos	85
	Referências	85

1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa posição de destaque no cenário mundial da pecuária de corte, sendo o primeiro país em produção e exportação de carne bovina e o segundo em população de animais, atrás apenas da Índia (USDA, 2014). Com dois terços do rebanho localizado em zona intertropical (FERRAZ e FELICIO, 2010), o efeito do estresse térmico destaca-se como um dos entraves nos índices produtivos, tornando-se ponto chave na eficiência da exploração pecuária, em especial para a bovinocultura brasileira, que se encontra sob temperaturas predominantemente elevadas e alta radiação solar (AZEVEDO et al., 2005).

No caso de bovinos produzidos em sistemas extensivos ou intensivos, no Brasil, os fatores ambientais mostram relação direta com o desempenho animal. Sendo, portanto, a temperatura do ar, radiação solar e umidade relativa os elementos climáticos que atuam como os principais causadores de estresse térmico na bovinocultura (MEDEIROS e VIEIRA, 1997; SILVA, 2000). Assim, o conjunto de variáveis ambientais pode ser utilizado para quantificar quanto o ambiente produtivo é termicamente estressante (SARTORI et al., 2001).

De fato, o animal necessita de condições mínimas favoráveis para responder em termos produtivos e reprodutivos, pois percebe alterações climáticas mínimas, acionando os mecanismos de ajuste, de modo a reduzir possíveis efeitos ocasionados pelo desconforto térmico. Os bovinos são animais homeotérmicos, capazes de responder às modificações do ambiente térmico. Porém, para sustentar a homeostase orgânica, os bovinos necessitam acionar mecanismos fisiológicos ou funcionais e comportamentais, para favorecer a dissipação de calor e minimizar o comprometimento de algumas funções do organismo (MCDOWELL, 1972). Assim, a produtividade animal depende, diretamente, da habilidade do animal em perder calor corporal de maneira eficiente, sob condições climáticas de estresse por calor (SANTOS et al., 2005).

Os bovinos zebuínos apresentam zona de conforto térmico entre 10° e 27°C (FERREIRA, 2005), sendo que, dentro dessa condição, o animal não necessita nenhum esforço de forma a perder ou ganhar energia térmica. Porém, temperaturas acima desta faixa acionam mecanismos termorreguladores, como resposta no ritmo respiratório e evapotranspiração. Acima de 35°C, os mecanismos de compensação começam a falhar, acarretando aumento da temperatura retal e declínio na ingestão de alimentos e, conseqüentemente, queda na produção de leite e peso corporal (BRODY, 1956). Sob condições extremas, com temperatura do ar acima de 40°C, o consumo alimentar de zebuínos decai em torno de 40% (MALOIY et al., 2008). A ação de outros mecanismos termorreguladores também respondem a períodos prolongados de calor excessivo, como as modificações nos componentes sanguíneos (ALBRIGHT, 1993).

A habilidade dos animais em resistir às altas temperaturas é também proporcional à sua capacidade de eliminar o calor corporal, e o tipo do pelame é um fator determinante no controle da temperatura corporal (PRAYAGA, 2003). Para bovinos em regiões tropicais é ideal que apresentem uma capa de pelame branco, com pelos bem assentados sobre a epiderme altamente pigmentada. A transferência de calor depende do número de pelos por unidade de área, do ângulo de inclinação dos pelos e, quanto mais grossos, curtos e menos densos forem os mesmos, maior a quantidade de energia térmica conduzida através da capa (SILVA, 2008).

Contudo, diversas são as características utilizadas como indicativo da condição de conforto térmico, tanto no animal quanto no ambiente. Dentre os quais, para os animais, destacam-se vasodilatação e vasoconstrição, perfis hematológico, bioquímico e hormonal, sudorese, temperatura corporal (retal, timpânica e vaginal), frequências cardíaca e respiratória, como resposta do organismo animal ao agente estressor (IRIADAM, 2007) e os

índices de conforto térmico, que têm por finalidade predizer se determinada condição ambiental tem efeito sobre o organismo animal.

Sistemas de produção que, de algum modo, promovem modificações ambientais que minimizam a resposta ao estresse térmico podem favorecer o controle homeotérmico animal e, conseqüentemente, melhorar o seu desempenho (SILVA JR., 2001; TITTO, 2006; GLASER, 2008). Uma das alternativas disponíveis é a oferta de sombra, natural ou artificial, capaz de reduzir a carga de calor radiante, em climas quentes, em mais de 30% (BLACKSHAW & BLACKSHAW, 1994). Assim, a presença do componente arbóreo em sistemas pecuários seria capaz de proporcionar um microclima mais favorável aos animais e reduzir o efeito do estresse térmico, com potencial melhoria dos índices produtivos (OLIVEIRA et al., 2014). Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) com eucalipto como componente arbóreo, apresentam menor temperatura e velocidade do vento, e maior umidade relativa do ar, em relação aos sistemas integrados sem árvores, indicando melhores condições microclimáticas para bovinos a campo (OLIVEIRA et al., 2014).

Abordagens sobre tolerância ao calor em bovino tem sido cada vez mais utilizadas como ferramenta para seleção de raças e, até mesmo, indivíduos mais adaptados a determinadas regiões. No entanto, há escassez de trabalhos abordando as relações existentes entre os mecanismos de controle térmico em bovinos da raça Nelore, principal raça utilizada nos sistemas extensivos de criação no Brasil, e o ambiente. Isto evidencia a necessidade de esclarecer essas relações, uma vez que a adaptação não está ligada somente à raça, mas ao sexo, categoria animal e as características intrínsecas ao próprio indivíduo. Deste modo, objetivou-se avaliar a morfologia do pelame e pele e o perfil de variação da temperatura vaginal de fêmeas bovinas da raça Nelore sob efeito de diferentes condições de sombreamento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1.1. O ambiente e o animal

Dentre os efeitos do clima, o estresse térmico destaca-se como um fator importante na eficiência da exploração pecuária. Uma das questões mais importantes na relação entre o ambiente e os bovinos é a troca de energia térmica (SILVA, 2008). Nas regiões tropicais, essa condição é ainda mais acentuada, com destaque para a bovinocultura no Brasil, que está sob efeito de temperaturas predominantemente elevadas e alta radiação solar (AZEVEDO et al., 2005).

Para bovinos em situação de estresse térmico, são conhecidos três mecanismos que atuam em resposta ao desconforto térmico a fim de controlar a temperatura corporal: comportamentais (por exemplo, busca por proteção à radiação solar direta), autônomos (por exemplo, funções orgânicas e adaptativas (características de pele e pelame)). Desta forma, a interação entre os elementos ambientais e os mecanismos termorreguladores é essencial para determinar a eficiência dos processos de troca de calor entre o animal e o ambiente (SILVA, 2000).

Um ambiente é considerado termicamente confortável quando o organismo encontra-se em equilíbrio térmico. Neste sentido, todos os processos metabólicos estão direcionados às funções produtivas e reprodutivas (PIRES et al., 2015). Sob elevadas temperaturas, quando a produção excede a dissipação de calor corporal, observa-se, em bovinos, a inibição dos processos endógenos, como menor incremento calórico proveniente da alimentação, metabolismo basal e enérgico e, em paralelo, aumento nos ritmos cardíaco e respiratório e na taxa de sudação (MAIA et al., 2003).

Em sistemas de criação a pasto, em que os animais encontram-se sob incidência de radiação solar direta e elevadas temperaturas, o uso de sombreamento tem sido utilizado como

alternativa para reduzir os efeitos do estresse térmico por calor sobre o organismo animal (OLIVEIRA et al., 2017).

2.1.2. Homeotermia, termorregulação e estresse térmico

Os bovinos são considerados animais homeotérmicos pela capacidade de manter, dentro de um limite estreito, sua temperatura interna, através de mecanismos de perda ou ganho de calor corporal (SILVA, 2000). Para expressarem seu potencial genético máximo, é necessário que a temperatura corporal interna esteja dentro de um limite estreito e, ainda que a temperatura do ar corresponda a faixa conhecida como zona de termoneutralidade (Figura 1)

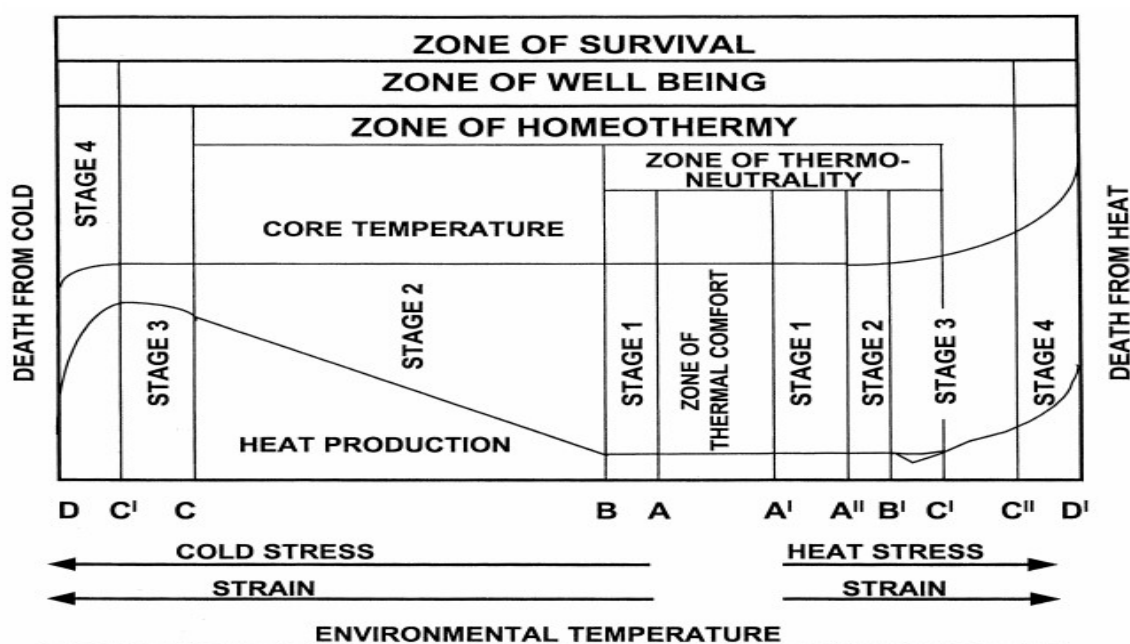


Figura 1. Representação esquemática simplificada do processo de termorregulação (SILANIKOVE, 2000)

A zona de termoneutralidade (ZTN) corresponde aos limites de temperatura do ar entre os quais o animal encontra-se em homeostase, sem a necessidade de uso de mecanismos termorreguladores para se arrefecerem ou aquecerem, apresentando taxa metabólica mínima

(BAÊTA e SOUZA, 1997; PEREIRA, 2005; SOUZA JR, 2008; AVENDAÑO-REYES, 2012). O intervalo de temperatura correspondente à zona termoneutra é dependente da espécie, raça, grau de aclimação, idade do animal, nível de produção, características tissulares e de pelagem e ao comportamento animal. As temperaturas que delimitam a ZTN são denominadas temperatura crítica inferior (TCI) e superior (TCS) (SILVA et al., 2003). Para um organismo mantido em ambiente com temperatura do ar abaixo da TCI, dá-se início à termogênese (produção de calor). Já para temperaturas acima da TCS, com o intuito de perder calor, ocorre a termólise. Em zebuínos, a ZTN limita-se entre 10 a 27°C (FERREIRA, 2005) e a temperatura crítica superior (TCS) correspondente é 35 °C (BAÊTA e SOUZA, 2010). Em temperatura do ar acima da ZTN, os mecanismos de troca de calor começam a falhar e o organismo já não consegue controlar a elevação da temperatura interna (SILVA, 2000).

A temperatura corporal fisiológica de homeotermos está sob controle do centro termorregulador (Figura 2), situado no eixo hipotalâmico hipofisário, que recebe informações do sistema nervoso central por células termorreceptoras periféricas capazes de detectar exposição corporal ao frio e calor (SILVA et al., 1988), controlada pelo equilíbrio entre o calor produzido pelo seu metabolismo, e o calor ganho ou perdido para o ambiente externo.

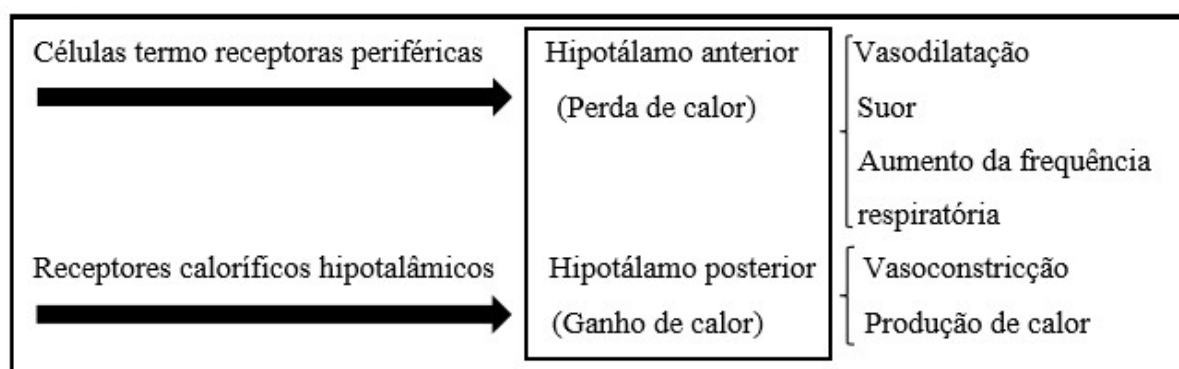


Figura 2. Representação esquemática simplificada do Centro termorregulador dos animais homeotérmicos (HAFEZ, 1973)

As principais formas de ganho de calor em homeotermos ocorrem através da produção de calor metabólico e do calor adquirido do ambiente. A primeira, é resultado do somatório das funções basais, manutenção, atividade e produção (GAUGHAN et al., 2009). Quando um organismo encontra-se em desequilíbrio entre o calor produzido pelo seu metabolismo, e o calor ganho ou perdido para o ambiente externo, o primeiro dos três mecanismos acionados é o autônomo.

O mecanismo autônomo, sob condição de estresse por calor, envolve duas formas de eliminação de calor corporal: termólise evaporativa (calor latente) e não evaporativa (calor sensível), sendo esta última dependente da existência de um gradiente de temperatura entre o animal e o ambiente (SILVA, 2000). Em condições de conforto térmico, o equilíbrio do calor corporal se dá, principalmente, por meios não evaporativos, representando cerca de 75% do calor total perdido (DALCIN, 2013).

A primeira função fisiológica de termorregulação, observada em resposta ao estresse térmico, é a modificação da circulação sanguínea no organismo (SILVA, 2000). Em condições de estresse térmico por calor, a vasodilatação periférica, que consiste do aumento do fluxo sanguíneo em direção à superfície cutânea, tem como função facilitar a dissipação de calor por mecanismos não evaporativos (convecção, condução e radiação). Uma vez que este mecanismo se torna insuficiente no controle da temperatura corporal interna, aumenta-se a termólise evaporativa por meio da taquipneia e sudorese (SOUZA et al., 2008). A ação de outros mecanismos termorreguladores também responde a períodos prolongados de calor excessivo, como as modificações dos níveis hormonais, em especial os hormônios tireoideanos e cortisol, e o comportamental, como por exemplo a diminuição das atividades nas horas mais quentes do dia (ALBRIGHT, 1993).

2.1.3. Mecanismo de troca de calor entre animal e ambiente

As formas em que o animal troca calor com o ambiente podem ser divididas em dois grupos: troca de calor latente e troca de calor sensível.

Troca de calor sensível

O calor sensível consiste da energia requerida por uma determinada região para alterar sua temperatura, sem que ocorra mudança de seu estado físico. A troca de calor sensível ocorre por três mecanismos: radiação, condução e convecção.

A radiação é a transferência de energia térmica entre os corpos por meio de ondas eletromagnéticas, sem que haja contato direto. Todo objeto físico, em temperatura acima do zero absoluto é capaz de emitir radiação (SILVA, 2000). A radiação é transferida do corpo mais quente para o mais frio. Porém, a quantidade de radiação absorvida é dependente também da coloração e textura do corpo (KADZERE et al., 2002). Em bovinos, a energia térmica recebida em seu corpo, é proveniente da radiação de todos os objetos circundantes, incluindo-se atmosfera, solo, árvores, animais, entre outros. Sua absorção, no entanto, é dependente da pigmentação do pelo, onde pelos mais escuros absorvem mais calor que pelos mais brancos (SILVA, 2008).

A condução é caracterizada pelo deslocamento de energia através da massa de um corpo, ou entre dois corpos em contato direto (KADZERE et al., 2002). Ocorre em materiais sólidos, líquidos e gasosos, sendo dependente de gradiente térmico e influenciada pela condutância do meio e a superfície de contato (SCHMIDT-NIELSEN, 1964). Nos bovinos, a condução ocorre entre o organismo e superfícies sólidas ou líquidas.

A transferência de calor através do deslocamento de fluidos líquidos ou gasosos, os quais absorvem a energia em um ponto e transportam a outro ponto, é chamada de convecção. Um exemplo de troca de calor por convecção é o ar envolto a um corpo. Sendo a temperatura

do corpo maior que a do ar, ocorrerá uma transferência de calor para o ar, que passa a ficar mais aquecido. Ao contrário, se o corpo estiver mais quente, o calor será transferido para o ar, até que as temperaturas de ambos sejam iguais (SILANIKOVE, 2000). Em bovinos, a convecção pode ser observada quando o sangue é transportado até a superfície e por ocasião da passagem de massas de ar pela respiração, ocorrendo a troca de calor, no trato respiratório, entre o animal e o meio (PEREIRA, 2004) e, em maior proporção, entre o ar e a capa de pelame (SILVA, 2000). Neste último, a velocidade do vento e a área de exposição ao ar influenciam as trocas térmicas. Ventos mais fortes tendem a retirar maior quantidade de calor da superfície, do mesmo modo, ocorre com maior exposição da superfície corporal (AGGRAWAL e UPADHYAY, 2013).

À medida que a temperatura interna dos bovinos se aproxima da temperatura ambiente, os mecanismos de troca de calor sensível começam a falhar, e, assim, os mecanismos de troca de calor latente passam a assumir importante papel (MAIA et al., 2005).

Troca de calor latente

O calor latente é a quantidade de energia necessária para que o corpo sofra alteração de seu estado físico, em temperatura e pressão constantes (SILVA, 2008), seja por absorção ou liberação, passando do estado sólido para o líquido, ou líquido para o gasoso, não necessitando de um gradiente térmico. A troca de calor latente em bovinos é observada no processo respiratório e na evaporação cutânea através do processo de sudção (BARNES et al., 2004). Estima-se que cerca de 80% da perda de calor por evaporação ocorra através da sudção (ROBERTSHAW, 1985 citado por BARNES et al., 2004), porém a eficiência em perder calor é influenciada pela umidade do ar, sendo que, umidade relativa muito baixa tende a intensificar a evaporação, enquanto a umidade muito alta dificulta a evaporação (PEREIRA, 2005).

2.1.4. Características de pelame

Como a habilidade dos animais em resistir a altas temperaturas é proporcional à sua capacidade de eliminar o calor corporal, deve-se levar em conta, as características ligadas à epiderme e capa externa do animal.

