

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA**

NATANI SILVA REIS

**SOMBRA MODIFICA AS RESPOSTAS COMPORTAMENTAIS E FISIOLÓGICAS
DE VACAS LEITEIRAS DE BAIXA A MÉDIA PRODUÇÃO EM PASTAGENS DE
SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA FLORESTA**

UBERLÂNDIA – MG

2022

NATANI SILVA REIS

SOMBRA MODIFICA AS RESPOSTAS COMPORTAMENTAIS E FISIOLÓGICAS DE
VACAS LEITEIRAS DE BAIXA A MÉDIA PRODUÇÃO EM PASTAGENS DE
SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA FLORESTA

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciências Veterinárias.

Área de concentração: Produção Animal

Orientador: Profa. Dra. Isabel Cristina Ferreira

Linha de pesquisa: Manejo e Eficiência de Produção dos Animais, seus Derivados e Subprodutos

UBERLÂNDIA – MG

2022

NATANI SILVA REIS

SOMBRA MODIFICA AS RESPOSTAS COMPORTAMENTAIS E FISIOLÓGICAS DE
VACAS LEITEIRAS DE BAIXA A MÉDIA PRODUÇÃO EM PASTAGENS DE
SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA FLORESTA

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciências Veterinárias.

Área de concentração: Produção Animal

Uberlândia, 28 de janeiro de 2022

Banca Examinadora:

Isabel Cristina Ferreira – Prof. Dra. (EMBRAPA)

Janine França – Prof. Dra. (UFU)

Concepta Margaret MacManus – Prof. Dra. (UNB)

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

R375 Reis, Natani Silva, 1990-
2022 Sombra modifica as respostas comportamentais e fisiológicas de vacas leiteiras de baixa a média produção em pastagens de sistemas de Integração Lavoura Pecuária Floresta [recurso eletrônico] / Natani Silva Reis. - 2022.

Orientadora: Isabel Cristina Ferreira.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Ciências Veterinárias.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em:
<http://doi.org/10.14393/ufu.di.2022.50>Inclui bibliografia.

1. Veterinária. I. Ferreira, Isabel Cristina, 1975-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Ciências Veterinárias. III. Título.

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2: Gizele

Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias

BR 050, Km 78, Campus Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
Telefone: (34) 2512-6811 - www.ppgcv.famev.ufu.br - mesvet@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	CIÊNCIAS VETERINÁRIAS				
Defesa de:	DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO Nº PPGCVET/ 005/2022				
Data:	28 de janeiro de 2022	Hora de início:	14:06	Hora de encerramento:	16:20
Matrícula do Discente:	12012MEV011				
Nome do Discente:	NATANI SILVA REIS				
Título do Trabalho:	SOMBRA MODIFICA AS RESPOSTAS COMPORTAMENTAIS E FISIOLÓGICAS DE VACAS LEITEIRAS DE BAIXA A MÉDIA PRODUÇÃO EM PASTAGENS DE SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA FLORESTA				
Área de concentração:	PRODUÇÃO ANIMAL				
Linha de pesquisa:	MANEJO E EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO DOS ANIMAIS, SEUS DERIVADOS E SUBPRODUTOS				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO REPRODUTIVO E PRODUTIVO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO				

Reuniu-se por Videoconferência (meio eletrônico), da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, assim composta: Professores Doutores: **Janine França - FAMEV/UFU; Concepta Margaret MacManus - UNB e Isabel Cristina Ferreira - EMBRAPA**, orientadora da candidata.

Iniciando os trabalhos a presidente da mesa, Dra. Isabel Cristina Ferreira, apresentou a Comissão Examinadora e o candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Janine França, Professor(a) do Magistério Superior**, em 28/01/2022, às 16:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Isabel Cristina Ferreira, Usuário Externo**, em 28/01/2022, às 16:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Concepta Margaret McManus Pimentel, Usuário Externo**, em 31/01/2022, às 12:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3317420** e o código CRC **17E80619**.

SOMBRA MODIFICA AS RESPOSTAS COMPORTAMENTAIS E FISIOLÓGICAS DE
VACAS LEITEIRAS DE BAIXA A MÉDIA PRODUÇÃO EM PASTAGENS DE
SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA FLORESTA

RESUMO

A produção de leite no Brasil concentra-se principalmente na região tropical, com características climáticas de altas temperaturas, umidade do ar elevada e ventos fortes, que são características que afetam o conforto e bem estar de vacas em lactação em sistemas de pastagens. Nestas condições o fornecimento de sombra é essencial para mitigar os efeitos do excesso de calor recebido através da radiação solar direta, principalmente nas horas mais quentes do dia. Os sistemas de Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF) beneficiam tanto os animais em condições de bem estar, quanto o desenvolvimento da gramínea forrageira, mitigação de emissão de gases de efeito estufa, além de produzir produtos madeireiros e não madeireiros, visando o benefício econômico do produtor. Vacas em lactação expostas à estresse por calor em ambientes de pastagens mudam seus comportamentos na tentativa de manter o equilíbrio homeostático de troca de calor interno com o ambiente. Tempos destinados à ruminância, ócio e atividades, assim como a produção de leite, são afetados de acordo com o ambiente em que o animal se encontra. As características morfológicas de cor de pelame, pele, espessura do pelo podem auxiliar na redução da carga térmica incidente em condições de incidência direta de radiação solar e altas temperaturas para vacas leiteiras em sistemas de produção a pasto. Características fisiológicas, como temperatura corporal, temperatura retal e escore de ofegação, podem ser prejudicadas em ambientes de maior desafio para os animais. O objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas comportamentais e fisiológicas de vacas Gir e Girolando em sistemas de Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF) e a pleno sol.

Palavras-chaves: Estresse por calor. Comportamento animal. Características morfológicas.

SHADE MODIFIES BEHAVIORAL AND PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF LOW TO MEDIUM PRODUCTION DAIRY COWS AT PASTURE IN AN INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FOREST SYSTEM

ABSTRACT

Milk production in Brazil is concentrated mainly in the tropical region, with climatic characteristics of high temperatures, high air humidity and strong winds, which are factors that affect the comfort and well-being of lactating cows in pasture systems. Under these conditions, the presence of shade is essential to mitigate the effects of excess heat received through direct solar radiation, especially during the hottest hours of the day. The Crop-Livestock Forest Integration (ICLF) systems benefit both the animals in welfare conditions, the development of forage grasses, mitigation of greenhouse gas emissions, and the production of wood and non-wood products for the producer's economic benefit. Lactating cows exposed to heat stress in pasture environments change their behavior in an attempt to maintain the homeostatic balance of exchanging internal heat with the environment. Rumination, idleness and activity times, as well as milk production, are affected by the environment the animal is exposed to. Physiological characteristics, such as rectal temperature, panting score, among others, may be impaired in more challenging environments for the animals. The morphological characteristics of coat color, skin, and hair thickness can help reduce the incident thermal load in conditions of direct solar radiation and high temperatures for dairy cows in pasture production systems. The objective of this study was to evaluate the behavioral and physiological responses of Gir and Girolando cows in integrated crop-livestock-forest (CLI) systems and in full sun.