Em mamíferos, a pele representa a maior barreira natural entre o organismo e o ambiente externo. Sua estrutura é constituída por duas camadas, denominadas epiderme e derme, e seus anexos (glândulas e folículos pilosos). Características da epiderme, como sua coloração e a constituição anatômica das glândulas sudoríparas, se destacam na eficiência de troca de calor com o ambiente (SILVA, 2000). Possui, ainda, as células produtoras de queratina e melanina, promovendo maior resistência, impermeabilidade e filtragem de raios ultravioletas, respectivamente (FERREIRA, 2010).

O pelame apresenta papel importante nas trocas térmicas entre o meio e o organismo (PRAYAGA, 2003). O número de pelos por unidade de área, ângulo de inclinação dos pelos em relação à epiderme, diâmetro e comprimento são fatores determinantes na transferência térmica e controle da temperatura corporal (SOUZA JÚNIOR, 2008). O tipo de pelame confere menor ou maior adaptação dos animais ao meio, considerando os aspectos de: isolamento térmico, efeito do pelame na termólise na troca de calor sensível; eficiência da termólise evaporativa, de acordo com o efeito do pelame sobre a transferência de calor latente por evaporação cutânea; atributos termorreguladores correlacionados, associados aos mecanismos termorreguladores, como características do pelame e nível de atividade das glândulas sudoríparas; e, atributos não termorreguladores, por exemplo, associados ao tipo de pelame com produção e ganho de peso (SILVA, 2000).

A estrutura da pele em associação com as características de pelame, tem motivado pesquisas em bovinos, que buscam entender melhor suas influências sobre a termorregulação (SILVA, 2008). Para a bovinocultura tropical em regime de pastagem tem sido indicado a

seleção de animais com pelame claro, curto e assentado sob uma epiderme altamente pigmentada (SILVA, 2000).

2.1.5. Avaliação do conforto térmico do ambiente produtivo

O ambiente no qual os animais de produção são criados, exercem efeitos proeminentes, em diferentes graus, em seu bem-estar. Os componentes climáticos são considerados fatores regulador e limitador da produtividade bovina (PEREIRA, 2005).

Um dos principais elementos meteorológicos determinantes para o conforto térmico e funcionamento geral dos processos fisiológicos é a temperatura. Ela envolve a superfície corporal dos animais, o que pode influenciar diretamente a velocidade das reações no organismo, afetando, assim, a produção animal (NAZARENO, 2008). A faixa de conforto térmico é variável de acordo com a espécie, genética, idade, peso e tamanho corporal, estado fisiológico, dieta alimentar, exposição prévia ao calor (aclimatação), variação da temperatura de bulbo seco (TBS), umidade relativa do ar (UR), velocidade do vento (Vv) e radiação incidente no ambiente (CURTIS, 1983).

A umidade do ar é o termo utilizado para descrever a quantidade de vapor de água contido na atmosfera, sem fazer referência a outros estados da água, seja na forma líquida ou sólida (MARIN et al., 2008). Seu teor varia conforme a região, estação do ano, altitude, etc. A baixa umidade do ar causa desidratação e irritação na pele e mucosas, predispondo o animal à várias alterações clínicas (STARLING et al., 2002), e, em condições de umidade alta, ocorre uma diminuição da perda de calor corporal para o meio, comprometendo o equilíbrio térmico (SILVA, 2000).

A maior parte da incidência solar direta é proveniente da radiação solar, e representa a principal fonte de calor adquirida pelos animais através do ambiente. Uma alternativa para evitar o estresse térmico causado pela radiação solar é o uso do sombreamento, que diminui a incidência de radiação sobre o animal, beneficiando o conforto térmico e favorecendo a

homeotermia (GLASER, 2008). A prática de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta tem demonstrado melhorias no conforto térmico, através da sombra natural proporcionada pelas árvores e menor variação no microclima local (PIRES et al., 2015).

Sabendo-se da estreita relação entre a termorregulação e o ambiente térmico, a avaliação em conjunto desses elementos pode ser utilizada para prever a condição ambiental a que a criação animal está sendo submetida (SARTORI et al., 2001).

Buffington et al. (1981) propuseram o índice de temperatura e umidade (ITGU), usando a temperatura de globo negro, em substituição à temperatura de bulbo seco e à temperatura de ponto de orvalho, expressando o índice pela seguinte equação:

$$ITGU = t_{gn} + 0,36t_{po} - 330,08$$

Em que:

t_{gn} = temperatura de globo negro (°C)

t_{po} = temperatura de ponto de orvalho (°C)

O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) é o indicador mais acurado para mensurar o conforto dos animais sob condições moderadas a severas de estresse pelo calor (BACCARI JR., 2001). Embora este índice seja aplicado em quase todos os sistemas de produção, os limites classificatórios de condição ou não de conforto, ainda não foram totalmente definidos, principalmente pelas diferentes características entre as espécies, raça, categoria animal e, até mesmo, à variação entre indivíduos.

2.1.6. Sistemas de integração

A prática de integrar a produção de culturas de importância econômica com as pastagens para a produção animal surgiu como uma forma alternativa de baixo custo, de recuperar pastagens degradadas no final do século XX e seu uso, atualmente, tem-se

intensificado ainda mais, devido à grande preocupação com o ambiente e os custos da atividade pecuária e agrícola, que necessitam de sistemas de produção mais econômicos e sustentáveis (NASCIMENTO e CARVALHO, 2011).

Dentre os benefícios que a integração fornece à pecuária estão o aproveitamento dos resíduos de adubação deixados pelas lavouras, levando a produção de forrageira de melhor qualidade, recuperação da produtividade e menor custo na implantação de uma pastagem, aumento na produção de carne e leite e maior ganho de peso animal, tanto no período de chuva, como na estação seca, em que as pastagens encontram-se com baixa disponibilidade e qualidade (BRASIL, 2007). Porém, vale ressaltar que existem variações expressivas no ganho de peso vivo por área e velocidade de acabamento de carcaça em pastagens anuais de inverno, visto que o desempenho animal está intimamente ligado a todos os fatores que influenciam a produção forrageira, o consumo animal da massa vegetal produzida e a conversão da massa verde em carne (SOARES e RESTLE, 2002).

A integração lavoura-pecuária (ILP) tem, como finalidade, a produção de culturas anuais e a produção de forragem para pecuária de corte e leite a pasto (COBUCCI *et al.*, 2001), proporcionando benefícios biológicos e econômicos, quando comparados a sistemas que apresentam apenas um tipo de produção, animal ou vegetal (SULC e TRACY, 2007).

Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) são aqueles que apresentam um componente arbóreo ou arbustivo, associado com cultivos agrícolas e estabelecimento de pastagem para criação animal. Esse sistema possibilita a recuperação de áreas degradadas, através da intensificação do uso da terra, permitindo maior produção de forma sustentável. Além da produção de grãos e forragens, diversifica ainda mais as atividades econômicas rurais, com a inserção do componente florestal, podendo produzir a madeira ou a energia (TRECENTI *et al.*, 2008).

O ILPF promove vários benefícios ao solo, como melhor ciclagem de nutrientes a médio e longo prazo aumentando e conservando o teor de matéria orgânica. Outro benefício do sistema é o sombreamento das árvores, que proporcionam um microclima local, importante para melhorar a atividade e fertilidade do solo (CRUZ *et al.*, 1999) e a qualidade nutricional de algumas plantas forrageiras (CARVALHO *et al.*, 2002). Além do benefício ao solo e a pastagem, o sistema ainda apresenta o sombreamento, contribuindo para o bem-estar animal (MARTINS, 2001). Essas árvores, distribuídas adequadamente no pasto, ainda podem favorecer o conforto térmico dos animais devido à sombra natural e a formação de um microclima local pouco variável (PIRES *et al.*, 2000). A disponibilidade de sombra beneficia os animais de produção criados a campo, com pequena ou nenhuma alteração de suas condições fisiológicas frente a condições de estresse térmico, e ainda, influenciam no comportamento animal de consumo, ócio, ruminação, entre outros com conseqüente melhorias no desempenho produtivo, seja voltado para produção de carne ou leite (TITTO *et al.*, 2008).

REFERÊNCIAS

- AGGRAWAL, A.; UPADHYAY, R. (Eds), **Heat Stress and Animal Productivity**. India: Springer, 2013. 183p.
- ALBRIGHT, J. L. Nutrition, feeding and calves: feeding behavior of dairy cattle. **Journal of Dairy Sci**, v.76, p.485-498, 1993.
- AVENDAÑO-REYES, L. Heat stress management for milk production in arid zones. In: CHAIYABUTR, N. (Ed.) **Milk production – An up-to-date overview of animal nutrition, management and health body**. Baja California: InTech, 2012.
- 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. **Rev Bras Zootec**, v.34, n.6, p.2000-2008, 2005.
- BACCARI JUNIOR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: EDUEL, 2001. 142p.
- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: UFV, 1997. 246p.
- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: UFV, 2010. 269p.
- BARNES, A.; BEATYY, D.; TAYLOR, E.; STOCKMAN, C.; MALONEY, S.; MCCARTHY, M. **Physiology of heat stress in cattle and sheep**. Australia: Live Export, 2004. 35p.
- BLACKSHAW, J.K.; BLACKSHAW, A.W. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. **Aus J Exp Agr**, v.34, n.2, p.285-295, 1994.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento **Boletim técnico – integração lavoura pecuária**. 37p. Embrapa. 2007.

- BRODY, S. Climatic physiology of cattle. **Journal of Dairy Sci**, v.39, p.715-725, 1956.
- BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D.; THATCHER, W.W.; COLLIER, R.J. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Trans Am Soc Agric Eng** v.24, p.711–714, 1981.
- COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Sistema Santa Fé: produção de forragem na entressafra. In: Workshop internacional programa de integração lavoura pecuária para o desenvolvimento sustentável das savanas tropicais sul-americanas, 2001, Santo Antônio de Goiás. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. p.125-135.
- CURTIS, S.E. **Environmental management in animal agriculture**. Ames: The Iowa State University, 1983. 409p.
- DALCIN, V.C. **Parâmetros fisiológicos em bovinos leiteiros submetidos a estresse térmico**. 2013. 49p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- FERRAZ, J.B.S.; FELÍCIO, P.E. Production systems: an example from Brazil. **Meat Science** v.84, p.238-243, 2010.
- FERREIRA, R. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2005. 371p.
- FERREIRA, L. C. B. **Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos submetidos a diferentes ofertas de sombra**. 2010. 89p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- GAUGHAN, J.; LACETERA, N.; VALTORTA, S.E.; KHALIFA, H.H; HAHN, L.; MADER, T. Response of domestic animals to climate challenges. In: EBI, K. L.; BURTON, I.; MCGREGOR, G. (Eds.) **Biometeorology for adaptation to climate variability and change**. Springer Science. p.131–170, 2009.

- GLASER, F.D (2008) **Aspectos comportamentais de bovinos das raças Angus, Caracu e Nelore a pasto frente à disponibilidade de recursos de sombra e água para imersão**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga.
- HAFEZ, E.S.E. Adaptacion de los animales domésticos. Barcelona: Labor, 1973. 563p.
- IRIDIAN, M. Variation in certain hematological and biochemical parameters during the peri-partum period in kilis does. **Small Ruminant Research**, v.73, p.54–57, 2007.
- KADZERE, C.T.; MURPHY, M.R.; SILANIKOVE, N.; MALTZ, E. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Liv Product Scien**, v.77, p.59–91, 2002.
- MAIA A.S.C.; SILVA, R.G.; BERTIPAGLIA, E.C.A. Características do pelame de vacas Holandesas em ambiente Tropical: Um estudo genético adaptativo. **Rev Bras de Zootec**, v.32, n.4, p.843-853, 2003.
- MAIA, A.S.C.; SILVA, R.G.; BERTIPAGLIA, E.C.A.; MUÑOZ, M.C. Genetic variation of the hair coat properties and the milk yield of Holstein-Friesian cows managed under shade in a tropical environment. **Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.**, v.43, n.3, p.180–187, 2005.
- MALOIY, G.M.O.; KANUI, T.I.; TOWETT, P.K.; WAMBUGU, S.N.; MIARON, J.O.; WANYOIKE, M.M. Effects of dehydration and heat stress on feed intake and dry matter digestibility in East African ruminants. **Comp. Biochem. Physiol**, v.151, p.185-190, 2008.
- MARIN, F.R.; ASSAD, E.D.; PILAU, F.G. **Clima e Ambiente – Introdução à Climatologia para as Ciências Ambientais**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2008. 126p.
- MCDOWELL, R.G. **Bases biológicas de la producción animal em zonas tropicales**. Zaragoza: Acríbia, 1972. 692p.

- MEDEIROS, L.F.D.; VIEIRA, D.H. **Bioclimatologia animal**. Rio de Janeiro: UFRRJ, 1997. 23p.
- NASCIMENTO, R.S.; CARVALHO, N.L. Integração lavoura-pecuária. **Monografias ambientais**, v.4, p.828-847, 2011.
- NAZARENO, A.C. (2008) **Influência de diferentes sistemas de criação na produção de frangos de corte industrial com ênfase no bem-estar animal**. Dissertação (Mestrado em Eng. Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRP), Recife.
- PRAYAGA, K.C. Evaluation of beef cattle genotypes and estimation of direct and maternal genetic effects in a tropical environment. 1. Growth traits. **Aust. J. Agric. Res.** v.54, p.1013–1025, 2003.
- PEREIRA, A.M.F. (2004) **Adaptação ao ambiente geofísico mediterrânico de bovinos nativos e exóticos – tolerância ao calor**. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade de Évora, Évora.
- PEREIRA, C.C.J. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005. 195p.
- PIRES, M. de F.A.; PACIULLO, D.S. Bem-estar animal em Sistemas Integrados. In: Alves FV, Laura VA, Almeida RG. **Sistemas Agroflorestais: A agropecuária sustentável**. Brasília: Embrapa, 2015. p.273-287.
- SANTOS, S.A.; McMANUS, C.; SOUZA, G.S.; SORIANO, B.M.A.; SILVA, R.A.M.S.; COMASTRI FILHO, J.A.; ABREU, U.G.P.; GARCIA, J.B. Variações da temperatura corporal e da pele de vacas e bezerros das raças Pantaneira e Nelore no Pantanal. **Arch. Zoot.** v.54, p.237-244, 2005.

- SARTORI, J.R.; GONZALES, E.; DAL PAI, V. Effect of Environmental Temperature and Feed Restriction on the Performance and Composition of the Skeletal Muscle Fibers in Broilers. **R. Bras. Zootec.**, v.30, n.6, p.1779-1790, 2001.
- SCHMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia Animal - Adaptação e Meio Ambiente**. São Paulo: Livraria Santos Editora, 2002. 624p.
- SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Lives Prod Sci**, v.67, n.1, p.1-18, 2000.
- SILVA JÚNIOR, J.L.C. (2001) **Zoneamento da Região Sudeste do Brasil, utilizando o índice de temperatura e umidade, para o gado leiteiro**. Tese (Doutorado). - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- SILVA, R.G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286p.
- SILVA, R.G. **Biofísica ambiental. Os animais e seu ambiente**. Jaboticabal: Funep, 2008. 393p.
- SILVA, R.G.; ARANTES-NETO, J.G.; HELTZ FILHO, S.V. Genetic aspects of the variation of the sweating rate and coat characteristics of Jersey cattle. **Rev. Brazil. Genet.**, v.11, p.335-347, 1988.
- SILVA, R.G.L.A.; SCALA, J.R.N.; TONHATI, H. Radiative properties of the skin and hair coat of cattle and other animals. **Trans of the ASAE**, v.46, p.913-918, 2003.
- SOARES, A.B.; RESTLE, J. Produção animal e qualidade de forragem de pastagem de triticales e azevém submetida a doses de adubação nitrogenada. **R. Bras. Zootec.**, v.31, n.2, p.908-917, 2002.
- SOUZA, B.B.; SOUZA, E.D.; CEZAR, M.F.; SOUZA, W.H.; SANTOS, J.R.S.; BENICIO, T.M.A. Temperatura superficial e índice de tolerância ao calor de caprinos de diferentes grupos raciais no semiárido nordestino. **Ciênc. e Agrotec.** v.32, n.1, p.275-80, 2008.

- SOUZA JÚNIOR, J.B. de. Sudação e características morfológicas do pelame de bovinos manejados em ambiente tropical. **Pubvet**, v.2, n.31, ed.42, art. 7, 2008.
- STARLING, J.M.C.; SILVA, R.G.; CERÓN-MUÑOZ, M.; BARBOSA, G.S.S.C.; PARANHOS DA COSTA, M.J.R. Análise de Algumas Variáveis Fisiológicas para Avaliação do Grau de Adaptação de Ovinos Submetidos ao Estresse por Calor. **R. Bras. Zootec.** v.31, n.5, p.2070-2077, 2002.
- SULC, R.M.; TRACY, B.F. Integrated crop-livestock systems in the U.S. corn belt. **Agron. J.**, v.99, n.2, p.335-345, 2007.
- TRECENTI, R.; OLIVEIRA, M.C.; HASS, G. **Integração Lavoura-Pecuária-Silvicultura**. Brasília: MAPA, 2008. p.2-5. (Boletim Técnico).
- TITTO, C.G. (2006) **Comportamento de touros da raça Simental a pasto com recursos de sombra e tolerância ao calor**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade de São Paulo, Pirassununga.
- USDA (2014) United States Department of Agriculture - Foreign Agricultural Service. **Livestock and Poultry: World Markets and Trade**.

ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS DE PELAME E PELE EM BOVINOS NELORE SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE SOMBREAMENTO

Caroline Carvalho de Oliveira^{a*}, Fabiana Villa Alves^b, Eliane Vianna da Costa-e-Silva^a

^a *Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Av. Senador Felinto Muller, 2443, Vila Ipiranga, Campo Grande, MS, 79074-460, Brasil*

^b *Embrapa Gado de Corte, Avenida Rádio Maia, 830, Campo Grande, MS 79106-550, Brasil*

* Autor correspondente. Tel.: +55 (67) 3368-2154. E-mail: oliveirac.caroline@gmail.com (C.C. de Oliveira).

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a morfologia do pelame e pele de bovinos da raça Nelore e suas modificações sob efeito de diferentes condições de sombreamento. O estudo foi conduzido, durante dois anos consecutivos, em área experimental localizada a 20°27' de latitude sul, 54°37' de longitude oeste, e 530 m de altitude, Brasil. Foram utilizadas 24 fêmeas Nelore, criadas em sistemas de integração com diferentes ofertas de sombra. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em esquemas de parcelas sub subdivididas, sendo a parcela correspondente a três sistemas de produção, a subparcela à estação do ano e a sub subparcela, aos anos de avaliação. Avaliou-se, na região do pescoço, escápula, dorso e garupa, os seguintes parâmetros morfológicos do pelame e da pele: pigmentação da capa de pelame (PCP, em %) e da pele (PPL, %), espessura da capa de pelame (EC, mm), comprimento do pelo (CP, mm), diâmetro do pelo (DP, µm) e inclinação dos pelos (IP, graus). Para caracterização do microclima, foram coletados dados da temperatura do ar (Ta, °C) e de globo negro (Tgn, °C), umidade relativa do ar (UR, %), e calculado o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU). Os resultados encontrados refletem a adaptabilidade da raça Nelore às variações sazonais, de temperatura e umidade, uma vez que, apesar de

existirem diferenças estatísticas entre os sistemas, estações e anos, os resultados se contrapõem, em grande parte, à literatura. Isso implica que outros mecanismos de trocas de calor são eficientes, não sendo necessárias modificações estruturais em todas as características de pelame e pele. Em conclusão, as diferentes ofertas de sombra influenciaram a pigmentação da capa de pelame e pele, assim como o diâmetro e inclinação do pelo.

Palavras-chave: adaptabilidade, estresse térmico, pelo, tecido cutâneo, termotolerância

Introdução

O efeito do estresse térmico tem-se destacado como um dos entraves nos índices produtivos, tornando-se ponto-chave na eficiência da exploração pecuária. Em regiões tropicais, esse efeito é ainda mais relevante, em especial para a bovinocultura de corte brasileira, uma vez que, cerca de dois terços de seu território encontra-se na faixa intertropical, sob temperaturas predominantemente elevadas e alta radiação solar (Azevedo et al., 2005).

Na produção de bovinos de corte, nos trópicos, algumas estratégias são utilizadas a fim de melhorar o desempenho dos mesmos em condições ambientais adversas, como por exemplo com o uso de raças adaptadas. Bovinos indianos tem se destacado, pela sua maior tolerância ao calor, por apresentarem menor taxa metabólica basal, maior capacidade de sudorese e características do pelame e de glândulas sudoríparas desejáveis (Blackshaw e Blackshaw, 1994). Dentre eles, está a raça Nelore, amplamente utilizada em sistemas de produção tropical, por suas características fenotípicas favoráveis à essa região. No entanto, diferenças genéticas, associadas ao mecanismo termorregulador, como o tipo de pelagem e as características do pelo que a compõem, tem conferido tolerância ao calor em graus diferentes entre os indivíduos (Maia et al., 2003).

A superfície cutânea é considerada a região corporal que possui maior área de contato com o meio externo e está sob influência do ambiente em que vive o animal (Silva, 2000). O número de pelos por unidade de área, ângulo de inclinação em relação à epiderme, diâmetro e comprimento dos pelos e pigmentação da capa de pelame e epiderme são fatores determinantes na transferência térmica e controle da temperatura corporal, uma vez que a capa de pelame é permeável à radiação ultravioleta (Prayaga et al., 2003).

Abordagens sobre tolerância ao calor em bovinos tem sido cada vez mais utilizadas como ferramentas para seleção de raças e até mesmo indivíduos mais adaptados a determinadas regiões, dentre as quais incluem-se as características da capa de pelame e pele. Face ao exposto, é nítida também a necessidade de proporcionar melhores condições ambientais aos bovinos. O fornecimento de sombra nos sistemas de produção, como, por exemplo, a sombra natural das árvores dos sistemas integrados de produção, tem demonstrado efeitos benéficos nas condições fisiológicas, comportamentais e produtivas de bovinos (Titto et al., 2008).

No entanto, existe uma escassez de trabalhos abordando as relações entre variações morfológicas de pele e pelame de bovinos da raça Nelore e o ambiente. Isto evidencia a necessidade de estudos que elucidem essas relações, uma vez que a adaptação não está ligada somente à raça, mas às características intrínsecas ao indivíduo, ao sexo e à categoria animal. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a morfologia do pelame e pele de bovinos da raça Nelore e suas modificações sob efeito de diferentes condições de sombreamento.

Material e métodos

Localização

O experimento foi conduzido, por dois anos consecutivos (2015 e 2016), na Fazenda Sede da Embrapa Gado de Corte, no município de Campo Grande (20°27' de latitude sul, 54°37' de longitude oeste, e 530 m de altitude), localizada geograficamente na porção central do Estado do Mato Grosso do Sul, na zona Neotropical da região fitogeográfica de Savana (Sandeville Júnior, 2004).

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger (Kottek et al., 2006), a Unidade de Pesquisa encontra-se na faixa de transição entre Cfa e AW tropical úmido,

precipitação média anual de 1560 mm, sazonalidade de secas (maio a setembro) e águas (outubro a março) bem definidas, com temperatura média anual de 23°C (Marcuzzo et al., 2012). Normais climatológicas padronizadas encontram-se na figura 3.

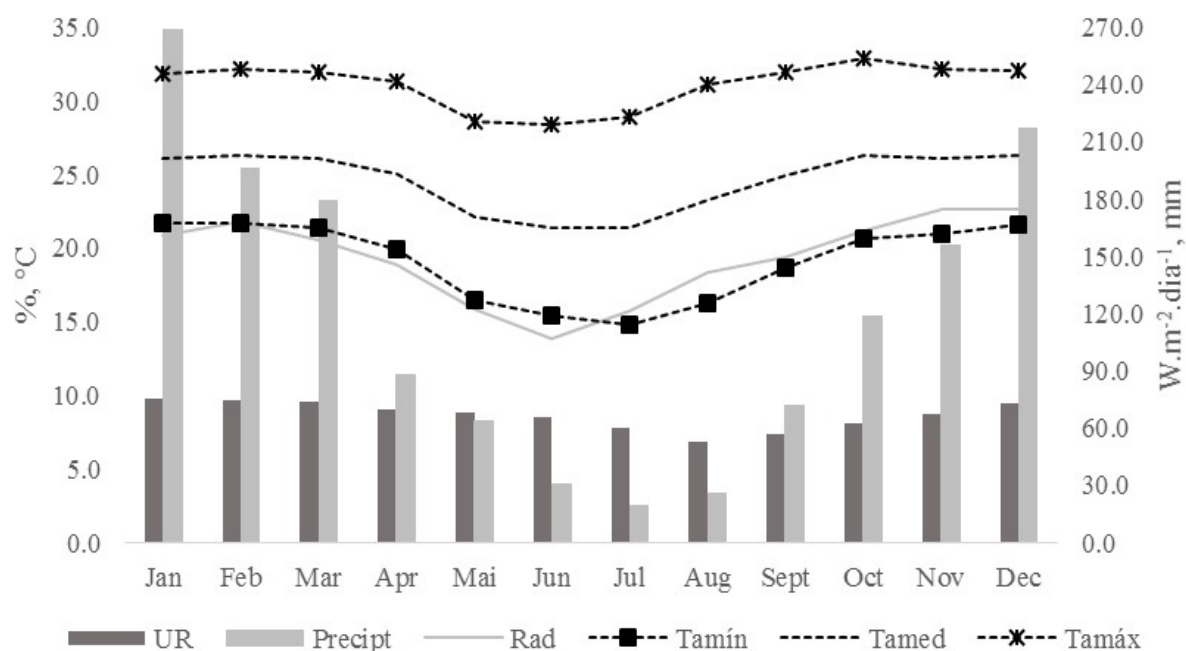


Figura 3 Normais climatológicas provisórias: umidade relativa do ar (UR, %), precipitação (Precipt, mm), radiação solar global (Rad, W.m⁻².dia⁻¹), temperatura do ar mínima (Tamín, °C), temperatura do ar média (Tamed, °C) e temperatura do ar máxima (Tamax, °C) da região do Bolsão do Estado de Mato Grosso do Sul, entre os anos de 1992 a 2013 (Adaptado de Flumignan et al., 2015).

Área experimental

A área experimental de estudo, com 18 ha, consiste de sistemas em integração, estabelecidos há sete anos como estratégia de recuperação de pastagem, por meio do cultivo de soja seguido do componente forrageiro capim-piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã), manejados sob sistema de lotação contínua e número variável de animais.

Dois sistemas, em integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), foram implantados com árvores de eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, clone H13, altura média inicial de 26 m e final de 30 m, em fileiras simples (com deslocamento de -20,41° Sul e -54,71° Oeste, relativo ao eixo leste-oeste) e com duas diferentes densidades arbóreas: ILPF-1, 14x2 metros e 357 árvores por hectare, e ILPF-2, 22x2 metros e 227 árvores por hectare. O sistema controle (CON) é composto por pastagem, onde estão presentes cinco árvores nativas do Cerrado (gênero *Gochnatia* e *Dipteryx*) por hectare. A área dispõe de 12 piquetes experimentais (quatro por sistema) de 1,5 ha cada (Figura 4), equipados com cocho para suplementação mineral e bebedouros.

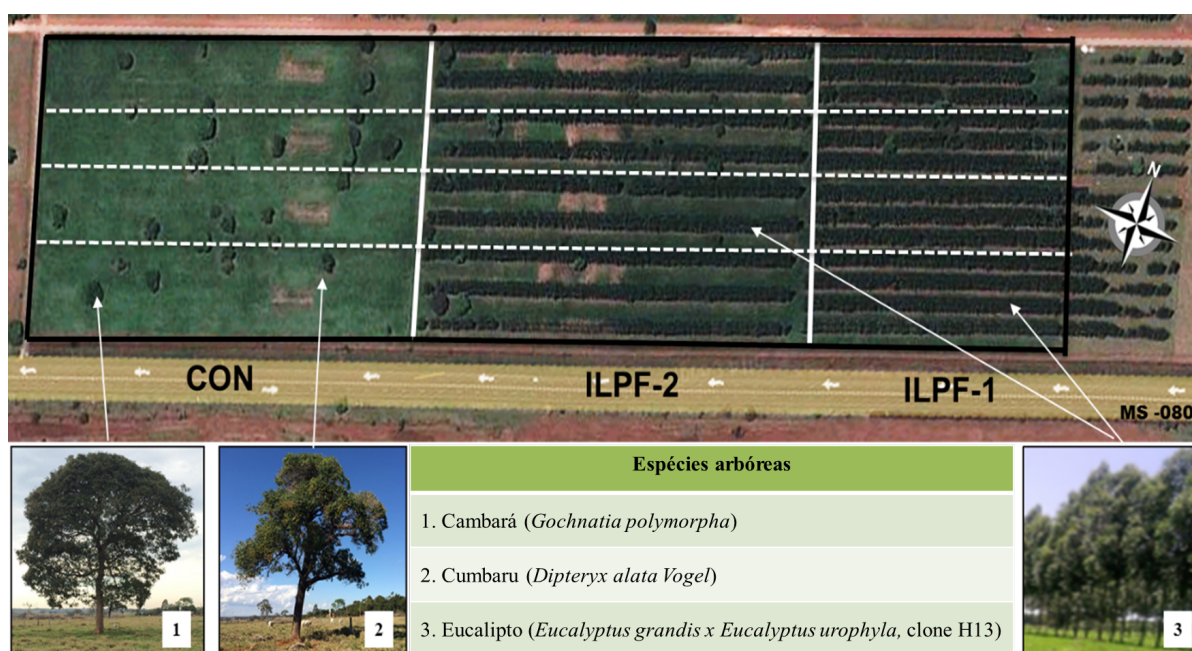


Figura 4 Área experimental da Fazenda Sede da Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil, com sistemas em integração com eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, clone H 13), em ILPF-1 e ILPF-2 e espécies arbóreas nativas dispersas (*Gochnatia* e *Dipteryx*) em CON.

O valor nutricional apresentado pelo capim piatã no período experimental corresponderam a teor de matéria orgânica de 91,72, 91,73 e 91,66% e proteína bruta de 10,18, 9,22 e 8,47% no inverno, e, 91,92, 91,67 e 91,69% de matéria orgânica e 9,87, 8,32 e 6,91% de proteína bruta, no verão, em ILPF-1, ILPF-2 e CON, respectivamente.

Animais

Todos os procedimentos e metodologias aplicados foram previamente aprovados pela Comissão de Ética no uso de animais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob protocolo nº 511/2013. Utilizou-se 24 fêmeas Nelore recém-desmamadas, com idade e peso vivo médio inicial de 10 meses e 150 kg, respectivamente, everminadas e tratadas com ectocida, conforme a necessidade de controle de mosca-do-chifre e carrapatos, durante todo o período experimental. Os animais foram distribuídos aleatoriamente, sendo dois animais-teste permanentes e número variável de animais reguladores, adicionados de acordo com a capacidade de suporte da pastagem, em cada piquete. Foram realizadas pesagens mensais, após jejum sólido de 12 horas, para coleta de dados do componente animal e ajuste da taxa de lotação.

Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em esquema de parcelas sub subdivididas. Os tratamentos das parcelas corresponderam aos sistemas de produção (ILPF-1, ILPF-2 e CON), das subparcela, às estações do ano (inverno e verão) e das sub subparcela, aos anos de avaliação (2015 e 2016). O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + S_j + e_{ij} + E_k + SE_{jk} + e_{ijk} + A_l + SA_{ji} + EA_{kl} + SEA_{jkl} + e_{ijkl}$$

em que:

μ = constante;

B_i é o efeito do i -ésimo bloco, $i = 1, \dots, 4$;

S_j é o efeito do j -ésimo sistema, $j = 1, 2, 3$;

e_{ij} é o resíduo a;

E_k é o efeito da k -ésima estação, $k = 1, 2$;

SE_{jk} é o efeito do j -ésimo sistema e k -ésima estação;

e_{jk} = resíduo b;

A_l é o efeito do l -ésimo ano, $l = 1, 2$;

SA_{jl} é o efeito do j -ésimo sistema no l -ésimo ano;

EA_{kl} é o efeito da k -ésima estação no l -ésimo ano;

SEA_{jkl} é o efeito da interação entre o j -ésimo sistema, k -ésima estação e l -ésimo ano;

e_{ijkl} = resíduo c.

Parâmetros microclimáticos e índices de conforto térmico

Os dados microclimáticos foram coletados, durante quatro dias consecutivos, em intervalos de uma hora, com início à 00:00h do dia 1 e finalizando às 23:00h (GMT -04:00) do dia 4, para cada estação e ano.

Para mensuração da temperatura do ar (T_a , °C), temperatura de ponto de orvalho (T_{po} , °C), e umidade relativa do ar (UR, %) foram utilizados termohigrômetros digitais (modelo HT-500, marca Instrutherm), inseridos em abrigos meteorológicos (Trumbo et al., 2012). Para a temperatura de globo negro, (T_{gn} , °C), utilizou-se o mesmo modelo de termohigrômetro encapsulado em bolas plásticas de PVC (0,15 cm de diâmetro), externamente pintadas com tinta de cor preto fosco, de acordo com Souza et al. (2002). Os equipamentos foram alocados (Figura 5) sob a sombra (A) e a pleno sol (B), a 1,50 m da superfície do solo (correspondente à altura do centro de massa de bovinos), durante o período de insolação, considerando-se a variação da projeção da sombra e ângulo zênite conforme Karvatte Junior et al. (2016). No

período noturno (ausência de luz solar), os equipamentos foram dispostos a 2 metros das árvores (A) e em um ponto central (B). Utilizou-se duas repetições de cada ponto amostrado, para cada piquete. Os dados meteorológicos do ambiente circundante foram coletados pela estação meteorológica A-702-INMET, distante 4 km da área experimental.

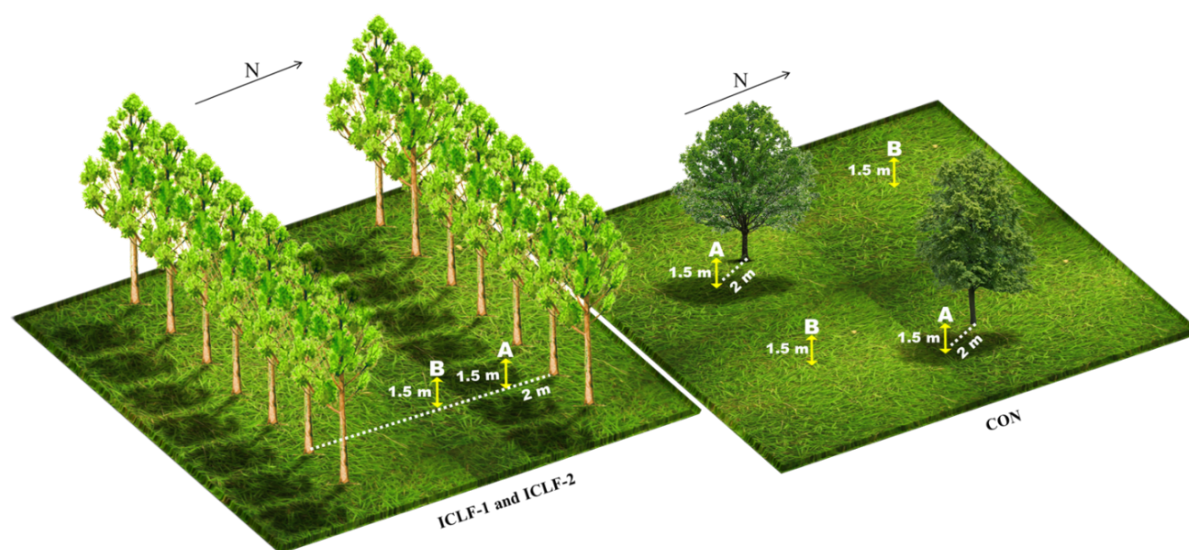


Figura 5 Representação esquemática da disposição dos equipamentos nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF-1 e ILPF-2) e controle (CON), alocados sob a projeção da sombra (A) e a pleno sol (B).

Para avaliação da condição de conforto térmico animal, foi calculado, a partir dos dados microclimáticos, o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), proposto por Buffington et al. (1981):

$$ITGU = t_{gn} + 0,36t_{bu} + 41,5$$

em que:

t_{gn} : temperatura de globo negro (°C);

t_{bu} : temperatura de bulbo úmido (°C).

Os valores de ITGU, de acordo com Baêta (1985), foram classificados pelo National Weather Service em situação de: conforto (abaixo de 74), alerta (74 a 79), perigo (79 a 84) e emergência (acima de 84).

Parâmetros morfológicos de pelame

Para avaliação da capa do pelame e pele dos animais, *in situ*, realizou-se a tricotomia de 1 cm² de área das seguintes regiões: pescoço, escápula, dorso e garupa. A pigmentação da capa de pelame (PCP, %) e da pele (PPL, %) foi determinada por avaliação visual direta, comparando-se a coloração de ambas com uma escala de cor padrão (Silva, 2000) e, conforme coincidência de tonalidades, era atribuído um valor entre 0% (branco puro) e 100% (preto). Mensurou-se a espessura da capa de pelame (EC, mm) a partir da distância perpendicular entre o ponto de inserção do pelame na epiderme até a superfície da capa de pelame, com auxílio de paquímetro eletrônico digital (modelo 799A-6/150, marca Starrett).

Os pelos da área tricotomizada foram armazenados em envelopes, previamente identificados. A partir de cada amostra, foram selecionados, visualmente, os dez maiores pelos para determinação do comprimento (CP, mm) e diâmetro (DP, mm), medidos com auxílio de paquímetro digital e microscópio (modelo Axioplan, marca Zeiss) com lente graduada, conforme recomendações de Udo (1978). Para estimar o ângulo de inclinação dos pelos (IP, em graus), utilizou-se a fórmula: proposta por Barry e Shanklin (1992) citado por Silva (2000):

$$\alpha = \text{arc sen } [EC/CP]$$

em que:

EC = espessura da capa de pelame (mm);

CP = comprimento do pelo (mm).

Análise estatística

Aferiu-se a distribuição normal dos dados, por meio do teste de normalidade, utilizando o PROC UNIVARIATE. Assim, por se tratar de dados quantitativos, com distribuição normal e independência entre as observações, procedeu-se a correlação de Pearson (r) para identificação e quantificação das relações lineares, a partir dos coeficientes de correlação encontrados, das características de pelame e pele. Os coeficientes de correlação foram classificados em: $|r| = 0,00$, nula; $0,00 < |r| < 0,20$, muito fraca; $0,20 < |r| < 0,40$, fraca; $0,40 < |r| < 0,60$, moderada; $0,60 < |r| < 0,80$, forte; $|r| > 0,80$, muito forte; e $|r| = 1,00$, perfeita.