Keywords: Heat stress. Animal Behavior. Morphological Characteristics

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1	INTRODUÇÃO	07
2	REVISÃO DE LITERATURA	07
3	OBJETIVOS	15
	3.1 Objetivo Geral.....	15
	3.2 Objetivos Específicos.....	15
	REFERÊNCIAS	16

CAPÍTULO 2 - SHADE MODIFIES BEHAVIORAL AND PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF LOW TO MEDIUM PRODUCTION DAIRY COWS AT PASTURE IN AN INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FOREST SYSTEM

1	INTRODUCTION	22
2	MATERIALS AND METHODS	23
	2.1 Treatments and Experimental Area Description.....	23
	2.2 Animals and Experimental Design.....	23
	2.3 Animal Measurements.....	23
	2.4 Thermal Index Acquisition in Natural Shade and Full Sun.....	24
	2.5 Statistical Analysis.....	24
3	RESULTS	25
4	DISCUSSION	28
	4.1 Thermal Index Obtained in Natural Shade and Full Sun.....	28
	4.2 Morphological Characteristics of Skin, Coat and Body Measures of Cows in Shaded ICLF and Full Sun Systems.....	29
	4.3 Animal Behavior and Ingestion.....	29
	4.4 Surface and Rectal Temperatures.....	30
	4.5 Panting Score.....	30
5	CONCLUSIONS	31
	REFERENCES	31

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, as propriedades leiteiras predominam em sistemas de pastagens, e as variações climáticas podem interferir no desempenho produtivo, comportamento, saúde e bem-estar dos animais (STIVANIN et al., 2019). A maioria das doenças que acometem vacas de leite tem início antes mesmo de apresentar sinais clínicos, e as mudanças comportamentais e queda no desempenho são sinais que podem detectar precocemente doenças mais graves no rebanho (BRASSEL et al., 2019).

Como alternativa para promover conforto e bem estar para os animais em pastagens, o sistema de Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF) é empregado em diversas propriedades na região do Cerrado, como alternativa para mitigar os efeitos da incidência direta de radiação solar, altas temperaturas e ventos, que por sua vez, promovem condições de estresse por calor em vacas leiteiras de alta produção (STIVANIN et al., 2019). Os animais homeotérmicos necessitam de condições de conforto em seu ambiente de produção para manter em equilíbrio a energia interna produzida e a energia perdida para o ambiente, através de mecanismos de dissipação de calor que são ativados em condições de desconforto tanto para animais submetidos a temperaturas baixas, quanto para animais em condições de estresse por altas temperaturas (ALVES et al., 2019).

A avaliação das características morfológicas, presentes nas raças mais adaptadas ao clima do Cerrado, como Gir e Girolando, assim como as mudanças comportamentais e fisiológicas que estes animais apresentam em condições de estresse por calor, são estimativas fundamentais para garantir que a produção leiteira se mantenha nas diferentes épocas do ano, principalmente nos meses mais quentes, promovendo conforto térmico, bem estar dos animais e longevidade nos rebanhos (FAÇANHA et al., 2010).

2 REVISÃO DE LITERATURA

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil, com uma área de 203,4 milhões de hectares, 84,4 milhões de hectares são destinados a agricultura e pecuária, e destas áreas 27,8% são utilizadas para a produção de leite (PARENTE et al., 2017). Grande parte da sua produção é proveniente de pequenas propriedades, em que o sistema de produção, mesmo em dias atuais, não segue um modelo padronizado, e o uso de sistemas a pasto predomina na produção de leite

(MCMANUS et al., 2014). Grande parte da atividade pecuária do país se encontra em baixa produtividade, com qualidade do pasto abaixo do esperado, áreas degradadas e a falta de tecnologias para intensificar a produção no Cerrado tem gerado prejuízos econômicos e ambientais (VILELA et al., 2018). Durante as últimas cinco décadas a produção de leite foi sete vezes maior, com aumento de 30 milhões de toneladas no país, com contribuição de 27,8% dessa produção na região do Cerrado, gerando um aumento de 337,5% da produção de leite nacional (SKORUPA et al., 2019). O potencial de produção do Cerrado tem sido prejudicado pelas condições de baixa produtividade das áreas degradadas, e o uso de tecnologias e estratégias de manejo que visem o aumento da produção sustentável de leite no Cerrado, com condições de conforto e bem estar para os animais de produção, tem sido tema de planos governamentais, estratégias políticas e pesquisas científicas (VILELA et al., 2018).

O clima do Cerrado possui duas estações bem definidas com verão chuvoso nos meses de outubro a abril e o inverno seco que abrange os meses de maio a setembro, característicos do clima tropical. Nos meses de outubro a abril a predominância das chuvas atingem até 90% da capacidade de precipitação do ano. A temperatura média anual varia de 18 a 27 °C, com mínima de 8 °C e máxima de 34 °C (BOLFE et al., 2020).

Os animais homeotérmicos dependem da “zona de termoneutralidade”, faixa em que em temperatura ambiente, o animal seja capaz de dissipar calor em maior quantidade que produz-lo metabolicamente (SILVA, 2009). Em condições de termoneutralidade, o animal se encontra livre de estresse por frio ou por calor. Vacas leiteiras com composição genética de origem europeia possuem zona de conforto entre 1 a 16 °C, enquanto vacas com composição genética de origem zebuína são consideradas em conforto térmico em temperaturas de 10 a 27 °C (MAIA et al., 2005) O aumento da temperatura ambiente acima da faixa de termoneutralidade, ativa mecanismos termorreguladores como aumento da frequência respiratória e evaporativa de vacas de leite, e pode chegar a níveis em que os mecanismos de compensação se tornam ineficientes em manter a temperatura corporal interna dos animais em equilíbrio, levando a queda na ingestão de alimentos, diminuição do peso corporal, queda na produção de leite, e hipertermia, podendo levar os animais a óbito (ALVES et al., 2019).

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU), avalia os fatores ambientais que podem interferir na produtividade e conforto térmico de animais de produção, indica que vacas de alta produção de leite se encontram em estresse por calor a partir de ITU de 72 a 74, e estão sujeitas a estresse intenso em ITU acima de 84 (MAIA et al., 2008). As definições de valores de ITU característicos do conforto térmico variam entre diversos autores. Hahn et al. (1997) caracteriza

conforto térmico em vacas de média produção e ambiente de clima temperado com valores de ITU iguais ou menores que 70, e acima de 71 a 78 valores considerados críticos, de 79 a 83 valores que indicam perigo e acima de 83 os valores de ITU são considerados emergência.

A busca por ambientes sombreados é uma das mudanças no comportamento de vacas de produção quando submetidas a condições de altas temperaturas e incidência de radiação solar (KARVATTE JR. et al., 2016). O uso de espécies arbóreas em sistemas de produção de leite a pasto tem sido empregado na região do Cerrado, como tentativa de amenizar as influências de variações de temperatura, umidade, incidência de radiação solar direta nos animais, assim como precipitações ao longo do ano (BALBINO et al., 2011).

Vizzotto et al. (2015) afirmam que em ambientes sombreados por árvores é possível reduzir a temperatura em até 2.8 °C. Diversos autores observaram que em dias quentes, a sombra contribui para manutenção do conforto térmico dos animais (MCMANUS et al., 2014, DA COSTA et al., 2020).

O sistema de Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF) tem apresentado resultados positivos na produção e sustentabilidade de propriedades leiteiras, o manejo das culturas e pastagens adequadamente, proporcionam melhoria de áreas em processo de degradação ou pouco produtivas (CORDEIRO et al., 2015). O cultivo de grãos e pastagens, assim como as espécies arbóreas contribuem para o sequestro de carbono atmosférico por via fotossintética e incorporação de CO₂ em matéria orgânica no solo (KICHEL et al., 2019). Além dos benefícios que o sistema proporciona para solo e para os animais, os benefícios econômicos podem ser encontrados em produtos madeireiros e não madeireiros ao longo dos ciclos de produção (BALBINO et al., 2011).

A classificação dos sistemas de integração varia de acordo com os objetivos do produtor, com as condições climáticas da região, além do tipo de solo e espécies arbóreas e gramíneas a serem utilizadas nos sistemas (MAGALHAES et al., 2018). A integração Lavoura-Pecuária (ILP) também conhecida como sistema Agropastoril, integra os componentes de pasto (agrícola) e pecuária em consórcio, na mesma área durante vários anos, ou em sucessão, intercalando os componentes, e até mesmo utilizando-os em sequência. No sistema de integração Pecuária-Floresta (IPF), também conhecido como sistema Silvipastoril, incorpora o componente arbóreo (florestal) nos sistemas de produção animal e de pastagens em consórcio, comumente utilizado em regiões de difícil manutenção de lavoura, o que se diferencia do sistema de integração Lavoura-Floresta (ILF) ou sistema Silviagrícola, em que o consórcio dos

componentes florestal e agrícola se dão em períodos anuais ou perenes. Já o sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) ou Agrossilvipastoril, estudado neste trabalho, integra os componentes agrícola e pecuário em consórcio, rotação ou até mesmo sucessão, e nele são incluídos o componente florestal (KICHEL et al., 2019; SKORUPA et al., 2019).

Em estudo realizado em São Carlos SP, Pezzopane et al. (2019) avaliaram sistemas silvipastoris com diferentes espécies de árvores para sombreamento de vacas leiteiras, e encontraram diferenças significativas em ambientes de sombra por árvores nativas, e sombra por eucaliptos se comparados a ambientes de pleno sol. O ambiente composto por árvores nativas foi caracterizado por árvores espaçadas a 17 m em orientação Norte-Sul, 12 a 20 m de altura, com disposição de três linhas e espaçamento de 2.5 m² entre linhas totalizando 545 árvores/há⁻¹. No ambiente de sombras por eucaliptos, foram utilizados a espécie *Eucalyptus urograndis* em orientação Leste-Oeste, em linhas únicas espaçadas a 15 m entre linhas, com 2 m entre as árvores nas linhas, totalizando 333 árvores/há⁻¹ com altura de 20 a 25 m (PEZZOPANE et al., 2019). Esses autores observaram que os valores de temperatura do ar, umidade, e carga térmica radiante foram influenciados dentro dos ambientes de acordo com a estrutura das árvores, em que, a disposição entre linhas em ambiente de árvores nativas influenciou nos valores de ITU e ITGU, quando comparados a ambientes de pleno sol, durante o verão. Dentre os ambientes de sombra, o sistema de árvores nativas apresentou melhores índices de conforto térmico se comparado ao sistema de eucaliptos, devido ao arranjo com linhas triplas de árvores nativas e a projeção da sombra nos animais. Karvatte Jr. et al. (2016), por outro lado, observaram maiores condições de conforto térmico, com maior movimento do ar que adentrou em sistemas silvipastoris de linhas únicas, com maior espaçamento entre as árvores e menor densidade.

Pezzopane et al. (2019) sugerem que a inserção do componente florestal causa alterações no microclima do sistema de produção, e devido a limitação de entendimento sobre os processos de implantação e utilização dos sistemas de integração, a quantificação dos efeitos sinérgicos decorrentes dessa integração é escassa no Brasil. Em experimento realizado por Magalhães et al. (2018) em Sinop, MT, em área de ILPF, foram estudados os índices de conforto térmico em sistemas silvipastoris em condições de clima Cerrado/Amazônia. A área utilizada com renques de eucaliptos foi dividida em três sistemas, com componente animal de bovinos de corte. O espaçamento dos eucaliptos foi de 30 m entre árvores, com 3,5 m de espaço entre linhas em cada renque e de 3 m de espaço entre as árvores na mesma linha, totalizando 270 árvores/ha. Um dos sistemas foi composto de renques simples, em que o renque central foi distanciados 37

m dos renques de bordadura. Nos sistemas de renques triplos, com 25% de ocupação da área total por eucaliptos, a distância do renque central para os renques de bordadura foi de 30 m. Os resultados obtidos por estes autores foram uma redução de 10 a 20% da carga térmica radiante em sistemas sombreados por renques triplos, indicando maiores índices de conforto térmico para os animais (MAGALHÃES et al., 2018)

Vacas Gir em condições de estresse por calor em regiões do Cerrado, apresentaram efeitos fisiológicos e reprodutivos positivos quando submetidas a ambientes sombreados por eucaliptos (MARTINS et al., 2021). Segundo estes autores, a sombra no sistema ILPF favoreceu a diminuição da temperatura do ar e a interceptação da radiação solar em até 26% devido ao arranjo das árvores no sistema, promovendo condições de conforto aos animais.

As características morfológicas de vacas leiteiras são influenciadas diretamente pelo ambiente (FAÇANHA et al., 2010). Lees et al. (2019) afirmam que epiderme pigmentada, pelos curtos, claros e assentados, assim como menor densidade do pelame são características que aumentam a proteção contra a incidência de radiação solar e auxiliam na termólise. Estes autores observam que em animais de pelagem pigmentada, há maior proteção dos efeitos da radiação ultravioleta, mesmo absorvendo com maior facilidade a radiação incidente. A pelagem preta tem capacidade de absorvência (razão entre a energia radiante absorvida e a energia radiante incidente) de até 93%, enquanto que em pelagens brancas, sem melanina, a capacidade de absorvência é de 35% (SILVA et al. 2003). Silva et al. (1988) trabalhando com vacas Holandesas em sistemas a pasto, observaram queimaduras na epiderme das áreas brancas das vacas, enquanto que vacas com pelame predominante escuro, permaneciam ao sol em pastejo durante as horas mais quentes do dia.

Em estudo realizado por Alfonzo et al. (2016) analisando diferenças fisiológicas e morfológicas entre animais Holandeses e Girolando em condições de estresse térmico, foram encontradas diferenças significativas entre as características morfométricas entre vacas Girolando e Holandesas, com menores valores de comprimento de corpo, largura do dorso e do flanco, e circunferência torácica das vacas Girolando quando comparadas a vacas Holandesas. Estes autores sugerem que raças puras são menos adaptadas às alterações climáticas, devido a maior dificuldade em perder calor interno para o ambiente, enquanto animais menores de raças mestiças, como a raça Girolando, possuem maior facilidade em perder calor para o ambiente (ALFONZO et al., 2016). Vacas Holandesas por serem maiores fisicamente, retem calor interno por mais tempo devido à maior exposição do corpo a luz solar. Além disso, esses animais

(Holandeses) possuem maior espessura e densidade do pelame, dificultando a perda de calor interno (ALFONZO et al., 2016; Lees et al., 2019).

Façanha et al. (2010) afirmam que animais com menor isolamento térmico, com características de densidade e espessura do pelame, comprimento dos pelos, têm maior vantagem em ambientes de clima tropical, desde que apresentem epiderme pigmentada.