Submeteu-se à análise de variância os dados obtidos de características de pelo e pele, considerando no modelo os efeitos fixos de sistema, estação, ano e suas interações. As médias foram comparadas por teste de Tukey considerando 95% de confiabilidade. No caso de interações significativas as médias foram ajustadas utilizando-se o procedimento LSMEANS. Todas as análises foram feitas por meio do programa computacional Statistical Analysis System (SAS versão 9.2).

Resultados e Discussão

Os resultados da análise de correlação (Tabela 1) mostraram que a espessura da capa de pelame (EC) apresentou de fraca a forte associação ($p < 0,0001$) com o diâmetro do pelo (DP), inclinação do pelo (IP) e comprimento do pelo (CP). Os maiores coeficientes encontrados foram entre EC e DP, com relação positiva e grau de associação variando entre moderado a forte. A EC dor foi a medida que se relacionou forte e positivamente com o DP de todas as regiões corporais, com coeficientes de correlação de 0,66, 0,68, 0,68 e 0,63 para DPpes, DPesc, DPdor e DPgar, respectivamente. A EC e o DP de uma mesma região mostraram-se mais associadas entre si, com exceção da ECesc, que apresentou o maior valor

de coeficiente de correlação com DPdor ($r = 0,70$). A EC mostrou associação mais forte com a IP da região do pescoço. Ainda, a ECpes foi a que melhor se correlacionou com a inclinação do pelo das quatro regiões avaliadas (Tabela 1). Comportamento semelhante foi observado, para o comprimento do pelo (CP), com maiores coeficientes de correlação encontrados entre ECpes e os CP e CPpes com as EC, salientando-se a relação negativa entre essas variáveis. Associação muito forte e negativa entre CP e IP foi identificada, com coeficientes de correlação que variaram de -0,81 a -0,94.

As correlações fenotípicas significativas encontradas (Tabela 1), para quase todas as características do pelame, sugerem que, uma capa de pelame mais espessa é composta por pelos de menor comprimento e maior diâmetro e se apresentam menos inclinados. Almeida et al. (2014), analisando as características morfológicas do pelame de touros jovens da raça Nelore, também encontraram alta correlação positiva entre inclinação do pelo e espessura da capa ($r=0,69$) e média e negativa entre inclinação e comprimento ($r=-0,49$). Esses resultados corroboram com os encontrados neste estudo, porém, a intensidade da associação foi menor entre a espessura da capa e inclinação do pelo, e, com maior grau de associação entre o comprimento do pelo e sua inclinação.

Tabela 1 Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as características de pelame em fêmeas Nelore em sistemas de integração com diferentes ofertas de sombra.

	ECpes	ECesc	ECdor	ECgar
DPpes	0,67	0,62	0,66	0,60
DPesc	0,54	0,65	0,68	0,56
DPdor	0,62	0,70	0,68	0,58
DPgar	0,63	0,60	0,63	0,66
IPpes	0,40	0,35	0,26	0,34
IPesc	0,30	0,23	0,14	0,21
IPdor	0,32	0,23	0,08	0,18
IPgar	0,35	0,26	0,13	0,24
CPpes	-0,34	-0,35	-0,25	-0,31
CPesc	-0,32	-0,26	-0,15	-0,22
CPdor	-0,24	-0,17	-0,01 ^{ns}	-0,11
CPgar	-0,25	-0,23	-0,07	-0,13
	CPpes	CPesc	CPdor	CPgar
IPpes	-0,93	-0,93	-0,85	-0,86
IPesc	-0,81	-0,91	-0,86	-0,83
IPdor	-0,80	-0,89	-0,94	-0,87
IPgar	-0,82	-0,89	-0,87	-0,89

^{ns} Não Significativo ($p>0,05$).

EC = espessura da capa de pelame; DP = diâmetro do pelo, IP = inclinação do pelo; CP = comprimento do pelo, pes = pescoço; esc = escápula; dor = dorso; gar = garupa.

Na caracterização do microclima (Figura 6) observou-se efeito da interação sistema x estação x ano para as temperaturas do ar (Ta) e de globo negro (Tgn), umidade relativa do ar (UR) e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU). Com exceção da UR, registrou-se Ta, Tgn e ITGU mais elevadas no verão. As menores Ta e Tgn foram observadas em 2016, sem diferença significativa entre os sistemas.

A estação de inverno da região centro-oeste, é caracterizada por temperatura do ar (Ta), temperatura de globo negro (Tgn) e umidade relativa do ar (UR) geralmente mais baixas em relação ao verão (Marcuzzo et al., 2012). O inverno de 2015 foi significativamente mais quente, acompanhado de alta UR, que o inverno de 2016. Os valores encontrados, acima do

esperado para o período de inverno/2015, caracterizaram uma estação atípica. No período experimental, o verão apresentou, em média, acréscimos, em 2015 e 2016, de 4,1 e 7,1 °C, e 3,2 e 8,0 °C, nos valores de Ta e Tgn, respectivamente, em relação ao inverno (Figura 06).

Baseando-se na Ta média do dia, o ambiente térmico esteve, quase que em sua totalidade, dentro da zona termoneutra para zebuínos, entre 10,0 a 27,0 °C (Ferreira, 2005), exceto para o verão de 2015, quando os valores ultrapassaram a zona de termoneutralidade (Ta = 27,7 °C). No entanto, salienta-se que, quando observado os valores máximos de Ta, verificou-se que, apenas o inverno de 2016 esteve dentro dos limites da zona termoneutra para zebuínos. No verão de 2015, máximas de Ta apresentaram 41,8, 40,6 e 40,0 °C, em ILPF-1 e ILPF-2 e CON, respectivamente. Considerando a temperatura crítica superior para zebuínos de 35 °C (Baêta e Souza, 2010), observou-se que o verão de 2015 apresentou condição de desconforto térmico por calor entre os horários das 11:00 e 13:00 h.

A Tgn fornece informações sobre os efeitos combinados da temperatura do ar, radiação solar e velocidade do vento (Kelly e Bond, 1971) e, de acordo com a classificação proposta por Ferreira et al. (2006), Tgn de 23 °C equivale à condições de conforto térmico e 44 °C, ao estresse térmico severo. O ambiente, portanto, apresentou-se termicamente confortável no inverno de 2016, e, em desconforto, em ambas as estações, do ano de 2015 e verão de 2016. A frequência de Tgn em 23 °C foi de apenas 8,11% do total de registros analisados. Valor máximo de Tgn foi identificado no ILPF-1 (48,8 °C), em coincidência com a Ta máxima observada. Apenas 0,35% dos registros de Tgn estiveram em condições de estresse térmico severo (Tgn > 44 °C), sendo mais frequente no verão de 2015. Apesar da porcentagem de Tgn acima de 44 °C parecer muito baixa, deve-se aumentar a atenção aos possíveis danos ao organismo animal.

Para UR, o verão mostrou-se 12,37% mais úmido que o inverno, em 2015 (Figura 06). Comportamento diferente do esperado para a região centro-oeste ocorreu no ano de 2016,

com inverno mais úmido que o verão, e incremento na umidade de 0,4, 3,6 e 6,4%, nos sistemas ILPF-1, ILPF-2 e CON, respectivamente. Apenas o inverno de 2015 registrou valor médio de UR (59,33%) dentro da faixa ideal, 50 a 70% (Ferreira, 2005). Os demais valores de UR foram acima de 70%, indicando que o teor de umidade no ar estava alto, podendo reduzir a eficácia do processo de evapotranspiração na perda de calor corporal para o meio.

De acordo com a classificação do National Weather Service, para o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), o inverno de 2015 e 2016 proporcionaram condições de conforto térmico para os animais, com ITGU variando entre 63,60 em ILPF-2/2016 e 71,99 em ILPF-1/2015. Já para o verão, a condição térmica proporcionada pelos sistemas foi de situação de alerta, não havendo diferença entre os sistemas, dentro de cada ano, com média de 77,86 e 76,85, em 2015 e 2016, respectivamente. Porém, salienta-se que, apesar dos valores médios de ITGU demonstrarem condições térmicas favoráveis aos animais, quando observados os valores absolutos, condições de estresse por calor foram detectadas. Situações de ITGU em estado de emergência tiveram uma frequência de 25% dos registros totais observados, com ocorrência entre as 8 e 17h, em 2015 e entre 8 e 15h, em 2016. O maior valor registrado de ITGU foi de 99,66, às 11:00h do verão de 2015, no sistema de ILPF-1, em que, T_a , T_{po} , T_{gn} e UR foram iguais a 41,80, 26,00 e 48,80 °C e 73,80%, respectivamente. Pesquisa realizada na mesma área experimental deste estudo, em seu primeiro ciclo de produção, detectou diferenças significativas entre os sistemas com diferentes ofertas de sombra (Oliveira et al., 2017), com o menor valor de ITGU (74,90) encontrado em sistemas com sombreamento promovido por árvores de eucalipto de 18 m de altura, e, maior, em sistema com ausência de sombreamento (ITGU = 80,40). Esses mesmos autores não encontraram diferenças entre inverno e verão para ITGU, com média de 82,00 e valor máximo deste índice às 13:00h (ITGU = 82,46).

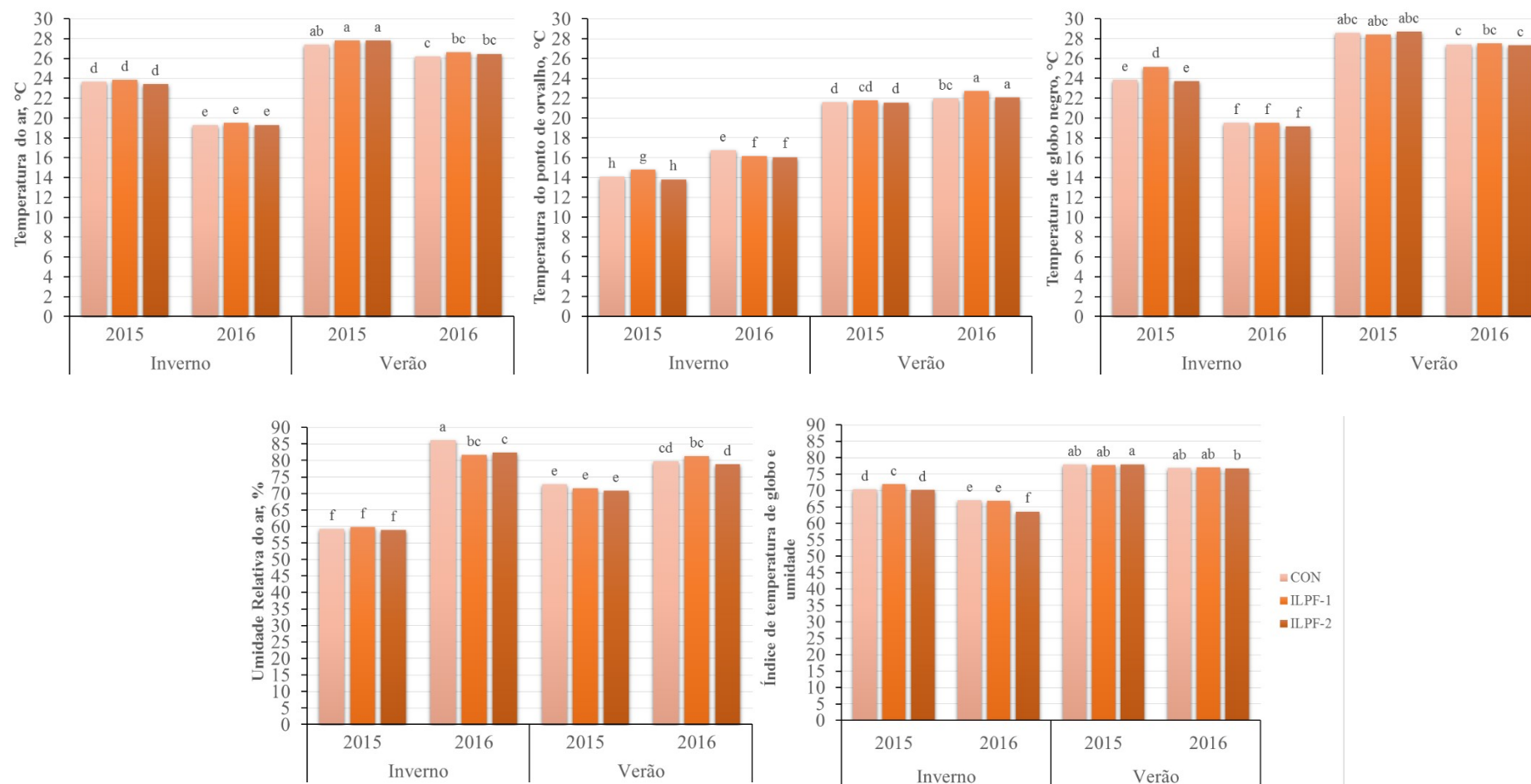


Figura 06 Valores médios das variáveis microclimáticas de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta com diferentes ofertas de sombra.

Letras diferentes diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Foram encontradas diferenças significativas ($p < 0,01$) entre os sistemas (Tabela 2) para pigmentação da capa de pelame (PCPesc) e da pele (PPLesc) da região escapular. Maior teor de pigmentação do pelame (PCPesc) e pele (PPLesc) da escápula foram observados no sistema controle (CON), e, menor, nos sistemas ILPF-1 e ILPF-2. A PCPesc em ILPF-2 e PPLesc em ILPF-1 não diferiram dos demais sistemas.

A maior parte dos zebuínos apresenta pelame branco ou claro sobre epiderme altamente pigmentada. Observa-se, ainda, que existe certa independência entre a pigmentação do pelame e da epiderme, sendo essa diferença de coloração resultante, principalmente, de mecanismos genéticos, e, em menor escala, relacionada ao efeito da permeabilidade do pelame à radiação solar (Maia et al., 2003). A coloração dos pelos é resultante da ação dos melanócitos da base dos folículos que fornecem melanina às células da raiz e córtex do pelo (Aggrawal e Upadhyay, 2013). Já a pigmentação da epiderme permanentemente escura, nessas raças, é resultante da seleção natural, provenientes de mecanismos capazes de manter a melanogênese, mesmo com exposição à radiação solar em diferentes intensidades (Silva, 2003). Porém, pequenas alterações em sua coloração puderam ser observadas neste trabalho (Tabela 2), uma vez que, animais com menor exposição à radiação solar, provenientes dos sistemas mais adensados e com maior oferta de sombra, provavelmente tiveram menor produção de grânulos de melanina inseridos nas células da epiderme, e, conseqüentemente, pele menos pigmentada. Embora a capa de pelame clara apresente maior reflexão dos raios ultravioleta, é necessário que, além da epiderme altamente pigmentada, os pelos estejam densamente distribuídos, afim de reduzir o ganho de calor do ambiente. De fato, a combinação dessas características são capazes, ainda, de tornar mais eficientes as trocas térmicas de calor entre o animal e o meio (Veríssimo et al., 2009).

Tabela 2 Média e desvio padrão ($\bar{X} \pm \sigma$), e valores mínimo e máximo (mín - máx) das características da capa de pelame e pele de novilhas Nelore, sob diferentes condições de sombreamento.

Variável	Sistemas		
	ILPF-1	ILPF-2	CON
PCPesc (%)	32,19 $\pm$ 11,60 b (15,00 - 55,00)	34,69 $\pm$ 13,65 ab (15,00 - 50,00)	39,06 $\pm$ 14,40 a (15,00 - 55,00)
PPLesc (%)	88,75 $\pm$ 3,31 ab (85,00 - 95,00)	85,94 $\pm$ 3,64 b (80,00 - 90,00)	90,13 $\pm$ 4,36 a (80,00 - 95,00)

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

ILPF-1 = Integração lavoura-pecuária floresta 1; ILPF-2 = Integração lavoura-pecuária floresta 2; CON = Controle; PCPesc = pigmentação da capa de pelame da escápula (%); PPLesc = pigmentação da pele da escápula (%); DPpes = diâmetro do pelo do pescoço (μm).

A pigmentação da pele e o diâmetro e inclinação do pelo diferiram significativamente ($p < 0,01$) entre as estações do ano (Tabela 3). Maior pigmentação da pele da escápula (PPLesc) e dorso (PPLdor) foram observadas no verão. O aumento na produção de melanina é uma resposta de fotoproteção dos melanócitos, e ocorre nas regiões do corpo em que há maior incidência de radiação solar. As modificações na PPLesc e PPLdor entre as estações do ano, se devem a maior atividade dos melanócitos no verão, pelo fato da irradiação de raios ultravioleta ser ainda mais intensa nessa estação. O inverno apresentou os maiores valores para os diâmetros do pelo do pescoço (DPpes), escápula (DPesc) e garupa (DPgar), assim como inclinação do pelo da escápula (IPesc) e da garupa (IPgar). Em geral, a capa de pelame característica de inverno possui pelos menos espessos e com menor inclinação, enquanto o pelame de verão apresenta-os mais espessos e inclinados (Silva, 2003). Neste estudo, encontrou-se pelames com características inversas ao esperado para as estações. Esses resultados demonstram que as características de diâmetro e inclinação não são, necessariamente, as primeiras modificações utilizadas em resposta aos agentes climáticos

estressores. Na comparação entre raças bovinas, Silva (2003) encontrou, para Nelore adulto, diâmetro de pelo de 53,00 a 54,00 μm . Em novilhas Nelore, Ribeiro et al. (2008) encontraram inclinação do pelo de 26,40°. O diâmetro do pelo deste trabalho esteve acima do encontrado por Silva (2003), enquanto a inclinação foi menor do que os achados de Ribeiro et al. (2008).

Tabela 3 Média e desvio padrão ($\bar{X} \pm \sigma$) e valores mínimo e máximo (mín - máx) das características da capa de pelame e pele de novilhas Nelore nas estações de inverno e verão, em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta.

Variável	Estação	
	Inverno	Verão
PPLesc (%)	87,08 $\pm$ 3,80 b (80,00 – 95,00)	89,46 $\pm$ 4,20 a (80,00 – 95,00)
PPLdor (%)	90,21 $\pm$ 4,45 b (80,00 – 95,00)	93,96 $\pm$ 4,08 a (85,00 – 100,00)
DPpes (μm)	89,17 $\pm$ 12,57 a (6,00 – 11,00)	80,87 $\pm$ 11,40 b (6,00 – 10,00)
DPesc (μm)	93,33 $\pm$ 11,06 a (7,00 – 11,00)	82,17 $\pm$ 10,21 b (7,00 – 10,00)
DPgar (μm)	113,33 $\pm$ 12,48 a (9,00 – 14,00)	101,67 $\pm$ 12,81 b (8,00 – 12,00)
IPesc (°)	9,82 $\pm$ 4,60 a (4,60 – 20,20)	7,94 $\pm$ 4,20 b (3,10 – 15,20)
IPgar (°)	8,01 $\pm$ 2,94 a (4,20 - 14,9)	6,52 $\pm$ 2,94 b (3,00 - 13,6)

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

PPLesc = pigmentação da pele da escápula (%); PPLdor = pigmentação da pele do dorso (%); DPpes = diâmetro do pelo do pescoço (μm); DPesc = diâmetro do pelo do pescoço (μm); DPgar = diâmetro do pelo da garupa (μm); IPesc = inclinação média do pelo da escápula (graus); IPgar = inclinação média do pelo da garupa (graus).