As características fisiológicas de menor produção de calor interno e maior dissipação de calor corporal para o ambiente, de vacas zebuínas, favorecem a adaptação de vacas leiteiras em ambientes de altas temperaturas (MAIBAM et al., 2018). Alterações na temperatura retal, temperatura corporal, frequência respiratória e cardíaca, assim com o escore de ofegação, são mudanças fisiológicas que sofrem influência das variações de ambiente (LEES et al., 2019). Maibam et al. (2018) sugerem que as diferenças entre as raças zebuínas e europeias em função da tolerância a ambientes de condições de estresse por calor, são dadas pela maior densidade e ao tamanho das glândulas sudoríparas de vacas de grupo genético *Bos indicus*, que possuem revestimento da epiderme mais fino, aumentando o fluxo de calor interno para o ambiente, se comparadas a animais *Bos tauros*, que possuem revestimento de pelame mais espesso, com camadas mais densas, o que reduz a troca de calor corporal com o ambiente pela condução e convecção. A produção de calor metabólico também apresenta influência do grupo genético, sendo esta, maior em animais de alta produção de leite (*Bos tauros*) enquanto que em animais de menor produção de leite (*Bos indicus*) o calor produzido metabolicamente é reduzido, e a tolerância ao calor é favorecida (STUMPF et al., 2021).

Em estudo realizado em Minas Gerais, na região do Cerrado, comparando as respostas fisiológicas de vacas Holandesas e Girolando de diferentes graus de sangue em ambiente de estresse por calor, foram observados que o escore de ofegação de vacas Girolando (50% Holandesas e 50% Gir) foi menor que o escore de ofegação de vacas Girolando (75% Holandesas e 25% Gir) quando submetidas a pastagens a pleno sol, com altas temperaturas e incidência direta de radiação solar (STUMPF et al., 2021). Estes autores, encontraram valores de temperatura retal mais elevadas para vacas com maior percentagem de grupo genético taurino (Holandesas 75% e Holandesas 100%), quando comparadas aos animais com maior percentagem de grupo genético zebuínio, que apresentaram temperatura retal dentro do esperado em condições normais (38°C) (SILVA et al., 2003), o que pode ser sugerido que vacas Girolando, com maior percentagem de grupo genético zebuínio, são mais eficientes em ativar os mecanismos de dissipação de calor para o ambiente e manter a homeotermia.

De Almeida Cardoso et al. (2021) observaram alterações na frequência respiratória e sudorese de vacas Girolando (1/2 Holandesa x Gir; 3/4 e 5/8) em condições ambientais acima da zona de conforto térmico para vacas leiteiras em sistemas de pastagens, sendo que a maior taxa de transpiração, assim como menores valores de temperatura superficial e frequência respiratória, foram encontrados em vacas 1/2 sangue se comparadas às vacas 3/4 e 5/8 Girolando, demonstrando maior sensibilidade ao calor de vacas com maior grau de sangue taurino. À medida que a temperatura corporal de vacas leiteiras aumenta até 42 °C, inúmeros efeitos são observados nas funções fisiológicas, como dano direto nas células devido ao aumento da permeabilidade das membranas, aumento na taxa metabólica e redução do fluxo sanguíneo para o corpo, e em condições de aumento extremo de temperatura (acima de 42 °C) o sistema homeostático atinge limites críticos e pode resultar em óbito (LEES et al., 2019).

Dentre as características a serem mensuradas para verificar o estresse térmico em animais, a mensuração da temperatura retal, utilizando termômetros clínicos, podem ser invasivos e causar estresse nos animais durante as avaliações (ISOLA et al., 2020). Daltro et al. (2017) sugerem o uso de termografia infravermelha como alternativa moderna, segura e não invasiva para avaliar as condições de estresse térmico em vacas de acordo com as mudanças do fluxo sanguíneo e variações de temperatura em todo o corpo do animal.

Em estudo realizado comparando vacas Holandesas e Girolando em sistemas de pastagens, utilizando imagens termográficas para avaliar as características fisiológicas dos animais em condições de estresse por calor, foram encontradas correlações positivas entre as medidas de temperatura retal, frequência respiratória e cardíaca e escore de ofegação com as medidas termográficas de olho e úbere, indicando que a medida que a temperatura dessas áreas aumentam, os parâmetros fisiológicos aumentam em resposta ao estresse por calor (DALTRO et al., 2017).

Para manter o menor gasto energético na dissipação de calor para o ambiente, vacas leiteiras procuram sombra em ambientes de pastagens, aumentando a produção de leite em até 20% se comparadas a animais que não dispõem de ambientes sombreados e sofrem com a incidência de radiação solar direta (VIZZOTTO et al., 2015). Ricci et al. (2013) afirmam que de 3 a 4 horas após a ingestão de alimento, ocorre o pico de produção de calor metabólico de vacas, influenciado pela quantidade de alimento consumido. Neste sentido, ao alimentar o animal entre 17 e 18 horas da tarde, aproxima o animal da fase decrescente da curva de produção de calor, conciliando a produção de calor metabólico com as temperaturas mais amenas do dia para melhores condições de bem-estar para os animais.

O animal em estresse por calor muda seu comportamento, assim como as diversas mudanças fisiológicas na tentativa de amenizar a produção de calor interna, produção esta, que tem sido observada em menores quantidades quando os animais se encontram em ambientes com sombra arbórea, com comportamentos de tempos de atividade, pastejo e ócio diferentes de animais expostos ao sol (LOPES et al., 2016).

Mader et al. (1999) definem o comportamento de ócio como descanso ou repouso, sem ingestão de água ou alimentos, e até mesmo sem ruminar. Existe uma interação entre temperatura ambiente elevada e o tempo despendido em ócio de vacas leiteiras (GLASER, 2008). Na tentativa de diminuir a produção de calor metabólico, vacas sob temperatura e umidade relativa do ar elevadas, reduzem o tempo em pastejo, ruminação, e aumentam o tempo despendido em ócio (PIRES et al., 2004). Estudos indicam que os comportamentos de descanso ou ócio consomem até 10 horas diárias de uma vaca em sistema de pastagem (DAMASCENO et al., 1999, PIRES et al., 2004, RICCI et al., 2013). Os animais procuram a sombra e aumentam o tempo despendido em ócio nas horas mais quentes do dia, principalmente no verão, com picos de ingestão de alimento no início da manhã e final da tarde, e maiores frequências de ócio entre os horários de 11 horas da manhã e às 14 horas da tarde (DAMASCENO et al., 1999). Nos períodos da noite, o comportamento dos animais é de se afastar um dos outros, na tentativa de aumentar a dissipação de calor para o ambiente (MADER et al., 1999).

Pires et al. (2004) afirmam que temperaturas e umidade relativa do ar entre 13 a 18 °C e 60 a 70% respectivamente, são condições ideais para criação de vacas leiteiras a pasto. Segundo Collier et al. (2012) o estresse térmico diminui a imunidade dos animais, aumentando liberação de cortisol, um hormônio imunossupressor, além disso, pode aumentar a incidência de acidose ruminal, devido ao aumento da perda de CO₂ pela respiração e a redução do fluxo de tampão salivar para o rúmen em decorrência da diminuição de tempo deitado e menor ruminação, impactando na saúde, bem estar e desempenho de animais de produção. O estresse por calor atua na redução do consumo e no aumento da energia de manutenção, potencializando o efeito negativo e diminuindo a energia para ganho de peso (COLLIER et al., 2012).

O estresse por calor, impacta a eficiência reprodutiva de vacas leiteiras reduzindo a produção de leite, o desempenho reprodutivo e a longevidade dessas vacas no sistema, devido ao maior descarte, e conseqüentemente, reduzindo a lucratividade do setor de produção de leite (MACHADO et al., 2015). Diante deste contexto, é necessário promover mudanças estratégicas de manejo e ambiente para garantir condições de conforto térmico aos animais em sistemas de pastagens nas regiões de clima tropical.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar as respostas comportamentais e fisiológicas de vacas leiteiras Gir e Girolando em sistemas de pastagens submetidas a ambientes de sombra por sistema de Integração Lavoura Pecuária Floresta e ambiente de pleno sol.

3.2 Objetivos Específicos

Avaliar as características morfológicas por mensuração de pelo e pelame de vacas Gir e Girolando em ambientes de sombra por ILPF e a pleno sol;

Avaliar características fisiológicas de temperatura superficial através de termografia, temperatura retal e escore de ofegação de vacas Gir e Girolando em ambientes de sombra por ILPF e a pleno sol;

Avaliar os comportamentos de ócio, ruminação e pastejo através de observação visual de vacas Gir e Girolando em ambientes de sombra por ILPF e a pleno sol.

REFERÊNCIAS

- ALFONZO, E. P. M.; BARBOSA DA SILVA, M. V. G.; DOS SANTOS DALTRO, D.; STUMPF, M. T.; DALCIN, V. C.; KOLLING, G.; ... & MCMANUS, C. M. Relationship between physical attributes and heat stress in dairy cattle from different genetic groups. **International journal of biometeorology**, v. 60, n. 2, p. 245-253, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00484-015-1021-y>. Acesso em: 08 fev. 2022.
- ALVES, F. V.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; KARVATTE JUNIOR, N. Bem-estar animal e ambiência na ILPF. In: **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. 2019. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 835 p. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1112892>. Acesso em: 11 ago.2021.
- BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.D.; MARTÍNEZ, G.B.; ALVARENGA, R.C.; KICHEL, A.N.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.D.; FRANCHINI, J.C.; et al. Technological evolution and productive arrangements of crop-livestock-forest integration systems in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1–12, 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2011001000001%20. Acesso em: 21 jun.2021.
- BOLFE, E.L.; SANO, E.E.; CAMPOS, S.K. Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções. **Embrapa Informática Agropecuária-Livro científico (ALICE)**, v. 1, p. 312. 2020. ISBN 978-85-7035-951-3 v. 1. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1121716/1/LVDINAMICAAGRICOLACERRADO2020.pdf>. Acesso em: 03 nov.2021.
- BRASSEL, J.; ROHRSEN, F.; FAILING, K.; WEHREND, A. Automated detection of health disorders in lactating dairy cattle on pasture: a preliminary study. **Polish journal of veterinary sciences**, p.761-767, dez. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/338147771_Automated_detection_of_health_disorders_in_lactating_dairy_cattle_on_pasture_a_preliminary_study. Acesso em: 04 nov.2021.
- COLLIER, R. J.; HALL, L. W.; RUNGRUANG, S.; ZIMBLEMAN, R. B. Quantifying heat stress and its impact on metabolism and performance. **Department of Animal Sciences University of Arizona**, v. 68, 2012. Disponível em: <https://animal.ifas.ufl.edu/apps/dairymedia/rns/2012/6CollierRNS2012a.pdf>. Acesso em: 25 jun.2021.
- CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília**, v. 32, n. 1/2, p. 15-43, ago. 2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1039619>. Acesso em: 11 ago.2021.
- DA COSTA, N.S.; DA SILVA, M.V.G.B.; DO CARMO PANETTO, J.C.; MACHADO, M.A.; SEIXAS, L.; PERIPOLLI, V.; GUIMARÃES, R.F.; CARVALHO, O.A., JR.; VIEIRA, R.A.; MCMANUS, C. Spatial dynamics of the Girolando breed in Brazil: Analysis of genetic integration and environmental factors. **Trop. Anim. Health Prod**, v. 52, p. 3869–3883, out. 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11250-020-02426-z>. Acesso em: 12 ago.2021.
- DALTRO, D. D. S.; FISCHER, V.; ALFONZO, E. P. M.; DALCIN, V. C.; STUMPF, M. T.; KOLLING, G. J.; ... & MCMANUS, C. Infrared thermography as a method for evaluating the

heat tolerance in dairy cows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, p. 374-383, 2017.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbz/a/DpGTGtrktbpCn46LGDrYvLK/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 08 fev. 2022.

DAMASCENO, J. C.; BACCARI JUNIOR, F.; TARGA, L. A. Respostas comportamentais de vacas holandesas com acesso a sombra constante ou limitada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n. 34, p. 709-715, abr. 1999. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/pab/a/JWCLMr6CNVCvCfZQsDP64mx/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 11 ago.2021.

DE ALMEIDA CARDOSO, E.; FURTADO, D. A.; RIBEIRO, N. L.; DE MEDEIROS, A. N.; DO NASCIMENTO, G. V.; NETO, S. G.; ... & BEZERRA, R. A. D. Yield, milk quality and physiological variables of dairy cows in rainy and dry seasons. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, p.769-780, abr. 2021. Disponível em:

<https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/39583>. Acesso em: 31 jan. 2022.

FAÇANHA, D.A.E.; SILVA, R.G.D.; MAIA, A.S.C.; GUILHERMINO, M.M.; VASCONCELOS, A.M.D. Anual variation of morphologic traits and hair coat surface temperature of Holstein cows in semi-arid environment. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 39, n. 4, p. 837–844, abr. 2010. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbz/a/MGtg9rHFDTxW36PKBLM5mCd/?format=pdf&lang=en>.

Acesso em: 16 nov.2021.

GLASER, F. D. **Aspectos comportamentais de bovinos das raças Angus, Caracu e Nelore a pasto frente à disponibilidade de recursos de sombra e água para imersão**. 2008. 117p.

Tese (Doutorado em qualidade e produtividade animal) - Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP, mar. 2008. Disponível em:

<https://pdfs.semanticscholar.org/255f/e63b597177802ef5520195ac8ff482ac1718.pdf>. Acesso em: 16 nov./2021.

HAHN, G. L.; PARKHURST, A. M.; GAUGHAN, J. B. **Cattle respiration rate as a function of ambient temperature**. St Joseph: ASAE, fev. 1997. (ASAE Paper N° MC97-121). Disponível em:

<https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=81038>. Acesso em:

04 nov.2021.

ISOLA, J.V.V.; MENEGAZZI, G.; BUSANELLO, M.; DOS SANTOS, S.B.; AGNER, H.S.S.; SARUBBI, J. Differences in body temperature between black-and-white and red-and-white Holstein cows reared on a hot climate using infrared thermography, **Journal of Thermal Biology**, v. 94, n.102775, 2020. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306456520305477>. Acesso em: 08 fev. 2022.

KARVATTE JUNIOR, N.; KLOSOWSKI, E. S.; ALMEIDA, R. G. de; MESQUITA, E. E.; OLIVEIRA, C. C. de; ALVES, F. V. Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, n. 12, p.1933-1941, mai. 2016. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00484-016-1180-5>. Acesso em: 12 ago.2021.