A pigmentação da pele do dorso (PPLdor), espessura da capa de pelame da escápula (ECesc) e da garupa (ECgar) e o diâmetro do pelo da escápula (DPesc) diferiram ($p<0,01$) entre os anos experimentais (Tabela 4), com as maiores médias encontradas em 2015. Entre os anos experimentais, as espessuras da capa de pelame apresentaram redução significativa, de 20,10 e 74,53% na ECesc e ECgar, respectivamente. A inclinação do pelo do dorso (IPdor) e garupa (Ipgar), também diferiu entre os anos experimentais ($p<0,01$), com pelos da região do dorso e garupa mais inclinados no ano de 2016.

Para os anos avaliados, as variáveis demonstraram estar sob influência das condições climáticas, porém, os resultados encontrados contrariam em parte os achados da literatura. Como foi registrado, em 2015, períodos quentes mais prolongados que o ano de 2016 (Figura 06), esperava-se menor espessura da capa de pelame e maior inclinação do pelo para este período, conforme relatado na literatura (Ferreira et al., 2009). Em contrapartida, a presença de pelos com maior diâmetro em 2015 (Tabela 4) é característica desejável, pois, tendem a conduzir mais energia através das fibras, o que facilita a perda de calor corporal para o ambiente (Bertipaglia et al., 2008). Sendo assim, podemos considerar que esses animais não necessariamente apresentaram modificações em toda a estrutura do pelo para contornar as condições térmicas desfavoráveis, e que, o maior diâmetro do pelame é capaz de compensar a não modificação das demais características. Poucas informações são encontradas na literatura a respeito das características de pelame e pele da raça Nelore, em especial, sua diferenciação quanto à categoria animal e sexo. A espessura da capa encontrada para Nelore adulto variou de 2,70 a 3,70 mm (Silva, 2003), e, para novilhas Nelore, espessura de 2,62 mm (Ribeiro et al., 2008).

Tabela 4 Média e desvio padrão ($\bar{X} \pm s$) e valores mínimo e máximo (mín - máx) das características da capa de pelame e pele de novilhas Nelore, em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta.

Variável	Ano	
	2015	2016
PPLdor (%)	93,96 $\pm$ 3,82 a (90,00 – 100,00)	90,21 $\pm$ 4,68 b (80,00 – 95,00)
ECesc (mm)	2,09 $\pm$ 0,33 a (1,54 - 2,96)	1,67 $\pm$ 0,27 b (1,10 - 2,65)
ECgar (mm)	2,12 $\pm$ 1,62 a (1,24 - 3,00)	0,54 $\pm$ 0,22 b (1,07 - 2,05)
DPesc (μ m)	93,99 $\pm$ 8,21 a (8,00 – 11,00)	82,08 $\pm$ 12,25 b (7,00 – 11,00)
IPdor (°)	4,55 $\pm$ 1,33 b (2,30 - 8,00)	11,16 $\pm$ 2,34 a (6,90 - 15,50)
IPgar (°)	4,78 $\pm$ 1,28 b (3,00 - 8,00)	9,75 $\pm$ 0,21 a (7,00 - 14,90)

Médias seguidas de letras diferentes, na mesma linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

PPLdor = pigmentação da pele do dorso (%); ECesc = espessura da capa de pelame da escápula (mm); ECgar = espessura da capa de pelame garupa (mm); DPesc = diâmetro do pelo da escápula (μ m); IPdor = inclinação do pelo do dorso (graus); IPgar = inclinação do pelo da garupa (graus).

Houve efeito das interações (p<0,01) sistema x estação e sistema x ano experimental (Tabela 5). A pigmentação da capa do pelame do pescoço (PCPpes) e da garupa (PCPgar) foi maior no verão, em relação ao inverno, quando comparadas dentro de um mesmo sistema. O ILPF-2 e o CON, no verão, apresentaram maior PCPpes e PCPgar, respectivamente, enquanto, as menores médias foram registradas no inverno do sistema ILPF-2, para ambas as características.

Sabendo-se que a coloração dos pelos é influenciada pela melanina, e sua produção, em parte dependentes da exposição à radiação solar, entende-se com esses resultados que, no verão, os animais estariam mais em exposição à radiação, por esse período apresentar uma intensidade de raios ultravioleta maior que no inverno. Ainda, quando observamos a variação da pigmentação da capa de pelame entre os sistemas, nota-se que a quantidade de sombra fornecida, uma vez que as árvores absorvem parte da energia solar ou seja, a diferença com que a intensidade da radiação chega até o animal, associado à estação, influenciou no teor de pigmentação. No inverno, por exemplo, o sistema mais adensado (ILPF-1) apresentou PCPpes e PCPgar mais intensa, isso implica a necessidade de absorver calor do meio, já que, quanto maior a pigmentação da capa de pelame, maior será o calor absorvido por ela. Contrariamente, no verão, esperava-se pigmentação menos intensa nos sistemas menos adensados; porém, a transferência térmica através do pelame, não depende somente da pigmentação, mas também de outras características do pelame (Souza Jr., 2008), conforme já relatado.

Para a interação sistema x ano, o ILPF-2, em 2015, apresentou maior espessura da capa no dorso (ECdor), e, menor, em 2016 no CON. A inclinação do pelo da escápula (IPesc) apresentou valores contrários a ECdor, com menor IPesc encontrada no ILPF-2, em 2015 e, maior, no CON, em 2016. A ECdor apresentou-se mais espessa no ano de 2015, enquanto, a IPesc foi superior em 2016, em todos os sistemas. A maior espessura da capa encontrada em 2015, nos três sistemas, não parece estar associada a este ano ser o mais quente, pois esperava-se capa de pelame menos espessa em situações de elevadas temperaturas. Sugere-se, no entanto, que essa diferença esteja mais associada à idade (10 e 24 meses) que os animais apresentavam nos dois períodos, uma vez que, bezerros tendem a apresentar espessura da capa de pelame maior, com pelos mais longos, menos espessos e com menor grau de inclinação, que os bovinos em fase adulta (Silva, 2000).

Tabela 5 Média e desvio padrão ($\bar{X} \pm \sigma$) e valores mínimo e máximo (mín - máx) das características da capa de pelame e pele de novilhas Nelore, nas estações do ano inverno e verão, em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta.

Sistema	ILPF-1		ILPF-2		CON	
Estação	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
PCPpes (%)	25,00 ± 10,63 d (15,00 – 50,00)	34,38 ± 4,65 c (25,00 – 40,00)	22,49 ± 5,01 f (15,00 – 30,00)	49,36 ± 3,91 a (45,00 – 55,00)	22,50 ± 6,14 e (15,00 – 35,00)	45,63 ± 3,01 b (40,00 – 50,00)
PCPgar (%)	26,88 ± 11,74 d (15,00 – 55,00)	38,13 ± 6,60 c (30,00 – 50,00)	23,75 ± 7,41 f (15,00 – 35,00)	45,00 ± 7,93 b (30,00 – 55,00)	24,38 ± 8,08e (15,00 - 40,00)	54,38 ± 6,36 a (50,00 – 65,00)
Sistema	ILPF-1		ILPF-2		CON	
Ano	2015	2016	2015	2016	2015	2016
ECdor (mm)	2,43 ± 0,37 b (1,91 – 3,22)	1,77 ± 0,15 e (1,54 – 1,99)	2,90 ± 0,36 a (2,47 – 3,51)	1,82 ± 0,12 d (1,65 – 1,96)	2,39 ± 0,30 c (1,86 – 2,90)	1,69 ± 0,26 f (1,24 – 2,09)
IPesc (°)	5,56 ± 2,05 d (3,50 – 9,10)	13,68 ± 2,59 b (9,10 – 17,10)	4,80 ± 1,17 f (3,70 – 6,70)	9,14 ± 2,27 c (6,20 – 11,90)	5,49 ± 1,99 e (3,10 – 8,70)	13,83 ± 3,49 a (7,50 – 20,20)

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

ILPF-1 = Integração lavoura-pecuária floresta 1; ILPF-2 = Integração lavoura-pecuária floresta 2; CON = Controle; PCPpes = pigmentação da capa de pelame do pescoço (%); PCPgar = pigmentação da capa de pelame da garupa (%); ECdor = espessura da capa de pelame do dorso (mm); IPesc = inclinação do pelo da escápula (graus).

A interação estação x ano foi significativa ($p < 0,01$) para pigmentação da capa de pelame e comprimento do pelo do pescoço (PCPpes e CPpes), escápula (PCPesc e CPesc), dorso (PCPdor e CPdor) e garupa (PCPgar e CPgar), espessura da capa do dorso (ECdor) e inclinação do pelo do pescoço (IPpes) (Tabela 6). O verão apresentou pigmentação da capa de pelame superior ao inverno, sendo que o maior teor de pigmentação foi registrado em 2016, e o menor no inverno deste mesmo ano. Ainda, a variação na pigmentação da capa de pelame foi maior entre o inverno e verão de 2016, do que entre as estações do ano de 2015. Foi observada diferença, entre as estações, para ECdor, apenas no ano de 2015, com 2016 apresentando capa de pelame com a menor espessura. Para o CPpes, CPesc, CPdor e CPgar, o verão de 2015 apresentou pelos mais compridos, seguido do inverno deste mesmo ano, assim como para CPdor, em 2016. Para os CPpes, CPesc e CPgar, as diferenças encontradas, em 2016, foram inversas aos demais resultados de CP, com maior comprimento de pelo no inverno. Em 2015, pelos mais inclinados (IPpes) foram encontrados no verão.

Variações nas características da pelagem sofrem influência do fotoperíodo, condições climáticas e sazonalidade (Silva, 2000). Exemplo disso, em bovinos, é a pelagem comprida e densa característica do inverno, passando para uma mais curta e leve de verão (Silva, 2008). Turner e Schleger (1960) trabalhando com bovinos cruzados, no verão e inverno, observaram que o mês da amostragem influenciou a cor do pelame, em que pelames mais escuros eram encontrados no verão, corroborando os resultados encontrados neste trabalho.

Apesar de uma capa de coloração clara apresentar maior refletividade e seja indicada em diversas pesquisas como a mais responsiva e protetora em ambientes com alta taxa de radiação solar, para que essa condição seja efetiva e vantajosa, é necessário que a pelagem seja mais densa e constituída de pelos medulados, de menor comprimento e maior ângulo de inclinação, facilitando, assim, a perda de calor sensível e latente (Maia et al., 2003; Bertipaglia et al., 2008; Bernabucci et al., 2010). Silva (2003) comparando diferentes raças

bovinas quanto às características da pelagem, encontrou comprimento do pelo entre 12,9 a 14,3 mm em Nelore adulto e, Ribeiro et al. (2008) avaliando as características de pelame de novilhas Nelore, encontraram pelos com 6,07 mm de comprimento. Os resultados deste trabalho se aproximam mais dos valores encontrados por Ribeiro et al. (2008), porém, pelos com quase o dobro de comprimento encontrados no verão de 2015 podem ser explicados pelo fato deste período ser o primeiro a ser avaliado, coincidindo portanto com a menor idade desses animais. Esta observação já feita por Silva (2000), que afirma que animais mais jovens tendem a apresentar pelos mais compridos do que animais em fase adulta.

Tabela 6 Média e desvio padrão ($\bar{X} \pm \sigma$) e valores mínimo e máximo (mín - máx) das características da capa de pelame e pele de novilhas Nelore, em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta.

Variável	Inverno		Verão	
	2015	2016	2015	2016
PCPpes (%)	28,33 ± 7,47 c (20,00 - 50,00)	18,33 ± 3,73 d (15,00 - 25,00)	42,92 ± 6,92 b (30,00 - 55,00)	43,33 ± 8,01 a (25,00 - 55,00)
PCPesc (%)	31,25 ± 8,46 c (25,00 - 50,00)	17,91 ± 3,21 d (15,00 - 25,00)	44,17 ± 6,08 b (30,00 - 50,00)	47,92 ± 7,78 a (30,00 - 55,00)
PCPdor (%)	30,42 ± 5,20 c (20,00 - 40,00)	21,66 ± 5,15 d (15,00 - 35,00)	39,17 ± 5,35 b (30,00 - 45,00)	46,25 ± 8,94 a (30,00 - 65,00)
PCPgar (%)	30,00 ± 9,37 c (20,00 - 55,00)	20,00 ± 6,13 d (15,00 - 35,00)	43,75 ± 9,83 b (30,00 - 65,00)	47,92 ± 9,02 a (30,00 - 65,00)
ECdor (mm)	2,73 ± 0,38 a (2,19 - 3,51)	1,76 ± 0,16 c (1,46 - 1,98)	2,42 ± 0,38 b (1,86 - 3,15)	1,76 ± 0,22 c (1,24 - 2,09)
CPpes (mm)	5,88 ± 2,16 b (3,49 - 11,24)	3,79 ± 0,48 c (3,12 - 4,59)	13,16 ± 1,99 a (10,37 - 17,46)	3,33 ± 0,47 d (2,69 - 4,13)
CPesc (mm)	8,83 ± 2,01 b (6,43 - 12,36)	4,74 ± 1,77 c (2,63 - 8,04)	13,92 ± 1,25 a (11,75 - 15,58)	3,86 ± 0,48 d (3,11 - 4,84)
CPdor (mm)	(12,49 ± 2,45) b (9,04 - 17,27)	5,36 ± 1,26 d (3,22 - 7,98)	15,07 ± 1,78 a (10,82 - 18,08)	5,51 ± 1,31 c (3,51 - 8,28)
CPgar (mm)	11,76 ± 2,13 b (20,00 - 55,00)	6,67 ± 0,90 c (15,00 - 35,00)	15,48 ± 2,71 a (30,00 - 65,00)	6,54 ± 0,87 d (30,00 - 65,00)
IPpes (°)	10,3 ± 3,45 c (5,30- 16,1)	13,43 ± 2,86 b (8,00 - 17,80)	3,72 ± 0,66 d (2,50 - 4,70)	13,84 ± 1,74 a (10,70 - 16,2)

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

PCPpes = pigmentação da capa de pelame do pescoço (%); PCPesc = pigmentação da capa de pelame da escápula (%); PCPdor = pigmentação da capa de pelame do dorso (%); PCPgar = pigmentação da capa de pelame da garupa (%); ECdor = espessura da capa de pelame do dorso (mm); CPpes = comprimento do pelo do pescoço (mm); CPesc = comprimento do pelo da escápula (mm); CPdor = comprimento do pelo do dorso (mm); CPgar = comprimento do pelo da garupa (mm); IPpes = inclinação do pelo do pescoço (graus).

As variáveis pigmentação da pele do pescoço (PPLpes = 86,67%) e da garupa (PPLgar = 90,48%), diâmetro do pelo do dorso (DPdor = 102,71 μ m) e espessura da capa de pelame do pescoço (ECpes = 1,43 mm) não apresentaram diferenças entre os tratamentos ($p > 0,05$).

As variações observadas nas características de pelame refletem a adaptabilidade da raça Nelore às variações sazonais e condições locais de criação, e que outros mecanismos de trocas de calor são eficientes, não sendo necessárias modificações estruturais em todas as características de pelame e pele existe um certo grau de adaptação dos animais às variações sazonais uma vez que, apesar de existirem diferenças entre sistemas, estações e anos, os resultados se contrapõem, em grande parte, à literatura. Isso implica que outros mecanismos de trocas de calor são eficientes, não sendo necessárias modificações estruturais em todas as características de pelame e pele.

Em conclusão, as diferentes ofertas de sombra influenciaram a pigmentação da capa de pelame e pele, espessura da capa, assim como o diâmetro e inclinação do pelo, com menor teor de pigmentação, maior espessura da capa e menor inclinação do pelo encontrados no sistema de produção ILPF-2, com densidade arbórea intermediária ao ILPF-1 e CON.

Agradecimentos

À Fundect pela bolsa de Doutorado e CNPq e Fundect pelo financiamento.

Referências

- Aggrawal A, Upadhyay RC (2013). Heat stress and hormones. In: Aggrawal, A. and Upadhyay, R.C. (eds), Heat Stress and Animal Productivity. Springer India.
- Almeida JPD, Nascimento MRB de, Faria CU de (2014) Características morfológicas do pelame de bovinos jovens da raça nelore. **Vet Not** 20(1):6

- Azevedo M, Pires MFA, Satumino HM, Lana AMQ, Sampaio IBM, Monteiro JBN, Morato LE (2005) 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. **Rev Bras Zootec** 34(6):2000-2008
- Baêta FC (1985) Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature, humidity and wind velocity in the warm season. Thesis (Ph.D). University of Missouri, Columbia
- Baêta FC, Souza CF (2010). *Ambiência em Edificações Rurais: Conforto animal*. 2.ed. Editora UFV, Viçosa, Brasil
- Bernabucci U, Lacetera N, Baumgard LH, Rhoads RP, Ronchi B, Nardone A (2010) Metabolic and hormonal adaptations to heat stress in domesticated ruminants. **Animal** 4:1167–1183
- Bertipaglia ECA, SILVA RG, Cardoso V, Fries, LA (2008) Desempenho reprodutivo, característica de pelame e taxa de sudção em vacas da raça Braford. **Rev Bras Zootec** 37(9):1573-1583
- Blackshaw JK, Blackshaw AW (1994) Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. **Aus J Exp Agr**, 34(2):285-295
- Buffington DE, Collazo-Arocho A, Canton GH, Pitt D, Thatcher WW, Collier RJ (1981) Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Trans Am Soc Agric Eng** 24:711–714
- Ferreira R (2005) *Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos*. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, Viçosa, Brasil
- Ferreira F, Campos WE, Carvalho AU, Pires MFA, Martinez ML, Silva MVGB, Verneque RS, Silva PF (2009) Taxa de sudção e parâmetros histológicos de bovinos submetidos ao estresse calórico. **Arq Bras Med Vet e Zootec** 61(4):763-768

- Ferreira F, Pires MFA, Martinez ML, Coelho SG, Carvalho AU, Ferreira PM, Facury Filho EJ, Campos WE (2006) Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arq Bras Med Vet Zootec** 58:732–738
- Flumignan DL, Fietz CR, Comunello E (2015) O Clima na Região do Bolsão de Mato Grosso do Sul. **Documentos** 127, Embrapa, Dourados, Brasil
- Karvatte Junior N, Klosowski ES, Almeida RG de, Mesquita EE, Oliveira CC de, Alves FV (2016) Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. **Int J Biometeorol** 60:1-9
- Kelly CF, Bond TE (1971). Bioclimatic factors and their measurements. In: National Academy of Sciences: a guide to environmental research on animals. NAS, Washington
- Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F (2006) World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorol Z** 15:259–263
- Maia ASC, Silva RG, Bertipaglia ECA (2003) Características do pelame de vacas Holandesas em ambiente Tropical: Um estudo genético adaptativo. **Rev Bras Zootec** 32(4):843-853
- Marcuzzo FFN, Melo DCR, Costa HC (2012) Sazonalidade e distribuição espaço-temporal das chuvas no bioma do cerrado do estado do Mato Grosso do Sul. **Rev Bras Recur Híd** 17(1):77-86
- Oliveira CC de, Alves FV, Almeida RG de, Gamarra EL, Villela SDJ, Martins PGM de A (2017) Thermal comfort indices assessed in integrated production systems in the Brazilian savannah. **Agrofor Syst** DOI 10.1007/s10457-017-0114-5
- Prayaga KC (2003) Evaluation of beef cattle genotypes and estimation of direct and maternal genetic effects in a tropical environment. 1. Growth traits. **Australian J Agric Res** 54:1013–1025