KICHEL, A.N.; BUNGENSTAB, D.J.; ZIMMER, A.H.; SOARES, C.O.; DE ALMEIDA, R.G. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e o progresso do setor agropecuário brasileiro. *In: ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta*. 2019.

Brasília, DF: Embrapa, 2019. p.49. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1112928>. Acesso em: 07 nov.2021.

LEES, A. M.; SEJIAN, V.; WALLAGE, A. L.; STEEL, C. C.; MADER, T. L.; LEES, J. C.; GAUGHAN, J. B. The impact of heat load on cattle. **Animals**, v. 9, n. 6, p. 322, 2019.

Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/9/6/322>. Acesso em: 31 jan. 2022.

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

<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11250-016-1021-x>. Acesso em: 03 nov.2021.

MACHADO, F.S.; RIBAS, M.N.; COELHO, S.G.; PIRES, M.F.A. Impactos da pecuária leiteira de precisão na saúde e no comportamento animal. *In: Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia* (Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG), n.19, Belo Horizonte, dez. 2015, p.145. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1037863/1/Cnpgl2015CadTecVetZootImpactos.pdf>. Acesso em: 21 ago.2021.

MADER, T. L.; DAHLQUIST, J. M.; HAHN, G. L.; GAUGHAN, J. B. Shade and wind barrier effects on summertime feedlot cattle performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, p. 2065-2072, ago. 1999. Disponível em:

<https://academic.oup.com/jas/article-abstract/77/8/2065/4625538>. Acesso em: 25 jun.2021.

MAGALHÃES, C. D. S.; ZOLIN, C.; LULU, J.; & LOPES, L. Índices de conforto térmico em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no ecótono Cerrado/Amazônia. Embrapa Agrossilvipastoril-**Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**

2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1100525>. Acesso em: 08 fev. 2022.

MAIA, A. S. C.; GOMES DA SILVA, R.; BERTIPAGLIA, E. C. A. Environmental and genetic variation of the effective radiative properties of the coat of Holstein cows under tropical conditions. **Livestock Production Science**, v. 92, n. 3, p. 307-315, mar. 2005.

Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301622604001769?casa_token=aFS-5ZS1oe8AAAAA:sEY4Q0RsLz2XN6td-1qEkkhFmlf7b8GGXZPII5-NqCDOeNC58NdRKKBD_11AV_7jplKYyiaSpA. Acesso em: 19 jul.2021.

MAIA, A.S.; DA SILVA, R.G.; LOUREIRO, C.M.B. Latent heat loss of Holstein cows in a tropical environment: A prediction model. **Rev. Bras. Zootec**, v. 37, p. 1837–1843, 2008.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbz/a/qcDzNfXFYzwCb3drQpwHwYn/?format=pdf&lang=en>.

Acesso em: 21 jun.2021.

MAIBAM, U.; HOODA, O. K.; SHARMA, P. S.; UPADHYAY, R. C.; MOHANTY, A. K. Differential level of oxidative stress markers in skin tissue of zebu and crossbreed cattle during thermal stress. **Livestock Science**, v. 207, p. 45-50, jan. 2018. Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871141317303311?casa_token=ABDWyZSIoDcAAAAA:zScW6FgRUHtC0QYFj2XZB-LLbwu-NhAQV0QqCaImc_7fZLY2XdVQhIZMQLTX5XlcLXJiKWT2Rg.

Acesso em: 02 fev. 2022.

MARTINS, C. F.; FONSECA-NETO, A. M.; BESSLER, H. C.; DODE, M. A. N.; LEME, L. O.; FRANCO, M. M.; ... & FERREIRA, I. C. Natural shade from integrated crop–livestock–

forestry mitigates environmental heat and increases the quantity and quality of oocytes and embryos produced in vitro by Gyr dairy cows. **Livestock Science**, v. 244, n. 104341, fev. 2021. Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871141320302699?casa_token=4eq8zi8ux9sAAAAA:fkYGRp4WcggYAhl8YWaqwpLX_FfYMhE1bM4b4Z54xRgU0ObyD3Shzm-42FHQzrDxzRnO9qLJuw. Acesso em: 02 fev. 2022.

MCMANUS, C.; LOUVANDINI, H.; PAIM, T.P.; PAULA, F.C.; BERNAL, F.E.M. Factors affecting heat tolerance in crossbred cattle in Central Brazil. **Ciência Anim. Bras**, v. 15, p. 152–158, jun. 2014. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cab/a/jH7dvD8ZYJy8hSNs4HmzYjp/?format=html&lang=en>. Acesso em: 11 ago.2021.

PARENTE, L.; FERREIRA, L.; FARIA, A.; NOGUEIRA, S.; ARAÚJO, F.; TEIXEIRA, L.; HAGEN, S. Monitoring the Brazilian pasturelands: A new mapping approach based on the landsat 8 spectral and temporal domains. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 62, p. 135-143, out. 2017. Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0303243417301290?casa_token=eDVOiJwQDrMAAAA:oi6HkRYZOWHXCWOofYsXvaUNc8eR2YwGg4jStyM1byuRID0D5HTX0wzFv6MwsI9QcbCFZxkg. Acesso em: 12 ago.2021.

PIRES, M. F. Á.; CAMPOS, A. T. Modificações ambientais para reduzir o estresse calórico em gado de leite. **Comunicado técnico** 42, Juiz de Fora, MG, dez. 2004. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/594946>. Acesso em: 19 jul.2021.

RICCI, G. D.; ORSI, A. M.; DOMINGUES, P. F. Estresse calórico e suas interferências no ciclo de produção de vacas de leite – Revisão. **Veterinária e Zootecnia** v. 20, set. 2013.

Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/140889>. Acesso em: 25 jun.2021.

SILVA, É. C. L. da; MODESTO, E. C.; AZEVEDO, M. de; FERREIRA, M. de A.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SCHULER, A. R. P. Efeitos da disponibilidade de sombra sobre o desempenho, atividades comportamentais e parâmetros fisiológicos de vacas da raça Pitangueiras. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v. 31, n. 3, p. 295-302, jan. 2009. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3031/303126497010.pdf>. Acesso em: 04 nov.2021.

SILVA, R. G.; ARANTES NETO, J.G.; HOLTZ-FILHO, S. V. Genetic aspects of the variation of the sweating rate and coat characteristics of Jersey cattle. **Brazilian Journal of Genetics**, v. 11, n. 2, p. 335-347, 1988.

SILVA, R.G.; LASCALA JR.; TONHATI, H. Radiative properties of the body surface of cattle and others animals. **Transaction of ASAE**, v.46, p.913-918, 2003. Disponível em:

<https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=13567>. Acesso em: 17 nov.2021.

SKORUPA, L. A.; & MANZATTO, C. V. Avaliação da adoção de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no Brasil. 2019. *In*: Sistemas de Integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: Estratégias regionais de transferência de tecnologia, avaliação da adoção e impactos. Brasília, DF. **Embrapa 2019**. P. 471. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1118657>. Acesso em 08 fev. 2022.

STIVANIN, S.C.B.; WERNCKE, D.; VIZZOTTO, E.F.; STUMPF, M.T.; THALER, A.; FISCHER, V. Variation in available shaded area changes behaviour parameters in grazing dairy cows during the warm season. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, 2019.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbz/a/dFJVDPGGyfPsbqvRQ5Qppsk/abstract/?lang=en>. Acesso em: 19 jul.2021.

STUMPF, M. T.; KOLLING, G. J.; FISCHER, V.; DOS SANTOS DALTRO, D.; ALFONZO, E. P. M.; DALCIN, V. C.; ... & MCMANUS, C. M. Elevated temperature-humidity index induces physiological, blood and milk alterations in Holstein cows in a more pronounced manner than in $\frac{1}{2}$ and $\frac{3}{4}$ Holstein \times Gir. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 9, n. 4, p.8, set. 2021. Disponível em:

<https://www.jabbnet.com/article/doi/10.31893/jabb.21040>. Acesso em: 31 jan. 2022.

VIZZOTTO, E.F.; FISCHER, V.; NETO, A.T.; ABREU, A.S.; STUMPF, M.T.; WERNCKE, D.; SHIMIDT, F.A.; MCMANUS, C.M. Access to shade changes behavioral and physiological attributes of dairy cows during the hot season in the subtropics. **Animal**, v. 9, p. 1559–156, mai. 2015. Disponível em:

<https://www.cambridge.org/core/journals/animal/article/abs/access-to-shade-changes-behavioral-and-physiological-attributes-of-dairy-cows-during-the-hot-season-in-the-subtropics/1D8398BC426DB189E43D4C4821910D0F>. Acesso em: 25 jun.2021.

Shade Modifies Behavioral and Physiological Responses of Low to Medium Production Dairy Cows at Pasture in an Integrated Crop-Livestock-Forest System

Natani S. Reis ¹, Isabel C. Ferreira ^{2,*}, Lucas A. Mazocco ³, Ana Clara B. Souza ³, Gabriel A. S. Pinho ⁴,
Álvaro M. da Fonseca Neto ², Juaci V. Malaquias ², Fernando A. Macena ², Artur G. Muller ², Carlos F. Martins ²,
Luiz C. Balbino ² and Concepta M. McManus ⁵

¹ Graduate Program in Veterinary Science, Campus Gloria, Federal University of Uberlandia, BR-050, Km 78, Uberlandia 38410-337, Brazil; natani.reis@ufu.br

² Embrapa Cerrados, Br 020, Km 18, Planaltina 73310-970, Brazil; alvaro.neto@embrapa.br (Á.M.d.F.N.); juaci.malaquias@embrapa.br (J.V.M.); fernando.macena@embrapa.br (F.A.M.); artur.muller@embrapa.br (A.G.M.); carlos.martins@embrapa.br (C.F.M.); luizcarlos.balbino@embrapa.br (L.C.B.)

³ Faculty of Agriculture and Veterinary Medicine, Campus Darcy Ribeiro, University of Brasília, Brasília 70910-900, Brazil; mazocco.lucas@gmail.com (L.A.M.); anacsouza.agro@gmail.com (A.C.B.S.)

⁴ União Pioneira de Integração Social SEPS Q 712/912 Conj A-Asa Sul, Brasília 70390-125, Brazil; gabrielalberto.mv@gmail.com

⁵ Institute of Biology, Department of Physiological Sciences, Campus Darcy Ribeiro, University of Brasília, Brasília 70910-900, Brazil; concepta@unb.br

* Correspondence: isabel.ferreira@embrapa.br



Citation: Reis, N.S.; Ferreira, I.C.; Mazocco, L.A.; Souza, A.C.B.; Pinho, G.A.S.; da Fonseca Neto, Á.M.; Malaquias, J.V.; Macena, F.A.; Muller, A.G.; Martins, C.F.; et al. Shade Modifies Behavioral and Physiological Responses of Low to Medium Production Dairy Cows at Pasture in an Integrated

Crop-Livestock-Forest System. *Animals* **2021**, *11*, 2411. <https://doi.org/10.3390/ani11082411>

Academic Editors: Luigi Iannetti and Michele Podaliri Vulpiani

Received: 26 June 2021

Accepted: 2 August 2021
Published: 15 August 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Simple Summary: The husbandry of high-producing dairy cattle on pasture in tropical regions promotes heat stress and alters physiological and behavioral parameters. However, it is unknown how the physiological and behavioral responses of cows more adapted to tropical environments under heat stress conditions, with lower milk production under shaded pasture or full sun conditions. To respond to these questions, Gyr dairy and Girolando cows (5/8 Holstein 3/8 Gyr, and 1/2 Holstein 1/2 Gyr) were evaluated in full sun and under natural shade from trees. Behavioral, physiological, and morphological variables were measured, and it was concluded that shaded pasture for dairy zebu cows promotes animal welfare by mitigating animal surface temperature and increasing rumination time.

Abstract: Under conditions of high temperature, humidity, and incidence of solar radiation, dairy cows use behavioral changes as a strategy to decrease the metabolic heat production at pasture. The objective of this study was to evaluate the behavioral and physiological responses of Gyr and Girolando (5/8 Holstein 3/8 Gyr, and 1/2 Holstein 1/2 Gyr) dairy cows submitted to environments with and without shade. The experiment was conducted at Embrapa Cerrados (Technology Center for Dairy Zebu breeds—CTZL), Brasília, Distrito Federal—Brazil, with 48 Gyr and Girolando cows total in the lactation group, with low to medium milk production, in full sun or shade with *Eucalyptus urograndis* (267 plants/ha⁻¹). The physiological and behavioral characteristics evaluated were panting score, superficial temperature, and time spent grazing, ruminating, and lying down. Other traits included skin and coat thickness, hair diameter, density and length, and predominant coat color. In addition, body measurements, such as body length, the height of withers, chest circumference, and shin circumference, were measured. Shaded cows had 34% longer rumination times than cows in full sun ($p = 0.01$). With a temperature-humidity index ranging from 79 to 83, the rumination time was 1.7 times higher in cows under shade ($p = 0.01$) during a 24-h period of observation. There were no significant differences in the grazing time between the environments, but lying time was 23% longer in cows under the sun ($p = 0.01$). The panting score was not influenced by the environment ($p = 0.17$). Girolando cows had a 35% higher panting score than Gyr cows ($p = 0.01$) regardless of the environment. The panting score increased two and a half times during the afternoon compared with the morning ($p = 0.01$). The surface and rectal core temperatures had significant

differences between treatments and time of the day. Body measurements were not different between cows in both environments, but there was a difference between breeds. The use of trees in pastures with a silvopastoral system for dairy zebu cows is indicated to improve grazing behavior, as well as time spent ruminating and lying down.

Keywords: ingestive behavior; dairy; heat stress; morphological characteristics; pasture

1. Introduction

Dairy production in the Cerrado (savannah) biome in central Brazil is mainly at pasture. This region's climate has a high potential for forage production. Still, high temperatures, humidity, and intense solar radiation affect the farmer's ability to maintain balanced milk production throughout the year [1], as the climate affects the productivity and longevity of dairy cows [2,3].

Girolando animals are preferably adopted by all types of farmers (small to large) due to the productivity and rusticity of these animals when exposed to a tropical climate, especially in summer [4]. The Holstein and Gyr breeds represent almost 80% of the country's milk production [1]. In environments with a higher incidence of radiation, high temperatures, and humidity, the combination of genetics and environment determines important parameters that benefit the production levels of the Girolando breed at pasture [5,6]. Dairy cows under heat stress conditions acquire metabolic heat from radiant energy in large quantities. Combined with the low heat exchange of the animal with the environment, this leads to an increase in body temperature, reduces dry matter intake and, consequently, lowers milk yields [7].