- Ribeiro ARB, Alencar MM, Oliveira MSC (2008) Características do pelame de bovinos Nelore, Angus x Nelore e Senepol x Nelore. **In:** Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Editora, Lavras, Brasil
- Sandeville Júnior E (2004) A divisão natural das paisagens brasileiras. **Paisagem Ambiente Ensaio** 18:71–98
- Santos SA, McManus C, Souza GS, Soriano BMA, Silva RAMS, Comastri Filho JA, Abreu UGP, Garcia, JB (2005) Variações da temperatura corporal e da pele de vacas e bezerros das raças Pantaneira e Nelore no Pantanal. **Arch Zootec** 54:237-244
- Silva RG (2000) Introdução à bioclimatologia animal. Nobel, São Paulo
- Silva RG (2008) Biofísica ambiental. Os animais e seu ambiente. Funep, Jaboticabal
- Silva RG da, N La Scala Jr, H Tonhati (2003) Radiative properties of the skin and haircoat of cattle and other animals. **ASABE** 46: 913-918
- Souza CF, Tinôco IFF, Baêta FC, Ferreira WPM, Silva RS (2002) Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. **Cienc Agrotecn** 26(1):157-164
- Souza Júnior JB de (2008) Sudação e características morfológicas do pelame de bovinos manejados em ambiente tropical. **Pubvet** 2
- Titto EAL, Pereira AMF, Vilela RA, Titto CG, Amadeu CCB (2008) Manejo ambiental e instalações para vacas leiteiras em ambiente tropical. **In:** Workshop de Ambiência na Produção de Leite, Centro Apta, Nova Odessa, Brasil
- Trumbo BA, Wise LM, Hudy M (2012) Influence of protective shielding devices on recorded air temperature accuracy for a rugged outdoor thermal sensor used in climate change modeling. **NESA** (1):42-50
- Turner HG, Schlenger AV (1960) The significance of coat type in cattle. **Aus J. Agri Res** 11:645-663

Udo HMJ (1978) Hair coat characteristics in Friesian heifers in the Netherlands and Kenya. Wageningen, Holanda

Veríssimo CJ, Titto CG, Katiki LM, Bueno MS, Cunha EA da, Mourão GB, Otsuk IP, Pereira AMF, Nogueira Filho JCM, Titto EAL (2009) Tolerância ao calor em ovelhas Santa Inês de pelagem clara e escura. **Rev Bras Saúde Prod Animal** 10(1):159-167

TEMPERATURA VAGINAL COMO INDICATIVO DE ESTRESSE TÉRMICO EM FÊMEAS NELORE SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE SOMBREAMENTO

Caroline Carvalho de Oliveira^{a*}, Fabiana Villa Alves^b, Eliane Vianna da Costa e Silva^a

^a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Av. Senador Felinto Muller, 2443, Vila Ipiranga, Campo Grande, MS, 79074-460, Brasil

^b Embrapa Gado de Corte, Avenida Rádio Maia, 830, Campo Grande, MS 79106-550, Brazil

* Autor correspondente. Tel.: +55 (67) 3368-2154. E-mail: oliveirac.caroline@gmail.com (C.C. de Oliveira).

RESUMO

O objeto dessa pesquisa foi avaliar a variação da temperatura vaginal de fêmeas bovinas da raça Nelore sob efeito de diferentes condições de sombreamento. O estudo foi conduzido, durante um ano, em área experimental localizada a 20°27' de latitude sul, 54°37' de longitude oeste, e 530 m de altitude, Brasil. Utilizou-se 24 fêmeas Nelore, criadas em sistemas em integração com diferentes ofertas de sombra. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em esquemas de parcelas sub subdivididas, sendo a parcela correspondente aos sistemas de produção, a subparcela à estação do ano e da sub subparcela, as horas do dia. Para caracterização do microclima, foram coletados dados da temperatura do ar (Ta, °C) e de globo negro (Tgn, °C), umidade relativa do ar (UR, %), e calculado o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU). A temperatura vaginal (Tvag) foi obtida por meio de termorregistradores do tipo botão, afixados em dispositivo intravaginal adaptado. A oferta de sombra em diferentes graus modifica a temperatura vaginal. Ainda, a temperatura vaginal demonstrou ser bom indicador de estresse térmico, podendo ser usada como parâmetro de avaliação do mecanismo termorregulador.

Palavras-chave: adaptabilidade, Bos indicus, estresse térmico, ITGU

27 **Introdução**

28

29 Atualmente, uma das limitações encontradas na pecuária de corte tropical é o efeito
30 negativo do estresse térmico por calor sobre os índices produtivos. Os bovinos são
31 considerados animais homeotérmicos pela capacidade de manter, quase que constante, sua
32 temperatura interna, por meio de mecanismos de perda ou ganho de calor corporal, mesmo
33 perante variações ambientais dentro dos limites aceitáveis do organismo animal (Silva, 2000).

34 A tolerância ao calor, em bovinos, tem sido cada vez mais utilizada como ferramenta
35 na seleção para adaptação às regiões mais inóspitas. No entanto, diversos são os fatores que
36 envolvem a determinação do conforto térmico e adaptação aos ambientes específicos. Dentre
37 os quais, existem fatores ligados ao ambiente, que envolvem os elementos climáticos, e,
38 fatores ligados ao animal, como as respostas fisiológicas associadas, principalmente, ao
39 mecanismo termorregulador.

40 Tentativas de estabelecer critérios para classificação de animais menos ou mais
41 adaptados a determinados ambientes, assim como caracterizar o ambiente de acordo com a
42 sua condição de conforto térmico, tem sido cada vez mais exploradas, uma vez que, existem
43 diferenças na intensidade da respostas, frente as adversidades climáticas, entre espécies, raças
44 e, até mesmo, indivíduos.

45 A avaliação da capacidade de resposta de um animal mediante uma condição
46 climática, tem sido baseada nas seguintes variáveis fisiológicas: temperatura retal, frequência
47 respiratória e cardíaca (Azevedo et al., 2005). Sob condições de estresse térmico por calor,
48 principalmente em regiões que combinam altas temperaturas e umidade relativa do ar, essas
49 variáveis são capazes de indicar sobre a eficiência do animal em perder o calor adquirido
50 (Maia et al., 2003). Em combinação, índices compostos pelos elementos climáticos, também

tem sido utilizados como ferramenta de avaliação da condição ambiental em que o animal se encontra (Silva, 2000).

Estudos recentes, em bovinos, tem mostrado a temperatura vaginal como uma resposta fisiológica eficiente a variação ambiental. Apesar de diversos trabalhos demonstrarem uma relação estreita entre a temperatura retal e vaginal, pouco se sabe a respeito de sua variação em bovinos, em especial na raça Nelore, considerada a mais adaptada ao clima tropical, principalmente sua relação com as adversidades climáticas. Deste modo, o objeto dessa pesquisa foi avaliar a variação da temperatura vaginal de fêmeas bovinas da raça Nelore sob efeito de diferentes condições de sombreamento.

Material e métodos

Localização

O estudo foi conduzido, por um período de doze meses, em 2015, na Fazenda Sede da Embrapa Gado de Corte, no município de Campo Grande (20°27' de latitude sul, 54°37' de longitude oeste, e 530 m de altitude), localizada geograficamente na porção central do Estado do Mato Grosso do Sul, na zona Neotropical da região fitogeográfica de Savana (Sandeville Júnior, 2004).

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger (Kottek et al., 2006), a área experimental encontra-se na faixa de transição entre Cfa e AW tropical úmido, precipitação média anual de 1560 mm, sazonalidade de secas (maio a setembro) e águas (outubro a março) bem definidos, com temperatura média anual de 23°C (Marcuzzo et al., 2012). Normais climatológicas padronizadas encontram-se na figura 7.

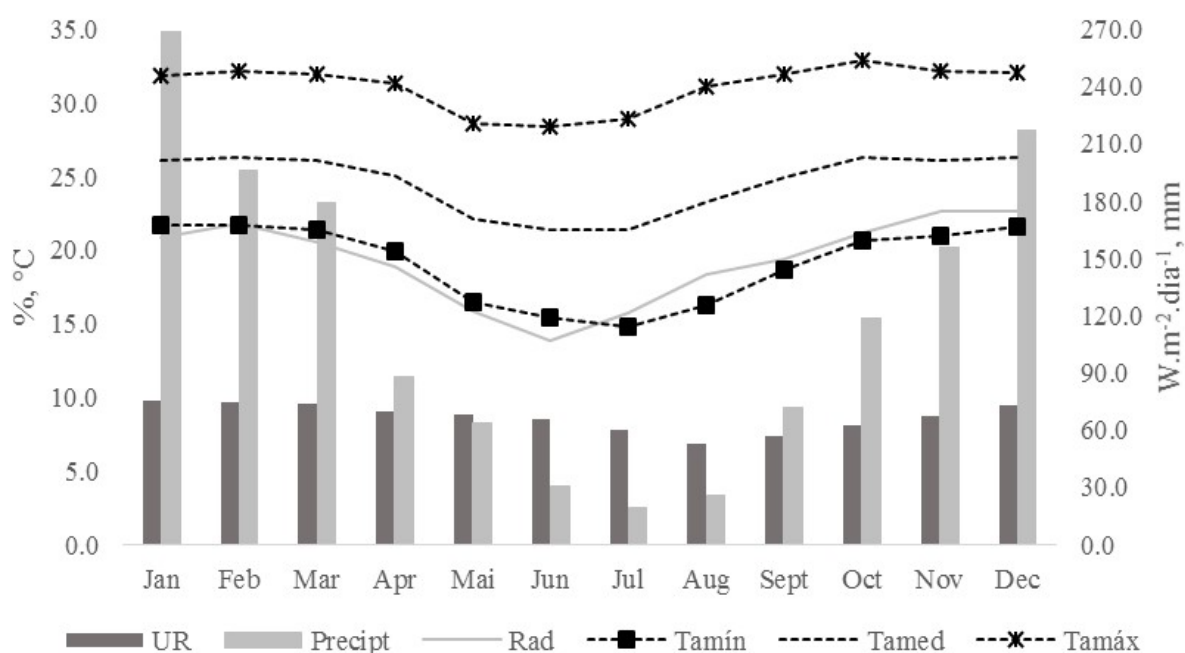


Figura 7 Normais climatológicas provisórias: umidade relativa do ar (UR, %), precipitação (Precipt, mm), radiação solar global (Rad, W.m⁻².dia⁻¹), temperatura do ar mínima (Tamín, °C), temperatura do ar média (Tamed, °C) e temperatura do ar máxima (Tamáx, °C) da região do Bolsão do Estado de Mato Grosso do Sul, entre os anos de 1992 a 2013 (Adaptado de Flumignan et al., 2015).

Área experimental

A área experimental de estudo, com 18 ha, consiste de sistemas em integração, estabelecidos há seis anos como estratégia de recuperação de pastagem, por meio do cultivo de soja seguido do componente forrageiro capim-piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã), manejados sob sistema de lotação contínua e número variável de animais.

Dois sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), foram implantados com árvores cultivadas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, clone H13, altura média inicial de 26 m e final de 30 m, no período experimental) em fileiras simples (com deslocamento de -20,41° Sul e -54,71° Oeste, relativo ao eixo leste-oeste) e com duas diferentes densidades arbóreas: ILPF-1, 14x2 m e 357 árvores por hectare, e ILPF-2, 22x2

metros e 227 árvores por hectare, respectivamente. O sistema controle (CON) foi composto por pastagem onde estão presentes cinco árvores nativas do Cerrado dispersas (gênero *Gochnatia* e *Dipteryx*) por hectare. A área foi dividida em 12 piquetes experimentais (quatro por sistema) de 1,5 ha cada (Figura 8), equipados com cocho para suplementação mineral e bebedouros.

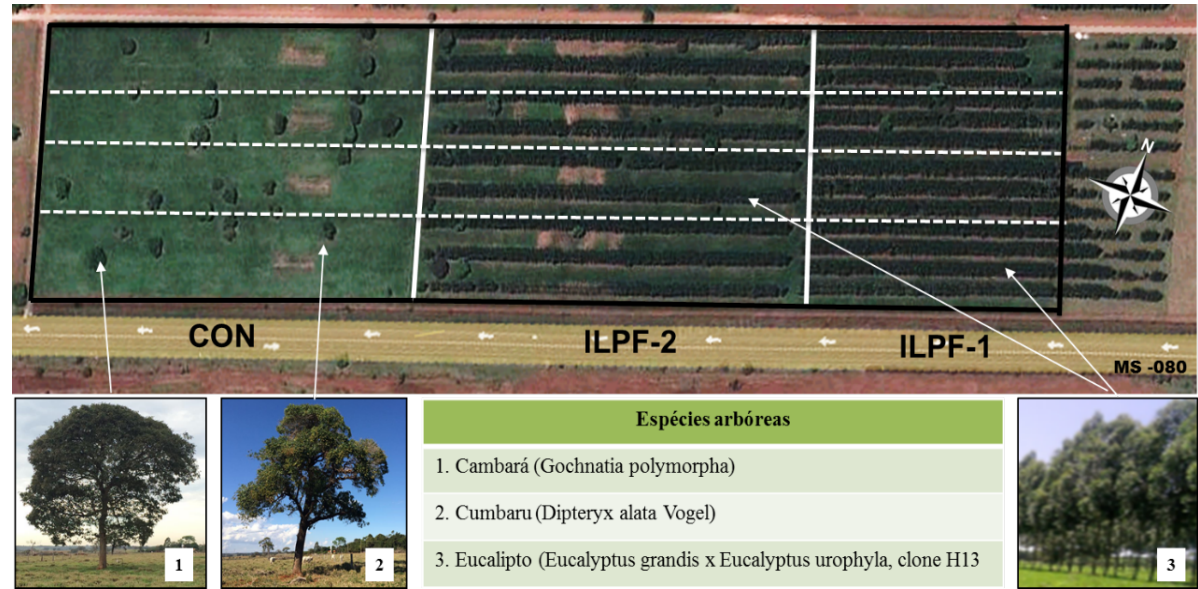


Figura 8 Área experimental da Fazenda Sede da Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil, com sistemas em integração com eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, clone H 13), em ILPF-1 e ILPF-2 e espécies arbóreas nativas dispersas (*Gochnatia* e *Dipteryx*) em CON

O valor nutricional apresentado pelo componente forrageiro no período experimental correspondeu a teor de matéria orgânica de 91,72, 91.73 e 91.66% e proteína bruta de 10,18, 9,22 e 8,47% no inverno, e, 91,92, 91,67 e 91,69% de matéria orgânica e 9,87, 8,32 e 6,91% de proteína bruta, no verão, em ILPF-1, ILPF-2 e CON, respectivamente.

Animais

Utilizou-se 24 fêmeas Nelore, com idade e peso vivo médio inicial de 16 meses e 264,8 kg, respectivamente, everminadas e tratadas com ectocida, conforme a necessidade de controle de mosca-do-chifre e carrapatos, durante todo o período experimental. Os animais foram distribuídos aleatoriamente, sendo dois animais-teste permanentes e número variável de animais reguladores, adicionados de acordo com a capacidade de suporte da pastagem, em cada piquete.

Todos os procedimentos e metodologias aplicados foram previamente aprovados pela Comissão de Ética no uso de animais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob protocolo nº 511/2013.

Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em esquemas de parcelas sub subdivididas. Os tratamentos corresponderam à parcela sistemas de produção (ILPF-1, ILPF-2 e CON), subparcela estação do ano (inverno e verão) e sub subparcela: horas do dia (1 a 24 h).

Parâmetros microclimáticos e índices de conforto térmico

Os dados microclimáticos foram coletados nos meses de julho (inverno) e dezembro (verão), em coincidência com o período de coleta da temperatura vaginal, com taxa de amostragem de 24 registros diários, a intervalos de uma hora, com início às 00:00h (GMT - 04:00), durante 28 dias consecutivos.

Para mensuração da temperatura do ar (T_a , °C), temperatura de ponto de orvalho (T_{po} , °C), e umidade relativa do ar (UR, %) foram utilizados termohigrômetros digitais (modelo HT-500, marca Instrutherm), inseridos em abrigos meteorológicos (Trumbo et al., 2012). Para

a temperatura de globo negro (T_{gn} , °C), os termohigrômetros foram encapsulados em boias plásticas de PVC (0,15 cm de diâmetro), externamente pintados com tinta de cor preto fosco (Souza et al., 2002). Os equipamentos foram alocados sob a sombra (A) e pleno sol (B), a 1,5m da superfície do solo (correspondente à altura do centro de massa de bovinos), durante o período de insolação, considerando-se a variação da projeção da sombra e ângulo, conforme Karvatte Júnior et al. (2016). No período noturno (ausência de luz solar), os equipamentos foram dispostos a 2 metros das árvores (A) e em um ponto central (B). Utilizou-se duas repetições de cada ponto amostrado, para cada piquete (Figura 9). Os dados meteorológicos do ambiente circundante foram coletados pela estação meteorológica A-702-INMET, distante 4 km da área experimental.

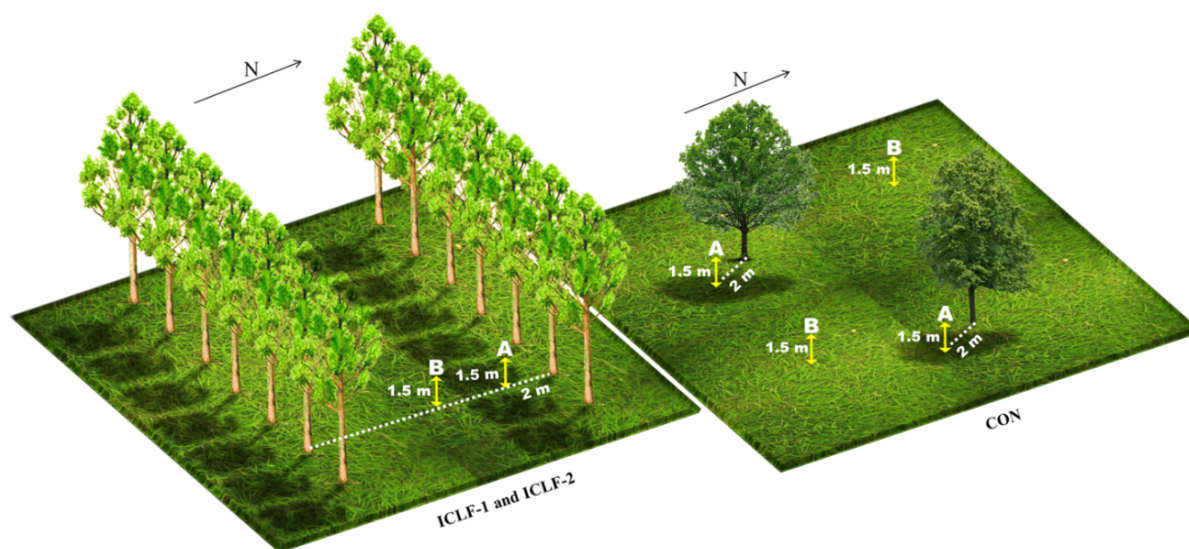


Figura 9 Representação esquemática da disposição dos equipamentos nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF-1 e ILPF-2) e controle (CON), alocados a pleno sol (A) e sob a projeção da sombra (B).

Para avaliação da condição de conforto térmico animal, foi calculado, a partir dos dados microclimáticos, o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), proposto por Buffington et al. (1981):

$$ITGU = t_{gn} + 0,36t_{bu} + 41,5$$

em que:

t_{gn} : temperatura de globo negro (°C);

t_{bu} : temperatura de bulbo úmido (°C).

Os valores de ITGU, de acordo com Baêta (1985) foram classificados pelo National Weather Service em: situação de: conforto (abaixo de 74), alerta (74 a 79), perigo (79 a 84) e emergência (acima de 84).

Temperatura vaginal

A temperatura vaginal (T_{vag}) foi obtida por meio de termorregistadores do tipo botão (*ibutton*, modelo DS1922L, marca Maxim IntegratedTM) com dimensões de 17,35 mm de circunferência, 5,89 de diâmetro e peso de 3,3 g, constituído por termômetro digital (capacidade de leitura em resolução de 0,5 °C, na faixa de 30 a 70 °C), relógio em tempo real (RTC) embutido com temporizador de precisão de ± 2 minutos e registros em memória protegida, afixados em dispositivo intravaginal adaptado (Burdick, et al., 2011). Os dispositivos intravaginais foram previamente submetidos à assepsia, intercalando períodos de molho e lavagem, a cada seis horas, durante dois dias, com detergente (Extran®, Merck), e, posteriormente esterilizados em autoclave. A taxa de amostragem e gravação da temperatura pelo *ibutton* foi predefinida em intervalos de uma hora durante 28 dias nos meses de julho (inverno) e dezembro (verão) de 2015.

No manejo de pesagem dos animais, os implantes adaptados com *ibutton* foram então inseridos com auxílio de um aplicador específico. Após o período de amostragem, os

equipamentos foram retirados, e, os dados transferidos, utilizando-se o software *OneWireViewer*, para análises posteriores. Não foi detectado nenhuma reação inflamatória clínica que possa ter influenciado os valores obtidos de temperatura vaginal.

Desempenho animal

Foi realizado, mensalmente, pesagem dos animais, após jejum sólido de 12 horas, para avaliação do ganho de peso total (GPT) e ganho de peso médio diário (GMD), conforme Oliveira et al. (2014). Para obtenção do ganho de peso total (GPT), calculou-se a diferença entre o peso inicial do animal, referente ao dia em que foram colocados os dispositivos intravaginais, e o peso obtido da pesagem do animal no dia da retirada desses implantes. O ganho médio diário (GMD) foi obtido pela divisão do GPT pelos 28 dias de avaliação.

Análise estatística

Aferiu-se a distribuição normal dos dados, por meio do teste de normalidade, utilizando o PROC UNIVARIATE. Assim, por se tratar de dados quantitativos, com distribuição normal e independência entre as observações, procedeu-se a correlação de Pearson (r) para identificação e quantificação das relações lineares, a partir dos coeficientes de correlação encontrados, entre a temperatura vaginal e as variáveis microclimáticas. Os coeficientes de correlação foram classificados em: $|r| = 0.00$, nula; $0.00 < |r| < 0.20$, muito fraca; $0.20 < |r| < 0.40$, fraca; $0.40 < |r| < 0.60$, moderada; $0.60 < |r| < 0.80$, forte; $|r| > 0.80$, muito forte; e $|r| = 1.00$, perfeita.

Em seguida, realizou-se a análise de variância (PROC GLM) considerando os efeitos fixos de sistema, estação, hora do dia e suas interações, considerando peso inicial como covariável, além da análise de regressão (PROC REG). Para análise de regressão, o modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijkl} = \alpha + S_i + E_j + H_k + \beta_1 X_{1ijkl} + \beta_2 X_{2ijkl} + \dots + \beta_p X_{pijkl} + e_{ijkl}$$

em que:

Y_{ijkl} é igual a variável dependente, na l-ésima observação, feita no i-ésimo sistema da j-ésima estação na k-ésima hora;

α é o intercepto;

S_i é o efeito do i-ésimo sistema;

E_j é o efeito da j-ésima estação;

H_k é o efeito da k-ésima hora;

B_m ($m=1, \dots, p$) são os coeficientes de regressão parcial sobre as variáveis ambientais (variável independente) cujas medidas são os valores X_{mijkl} , correspondente à observação

Y_{ijkl} ;

e e_{ijkl} , o erro aleatório.

As médias das variáveis temperatura vaginal (Tvag), ganho médio diário (GMD), ganho de peso total (GPT), e temperatura de globo negro (Tgn), foram comparadas pelo teste de Tukey considerando 95% de confiabilidade. No caso de interações significativas, as médias foram ajustadas utilizando o procedimento LSMEANS. Todas as análises foram feitas através do programa computacional Statistical Analysis System (SAS versão 9.2; SAS Institute Inc). O modelo estatístico adotando foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + S_j + e_{ij} + E_k + SE_{jk} + e_{ijk} + H_l + SH_{ji} + EH_{kl} + SEH_{jkl} + e_{ijkl}$$

em que:

μ = constante;

B_i é o efeito do i-ésimo bloco, $i = 1, \dots, 4$;

S_j é o efeito do j-ésimo sistema, $j = 1, 2, 3$;

e_{ij} é o resíduo a;

- 226 E_k é o efeito da k-ésima estação, $k = 1, 2$;
- 227 SE_{jk} é o efeito do j-ésimo sistema e k-ésima estação;
- 228 e_{ijk} = resíduo b;
- 229 H_l é o efeito da l-ésima hora, $l = 1, \dots, 24$;
- 230 SH_{jl} é o efeito do j-ésimo sistema na l-ésima hora;
- 231 EH_{kl} é o efeito da k-ésima estação na l-ésima hora;
- 232 SEH_{jkl} é o efeito da interação entre o j-ésimo sistema, k-ésima estação e l-ésima hora;
- 233 e_{ijkl} = resíduo c.

234

235 **Resultados**

236

237 Na caracterização do ambiente, o inverno apresentou menor valor para Ta (23,8, 23,4 e
 238 23,7°C); Tgn (25,2, 23,7 e 23,8°C); UR (59,9, 58,9 e 59,2%) e ITGU (72,0 70,2 e 70,4) em
 239 relação ao verão, com Ta (27,8, 27,8, 27,4°C); Tgn (28,4, 28,7 e 28,6°C); UR (71,6, 70,8 e
 240 72,7%) e ITGU (77,7, 78,0 e 77,9), para ILPF-1, ILPF-2 e CON, respectivamente.

241 A temperatura vaginal (Tvag) apresentou correlação positiva fraca (Tabela 7) com
 242 estação do ano ($r = 0,3413$), hora do dia ($r = 0,3034$), GPT ($r=0,3178$) e GMD ($r=0,3215$).
 243 Analisando as relações entre as variáveis microclimáticas e a Tvag, os resultados mostraram
 244 associações positivas fracas, de 0,20 e 0,28, com temperatura do ar (Ta) e temperatura de
 245 ponto de orvalho (Tpo), respectivamente, e, muito fraca com ITGU ($r = 0.1689$).

246

247

248

249

250

Tabela 7 Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre a temperatura vaginal – T_{vag} (°C), de novilhas Nelore, com as estações do ano, horas do dia, desempenho animal, e elementos climáticos em sistemas com diferentes ofertas de sombra.

Variável	T _{vag}	
	R	<i>p</i> -valor
Sistema	0,0408	0,0009
Estação	0,3413	< 0,0001
Hora	0,3034	< 0,0001
GPT	0,3178	< 0,0001
GMD	0,3215	< 0,0001
T _a	0,2014	< 0,0001
T _{po}	0,2814	< 0,0001
T _{gn}	0,1306	0,5358
UR	0,0077	< 0,0001
ITGU	0,1689	< 0,0001

T_{vag} = temperatura vaginal (°C), GPT = ganho de peso vivo total (kg), GMD = Ganho de peso médio diário (g), T_a = temperatura do ar (°C), T_{po} = temperatura do ponto de orvalho (°C), T_{gn} = temperatura de globo negro (°C), UR = umidade relativa do ar (%) e ITGU = índice de temperatura de globo e umidade.

O ganho de peso total (GPT) e o ganho médio diário (GMD) não apresentaram correlações significativas ($p > 0,05$) com sistema e hora (Tabela 8). Em contrapartida, GPT e GMD se relacionaram positivamente e com forte grau de associação com estação do ano ($p < 0,0001$), apresentando coeficiente de correlação igual a 0,7419 e 0,8026, respectivamente. Interpretando os coeficientes de correlação encontrados para GPT e GMD com as variáveis microclimáticas T_a e T_{gn}, foram observadas relações positivas com fraca associação, variando de 0,2995 a 0,3583 ($p < 0,0001$). A temperatura de ponto de orvalho (T_{po}) apresentou relação positiva com o desempenho animal ($p < 0,0001$), com associação moderada para GPT ($r = 0,5721$) e forte para GMD ($r = 0,6093$). Associação fraca e positiva foi encontrada entre ITGU e GPT ($r = 0,3725$) e ITGU e GMD ($r = 0,3962$).

Tabela 8 Matriz de correlação das variáveis sistemas, estações do ano, horas do dia, desempenho animal de novilhas Nelore e elementos climáticos de sistemas com diferentes ofertas de sombra.

	GPT	GMD	Ta	Tpo	Tgn	UR	ITGU
Sistema	0,0206	0,0142	-0,0849*	-0,0342*	-0,1285*	0,0814*	-0,1191*
Estação	0,7419*	0,8026*	0,4189*	0,7293*	0,3821*	0,1207*	0,4751*
Hora	0,0001	0,0001	0,0676*	0,0170	0,0457*	-0,0850*	0,0433*
GPT	1	0,9936*	0,3391*	0,5721*	0,2995*	0,0824*	0,3725*
GMD	-	1	0,3583*	0,6093*	0,3183*	0,0912*	0,3962*
Ta	-	-	1	0,5842*	0,9177*	-0,6871*	0,9165*
Tpo	-	-	-	1	0,5789*	0,1694*	0,6996*
Tgn	-	-	-	-	1	-0,5997*	0,9876*
UR	-	-	-	-	-	1	-0,4929*
ITGU	-	-	-	-	-	-	1

*Significativo a 5%.

GPT = ganho de peso vivo total (kg), GMD = Ganho de peso médio diário (g), Ta = temperatura do ar (°C), Tpo = temperatura do ponto de orvalho (°C), Tgn = temperatura de globo negro (°C), UR = umidade relativa do ar (%) e ITGU = índice de temperatura de globo e umidade.

Tabela 9 Coeficientes de regressão parcial e respectivos desvios padrão de uma função linear para a temperatura vaginal de novilhas Nelore em sistemas com diferentes ofertas de sombra.

Variável	b	Desvio padrão	Pr > t
Intercepto	34,0568	0,3904	< 0,0001
Estação	0,7036	0,0453	< 0,0001
Hora	0,0262	0,0009	< 0,0001
GPT	0,0848	0,0097	< 0,0001
GMD	-0,0017	0,0002	< 0,0001
Peso1	0,0049	0,0003	< 0,0001
Tgnsol	-9,9283	3,2628	0,0024
Tgnsom	-9,9356	3,2634	0,0023
Tgnmed	19,8223	6,5262	0,0024
ITGUmed	0,0350	0,0087	< 0,0001

Significativo ($p < 0,05$).

GPT = ganho de peso vivo total (kg); GMD = Ganho de peso médio diário (g); Tgnsol = temperatura de globo negro ao sol (°C); Tgnsom = temperatura de globo negro à sombra (°C); gnmed = temperatura de globo negro média (°C); ITGUmed = índice de temperatura de globo e umidade médio.

Variações na Tgnmed não demonstraram o mesmo padrão de resposta em T_{vag} (Figura 10). Para cada unidade de aumento na Tgnmed, na faixa entre 0 a 8°C, observou-se aumento de 0,03°C na T_{vag}. Para Tgnmed, entre 9 e 25°C, o aumento na T_{vag} foi de 0,02°C, e de 0,01°C, entre 26 e 41°C, para cada unidade aumentada de Tgnmed. Valores de Tgnmed acima de 42 graus não influenciaram a T_{vag}.

Em Tgnsol, na faixa de 0 a 12°C, observou-se aumento de 0,02°C, e, de 0,01°C entre 13 e 37°C, em T_{vag}, para cada grau aumentado em Tgnsol. Diferentes padrões de resposta na T_{vag} foram observados em relação a Tgnsom. Aumentos de 0,04°C (Tgnsom entre 1 a 7°C), 0,03°C (Tgnsom entre 8 e 15°C), 0,02°C (Tgnsom entre 16 a 22°C) e 0,01°C (Tgn entre 23 a 29°C), foram observados em T_{vag}, em cada aumento em um grau na Tgnsom. Entre os valores de 30 a 36°C de Tgnsom, a T_{vag} não sofreu alterações. Para Tgnsom, acima de 37°C,

os efeitos na T_{vag} são inversos. À medida em que aumenta-se um grau em T_{gnsom} , a T_{vag} decresce em até $-0,03^{\circ}\text{C}$.

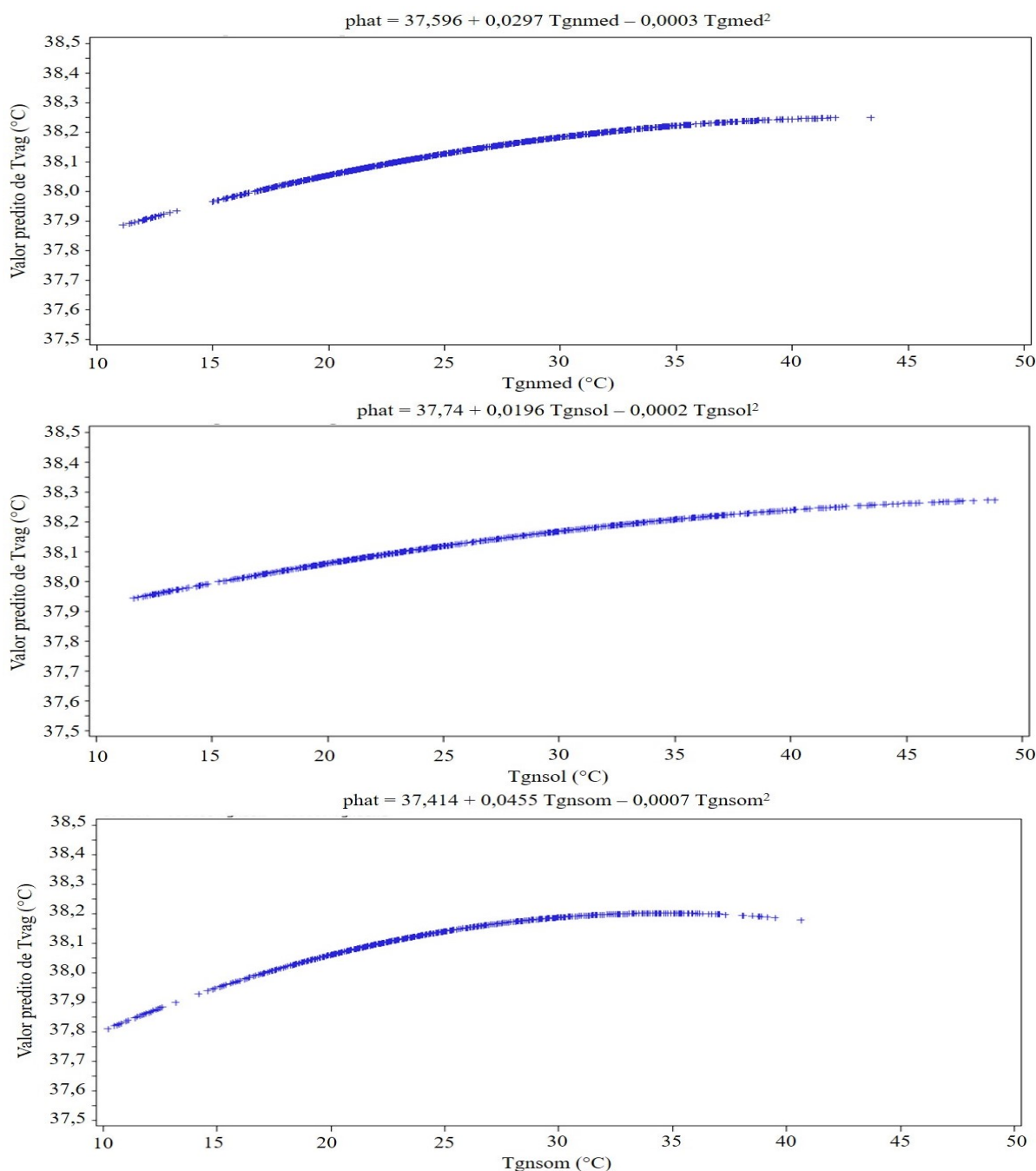


Figura 10 Temperatura vaginal (T_{vag} , $^{\circ}\text{C}$) de novilhas Nelore em função da temperatura de globo negro média (T_{gnmed} , $^{\circ}\text{C}$), temperatura de globo negro ao sol (T_{gnsol} , $^{\circ}\text{C}$) e temperatura de globo negro à sombra (T_{gnsom} , $^{\circ}\text{C}$) de sistemas com diferentes disponibilidade de sombra.

A T_{vag} apresentou mesmo padrão de resposta à medida que o ITGU_{med} aumentava. Em uma T_{vag} de 37,02°C, o valor de ITGU_{med} é nulo. Para cada aumento em uma unidade de ITGU observa-se acréscimo de 0,0164°C na T_{vag} (Figura 11).

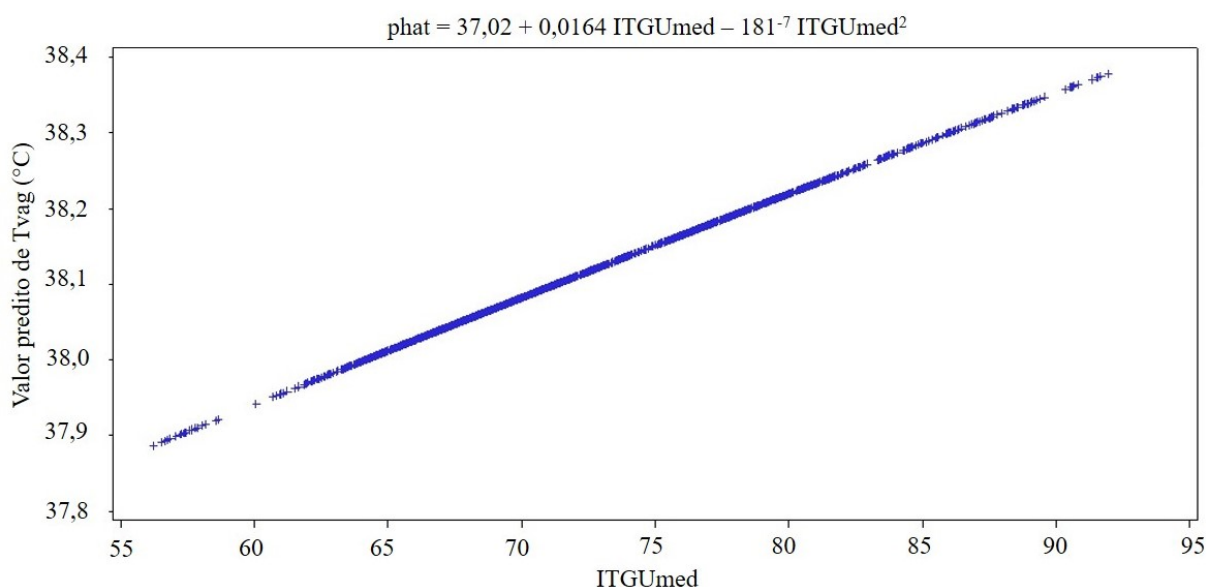


Figura 11 Temperatura vaginal (T_{vag}, °C) de novilhas Nelore em função do índice de temperatura de globo e umidade médio (ITGU_{med}) de sistemas com diferentes disponibilidade de sombra.

No inverno, a T_{gnmed} começou a aumentar a partir das 6:00h, atingindo valor máximo entre as 12:00 e 13:00h, e declinando a partir das 14:00h. Para o verão, a T_{gnmed} apresentou aumentos a partir das 07:00h, com ponto máximo às 16:00h no ILPF-1 e ILPF-2, e 13:00h no sistema CON. Em T_{vag}, observa-se aumento de seus valores às 08:00h, atingindo valor máximo às 16:00h e 17:00, no verão e inverno, respectivamente, com queda em seus valores após estes horários.

A T_{vag} e o T_{gnmed} apresentaram diferenças significativas entre sistema e hora (Figura 12). A T_{vag} apresentou diferença significativa entre os sistemas, no período

compreendido entre às 19:00 e 6:00h, e, às 09:00, 13:00 e 15:00h. A T_{vag} em ILPF-1, foi superior ao ILPF-2 em todos os horários observados. Às 11:00 e 12:00h o sistema CON assemelhou-se ao ILPF-1, e, às 07:00, 08:00, 10:00, 14:00h e entre às 16 e 18:00h, ao ILPF-2.

Para T_{gn}, observou-se que os sistemas não apresentaram diferença significativa entre si no período compreendido entre às 18:00 e 05:00h. O ILPF-1 e ILPF-2 obtiveram T_{gn} semelhantes às 06:00, 07:00 e 08:00h, e o CON os menores valores para T_{gn}. Das 9:00 às 11:00h a T_{gn} do CON não diferiu do ILPF-2. Às 16:00 e 17:00h, os valores de T_{gn} encontrados para ILPF-1 assemelharam-se aos do sistema CON. Às 12:00h, no pico máximo, a T_{gn}, de todos os sistemas, foi diferente entre os sistemas avaliados.

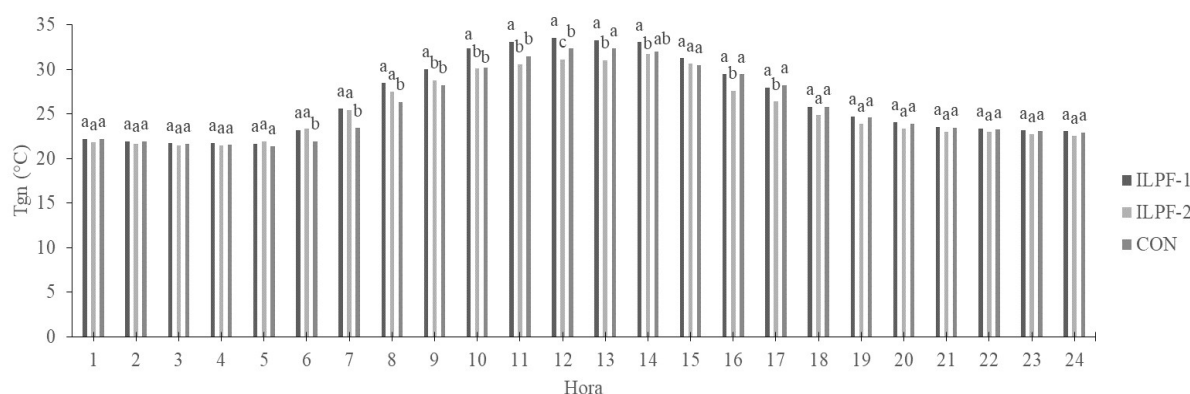
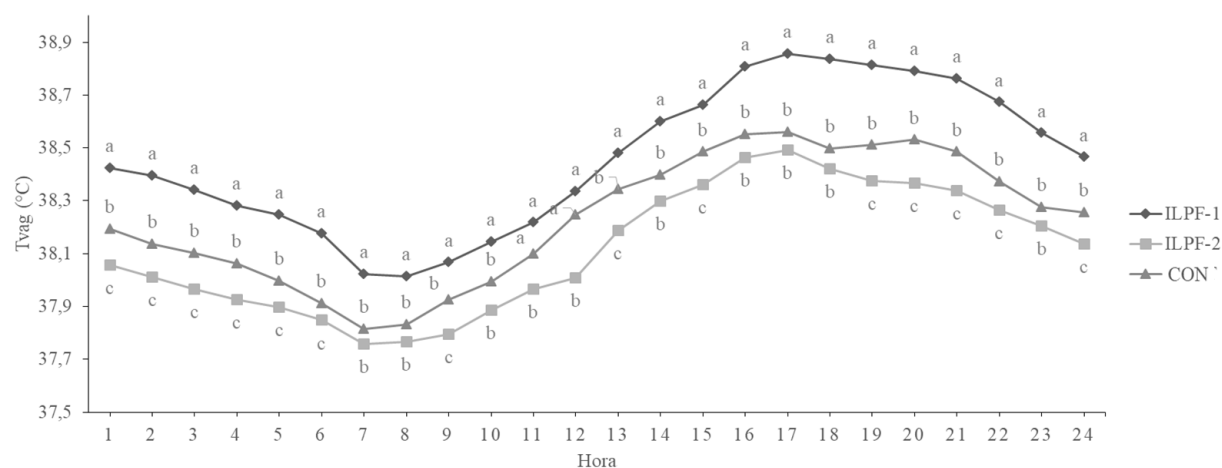


Figura 12 Valores médios da interação sistema x hora das variáveis temperatura vaginal (T_{vag}, °C) de novilhas Nelore e da temperatura de globo negro médio (T_{gnmed}, °C), em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILP-1 e ILPF-2) e sistema controle (CON).

Médias seguidas de letras diferentes entre os sistemas diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Efeito da interação sistema x estação foi significativo ($p < 0,05$) para a variável GMD (Tabela 10). Todos os sistemas apresentaram GMD distintos, entre eles. O maior GMD ocorreu no verão do sistema ILPF-1, e, menor, no inverno do CON. Nota-se, ainda, GMD maior na estação do verão, que no inverno. Não houve efeito da interação sistema x estação sobre a variável T_{vag}.

Tabela 10 Valores médios, da interação sistema x estação, de variáveis de desempenho e fisiológica de fêmeas Nelore em sistemas com diferentes ofertas de sombra.

Sistema	Estação	GMD	T _{vag}
ILPF-1	Inverno	396,74 d	37,95 a
	Verão	1236,11 a	38,68 a
ILPF-2	Inverno	228,26 e	37,72 a
	Verão	818,99 c	38,51 a
COM	Inverno	163,04 f	38,26 a
	Verão	1139, 85 b	38,10 a

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

GMD = ganho de peso médio diário (kg); T_{vag} = temperatura vaginal (°C).

Discussão

A associação positiva encontrada entre T_{vag} e as variáveis de desempenho animal, demonstram aumento no ganho de peso à medida em que a T_{vag} é aumentada (Tabela 7). Esperava-se que essa relação fosse inversa, porém, podemos sugerir que os animais foram eficientes em contornar as condições de estresse térmico por calor sem que o seu desempenho fosse prejudicado.

A relação positiva entre o ITGU e a T_{vag} ocorreu conforme esperado, uma vez que a maior parte dos elementos climáticos são utilizados no cálculo deste índice, os quais, também apresentaram relação positiva com T_{vag} (Tabela 08), destacando-se a alta correlação encontrada entre este índice e a T_{gn}. A maior parte das pesquisas relaciona a temperatura retal ao índice de temperatura e umidade (ITU). Por exemplo, Hoope et al. (2017) observaram relações negativas entre T_{vag} de Nelore e ITU. Os resultados desses autores contrariam os encontrados neste trabalho, podendo ser explicado pelo uso de um índice que não leva em consideração o importante efeito da radiação solar. De fato, quando considera-se a radiação solar para classificação do quanto o ambiente é ou não termicamente confortável, essa relação pode se tornar positiva, uma vez que aumentos nessa variável levam ao incremento da temperatura do ar, em especial a temperatura de globo negro, o que, como consequência fornece maior carga de calor ao organismo animal.

Na análise de regressão, os resultados encontrados mostrando que a temperatura de globo negro (T_{gn}) explica a maior parte da variação da T_{vag}, pode ser associada à capacidade que esta variável tem de fornecer informações sobre os efeitos combinados da temperatura do ar, radiação solar e velocidade do vento (Kelly e Bond, 1971). Esse resultado, de fato, é de grande interesse, já que o acionamento dos mecanismos termorreguladores de bovinos está associado às condições proporcionadas pelo ambiente térmico, ou seja, a combinação dos elementos climáticos, e não ao efeito desses elementos de forma individual.

Apesar das variáveis T_{vag} e T_{gn} apresentarem o mesmo padrão de variação ao longo do dia, existe um atraso no aumento de T_{vag} em relação a T_{gn}. No momento em que a T_{gn} começou a aumentar, a T_{vag} demorou, em média, duas horas para apresentar aumento em seus valores, no inverno, e de uma hora, no verão. Quando o pico máximo de T_{gn} foi atingido, a resposta de T_{vag} apresentou intervalo ainda maior, com valores máximos de T_{vag} encontrados após duas a quatro horas do registro da T_{gn} máxima. Esse período existente para

Tvag responder à variação ambiental pode ser explicado pela dependência do gradiente térmico existente entre o animal e o ambiente. Em resumo, à medida que a temperatura ambiente aumenta, o organismo demanda um intervalo de tempo para que a temperatura vaginal seja comprometida. Do mesmo modo, à medida que o ambiente se torna mais fresco, a perda de calor corporal também necessita de um período para responder fisiologicamente, baseando-se na redução dos valores de Tvag. Isso demonstra que a Tvag não sofre efeito imediato da variação de Tgn, sendo necessário um período para observarmos alterações em Tvag.

A zona de conforto térmico para zebuínos encontra-se na faixa de temperatura do ar entre 10 a 27°C, e limite crítico acima de 35°C (Baêta e Souza, 2010). Nas condições experimentais, os animais encontravam-se sob desconforto térmico no verão, com valores ultrapassando a zona de termoneutralidade para Ta e com Tgn acima de 23 °C (Ferreira et al., 2006). No entanto, ressalta-se, ainda, que, no verão, verificou-se valores de Ta máxima de 41,8, 40,6 e 40,0°C, em ILPF-1 e ILPF-2 e CON, respectivamente, caracterizando uma condição de estresse térmico por calor entre os horários das 11 e 13h. A UR esteve dentro da faixa ideal (50-70%) para bovinos (Ferreira, 2005).

A temperatura retal de bovinos Nelore encontra-se na faixa de temperatura entre 37,5 a 39,5°C (Wenz et al., 2011; Barbosa et al., 2014). Relação positiva de 62% entre a temperatura vaginal e a temperatura retal foram encontradas por Hoope et al. (2017) que verificaram diferenças de 1,14°C no período da manhã e de 0,51°C à tarde, entre a temperatura retal e a vaginal. Partindo deste pressuposto, apesar das condições ambientais adversas, todos os animais conseguiram manter a temperatura retal dentro do limite esperado para a raça Nelore. Os resultados de Hoope et al. (2017) sugerem a eficiência do mecanismo homeostático desses animais em prevenir aumento considerável na temperatura vaginal.

Os resultados da interação sistema x ano demonstram que o sistema ILPF-1 proporcionou uma condição térmica mais desfavorável que os demais sistemas avaliados. Esses resultados refletiram-se, também, na temperatura vaginal, em que os animais produzidos nesse sistema (ILPF-1) obtiveram maior incremento na Tvag. Já o sistema ILPF-2 apresentou melhor condição térmica e, conseqüentemente, os animais obtiveram os menores valores de Tvag. Isso demonstra que o efeito do sombreamento nem sempre vem acompanhado de bons resultados em relação ao conforto térmico. O fato do sistema ILPF-1 ser o mais adensado, é a causa mais provável para os resultados de Tvag e Tgn serem maiores neste sistema, uma vez que o sistema provavelmente se torna mais abafado, principalmente por reter mais calor dentro dele. O sistema CON obteve resultados intermediários aos sistemas de ILPF, devido a maior taxa de radiação incidente sobre o animal ocorrer neste sistema. Apesar dos animais nesse sistema estarem sob efeito da radiação solar, provavelmente, essa condição favorável intermediária aos outros sistemas, pode ser explicada também pelo mecanismo de perda de calor através do vento. Em estudo realizado por Karvatte et al. (2016), na mesma área experimental, observou-se valores mais altos de velocidades do vento no sistema CON, seguido do ILPF-2 e ILPF-1, o que demonstra que as árvores funcionam como barreira contra as correntes de vento, e quanto mais adensado for o sistema, menos vento circulante terá dentro dele, justificando os resultados aqui encontrados. O ILPF-2, portanto sobressaiu-se em relação aos demais, mostrando que o equilíbrio entre o fornecimento de sombra e a variação do microclima desse sistema foi capaz de reduzir o ganho de calor dos animais através do ambiente.

As diferenças encontradas na interação sistema x estação para o ganho de peso médio diário (GMD) não acompanharam os resultados encontrados em Tvag, pois este último não apresentou interação significativa para essa interação. Trabalho realizado por Oliveira et al. (2014) avaliando desempenho de novilhas Nelore, em sistemas com diferentes ofertas de

sombra, encontraram GMD maior para o verão (GMD= 500 g em sistemas com oferta de sombra limitada; GMD= 510 g, com adensamento intermediário; e GMD= 600 g em sistemas mais adensados), em relação ao inverno. Marcillac-Embertson et al. (2009), avaliando efeito do acesso à sombra sobre o GMD de novilhas, observaram aumento no ganho de peso em 190 g/dia. O maior ganho no verão corrobora os resultados encontrados neste trabalho; no entanto, a T_{vag} parece estar pouco associada a esta variável ou, ainda, a raça Nelore mostrou-se eficiente em contornar as condições térmicas estressantes, sem de fato prejudicar a produção desses animais. No entanto, o menor GMD do inverno pode ter sido influenciado por outros fatores, dentre eles a menor oferta de forragem nesse período, considerando as condições climáticas desfavoráveis dessa estação, principalmente a menor precipitação, o que reduz o potencial produtivo da forrageira e, por consequência, o desempenho animal.

Em conclusão, a oferta de sombra em diferentes graus modifica a temperatura vaginal, a qual demonstrou ser um bom indicador de estresse térmico, podendo ser usado como parâmetro de avaliação do mecanismo termorregulador.

Agradecimentos

À Fundect, pela bolsa de Doutorado, ao CNPq e Fundect, pelo financiamento de pesquisa

Referências

- Azevedo M, Pires MFA, Satumino HM, Lana AMQ, Sampaio IBM, Monteiro JBN, Morato LE (2005) 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. **Rev Bras Zootec** 34(6):2000-2008

- 469 Baêta FC (1985) Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature,
 470 humidity and wind velocity in the warm season. Thesis (Ph.D). University of
 471 Missouri, Columbia
- 472 Baêta FC, Souza CF (2010). *Ambiência em Edificações Rurais: Conforto animal*. 2.ed.
 473 Editora UFV, Viçosa, Brasil
- 474 Barbosa BRP, Santos SA, Abreu UGP de, Egito AA, Comastri Filho JÁ, Juliano RS, Paiva
 475 SR, McManus C (2014) Tolerância ao calor em bovinos das raças Nelore branco,
 476 Nelore vermelho e Pantaneiro. **Rev Bras Saúde Prod Anim** 15(4):854-865
- 477 Buffington DE, Collazo-Arocho A, Canton GH, Pitt D, Thatcher WW, Collier RJ (1981)
 478 Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Trans Am**
 479 **Soc Agric Eng** 24:711–714
- 480 Burdick NC, Carroll JA, Randel RD, Falkenberg SM, Schmidt TB (2011) Development of a
 481 self-contained, indwelling vaginal temperature probe for use in cattle research. **J**
 482 **Therm Biol** 37(4):339-343
- 483 Ferreira R (2005) *Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos*. Viçosa:
 484 Aprenda Fácil Editora, Viçosa, Brasil
- 485 Flumignan DL, Fietz CR, Comunello E (2015) O Clima na Região do Bolsão de Mato Grosso
 486 do Sul. **Documentos** 127, Embrapa, Dourados, Brasil
- 487 Hooper HB, Henrique FL, Rodríguez LFP, Pereira AMF, Titto CG, Titto AL (2017) Heat loss
 488 efficiency and thermoregulation responses of Nelore cows. **In**: VII Brazilian
 489 Congress of Biometeorology, Ambience, Behaviour and Animal Welfare,
 490 Jaboticabal, Brazil DOI: 10.6084/m9.figshare.5176753
- 491 Karvatte Junior N, Klosowski ES, Almeida RG de, Mesquita EE, Oliveira CC de, Alves FV
 492 (2016) Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated

- 493 crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. International. **J of**
 494 **Biometeorology** 60:1-9
- 495 Kelly CF, Bond TE (1971). Bioclimatic factors and their measurements. In: National
 496 Academy of Sciences: a guide to environmental research on animals. NAS,
 497 Washington
- 498 Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F (2006) World map of the Köppen-Geiger
 499 climate classification updated. **Meteorol Z** 15:259–263
- 500 Maia ASC, Silva RG, Bertipaglia ECA (2003) Características do pelame de vacas Holandesas
 501 em ambiente Tropical: Um estudo genético adaptativo. **Rev Bras de Zootec**
 502 32(4):843-853
- 503 Marcuzzo FFN, Melo DCR, Costa HC (2012) Sazonalidade e distribuição espaço-temporal
 504 das chuvas no bioma do cerrado do estado do Mato Grosso do Sul. **Rev Bras de**
 505 **Recur Híd** 17(1):77-86
- 506 Marcillac-Embertson NM, Robinson PH, Fadel JG, Mitloehner FM (2009) Effects of shade
 507 and sprinklers on performance, behavior, physiology, and the environment of heifers.
 508 **J Dairy Sci** 92(2), p. 506-517
- 509 Oliveira CC de, Villela SDJ, Almeida RG de, Alves FV, Behling-Neto A, Martins PGM de A
 510 (2014) Performance of Nellore heifers, forage mass, and structural and nutritional
 511 characteristics of *Brachiaria brizantha* grass in integrated production systems. **Trop**
 512 **Anim Health Prod** 46:167-172
- 513 Sandeville Júnior E (2004) A divisão natural das paisagens brasileiras. **Paisagem Ambiente**
 514 **Ensaio** 18:71–98
- 515 Silva RG (2000) Introdução à bioclimatologia animal. Nobel, São Paulo
- 516 Souza CF, Tinôco IFF, Baêta FC, Ferreira WPM, Silva RS (2002) Avaliação de materiais
 517 alternativos para confecção do termômetro de globo. **Cienc Agrotecn** 26(1):157-164

- 518 Trumbo BA, Wise LM, Hudy M (2012) Influence of protective shielding devices on recorded
519 air temperature accuracy for a rugged outdoor thermal sensor used in climate change
520 modeling. **NESA** 3(1):42-50
- 521 Wenz JR, Moore DA, Kasimanickam R (2011) Factors associated with the rectal temperature
522 of Holstein dairy cows during the first 10 days in milk. **J Dairy Sci** 94:1864–18
523