The use of trees in a pasture-based dairy system has been applied in many farms in the Cerrado region [8]. This integrated crop-livestock-forestry (ICLF) system leads to land use intensification, increasing productivity and profit. Product diversity, such as wood and resin production increases, thereby improving soil conservation, providing shade for animals, and nutrient dynamics for forage crops. In addition to the positive impact on the microclimate to improve thermal comfort for the animals, the use of eucalyptus trees contributes to the economic activity, with a sustainable system, producing animal by-products and wood products throughout the year, and with a future return, in line with the producer's aims. In areas where the natural resources preservation, as well as the sustainable system, are under pressure, the demand to establish practices that offer alternatives of economic and social profitability are being studied and adopted in the livestock system [8,9].

High temperatures, humidity, and solar radiation incidence [10] are considered stress factors for dairy cattle. The use of natural or artificial shade in the pasture production system protects animals from intense solar radiation and modifies their radiation balance. Natural shading with tree species can reduce the incident radiant heat load on the animals by 30% [11]. In addition, shade use for dairy pasture production is an essential resource to increase the quantity and quality of oocytes and embryos produced in vitro [12].

However, the influence of the ambiance offered by tree shade in a silvopastoral system on dairy cows at lower milk yields needs to be investigated to understand the impact on the tropical production environment fully. It is hypothesized that zebu dairy cows in tropical pastures can experience heat stress, even if they present low to medium milk production. Natural shade is expected to favor the behavior of zebu dairy cows during grazing and lying down, and consequently, promote better welfare in tropical environments. Thus, the objective of this study was to evaluate the behavioral and physiological responses of Gyr and Girolando dairy cows submitted to grazing systems with shade in ICLF and full sun systems.

2. Material and Methods

The experiment was conducted at Embrapa Cerrados (Center of Technology for Dairy Zebu breeds—CTZL), Brasília, DF, (15°57′09″ S, and 48°08′12″ W), the central region of Brazil, in the Cerrado biome, from February 2017 to February 2019.

2.1. Treatments and Experimental Area Description

Two environments (treatments) were used to examine heat stress in dairy cows in a total area of 16 hectares. Half the area (8 hectares) was the control treatment (animals kept at pasture in full sun), and the other half consisted of pasture-crop-forest integration (animals kept at pasture under the shade of *Eucalyptus urograndis*). Pasture in both cases was *Panicum maximum* cv. Mombaça. The 20 m-high eucalyptus trees, providing a shaded environment, were arranged in single rows with 1.5 m between trees and 25 m between rows, arranged approximately in the east-west direction, totaling 267 trees/ha with 8% tree cover area. The implementation of trees in this arrangement follows the technical recommendations of Embrapa 2019, taking into account the characteristics of the system as a whole, involving space for crops, animals, and machinery [13].

2.2. Animals and Experimental Design

The experiment was approved by the Ethics Committee on Animal Use of Embrapa Cerrados (CEUA/Embrapa Cerrados), Brasília—DF, Protocol No. 533-2541-1/2017. The experimental design was fully randomized with two treatments, the control in full sun and the shade under eucalyptus trees. Forty-eight Gyr and Girolando cows (24 of each breed) were used while in their lactation period during the two years of the experiment. Each cow was considered an experimental repetition. The average yield did not correct for the fat of Gyr and Girolando cows (5/8 Holstein 3/8 Gyr, and $\frac{1}{2}$ Holstein $\frac{1}{2}$ Gyr), and was 10 and 15 L.day⁻¹, respectively.

2.3. Animal Measurements

Skin and coat thickness, as well as hair diameter, density, length, and color, were measured according to Silva's method [14]. Skin (ST) and coat thickness (CT) were measured using an adipometer graduated in tenths of millimeters, taken from the upper region of the animal's body close to the scapular region and the dorsum, flank, and hind leg. For hair count (HC), hair samples were collected from the upper central region of the scapula in an area of approximately 1 cm² and collected with pliers to remove all hairs. The collected hairs were placed in paper envelopes and identified for later count and measurement of the ten longest hairs. The hairs were spread on a sheet of white paper for dark-colored hairs and a black surface for white hair samples, using tweezers and needles [14]. For hair length (HL), ten of the longest hairs were selected from each sample, measured with a ruler, and averaged.

The pigmentation of the skin, after trichotomy, and coat were evaluated by the CIELAB system using a colorimeter (Minolta® model CR-10, Tokyo, Japan) once a year. The colorimeter, composed of a CIE photoresistor (Lab), detects the intensity of light reflected by the epidermis when the spotlight is directed at it. The L* values refer to luminosity (0 = black and 100 = white), the red-green component as the a* chroma (red color intensity) and the yellow-blue component the b* chroma (yellow color intensity) [15]. Three consecutive measurements were taken, and the average skin and coat were taken from 33 cows, 16 in full sun and 17 in shade, and these cows were 16 Gyr cows and 17 Girolando cows, during their lactation periods, dry or in-calf cows from the same lot were not measured.

Body measurements were taken from these same 33 animals with similar lactation phases. These included withers height (WH) as the highest point of the interscapular region, using a tape measure; body length (BL) from the tip of the pallet to the ischial tuberosity, using a hipometer; and shin (SC) and chest circumference (CC) with a tape measure [16,17].

The evaluations of animal behavior at pasture were made by direct visual observation, for 24 h uninterrupted, in 16 cows, 8 of each treatment (full sun and shade) and breed (4 Gyr and 4 Girolando), on eleven different dates in spring-summer and autumn seasons over two years. For this purpose, four trained observers kept watch. Two observers were assigned to each treatment and were placed to avoid interference in the cow's behavior, with observation shifts of 6 h. Binoculars, chronometers, and flashlights were used. Each observer reported grazing time by the direct visual observation method [18]. The ethogram recorded the animal's immediate activity, classifying grazing as the act of selecting grazing sites, bolus seized and handled; ruminating when the animal exhibits regurgitation and re-ordering of the bolus, the time between swallowing and regurgitation; and lying down when the animal is without activity or jaw movements. The observations were taken every 10 min, and the four animals of each genetic breed per treatment were evaluated during this period.

Thermography surface temperatures and panting scores were obtained from 34 cows on 17 dates from January to November 2017, with 18 animals under the full sun (8 Gyr and 10 Girolando) and 16 under shade (8 Gyr and 8 Girolando). Thermographic photos were obtained using an infrared camera T3000 series (FLIR® Systems Inc., Wilsonville, OR, USA), with an emissivity coefficient of 0.98, temperature range (−20 to 400 °C) and accuracy of $\pm 2\%$. For each animal, two photos were taken (lateral view of the whole body and udder) for each period: morning (7 a.m.) and afternoon (3 p.m.), at a distance of approximately two meters from the animal. The FLIR QuickReport® v. 1.2 software was used for the data analyses of thermographic images in each region of the animal's body (udder, croup, flank, eye, neck, and muzzle). A veterinary clinical thermometer was used to take the rectal temperature.

The panting score was measured in the morning and afternoon in their respective paddocks with natural shade or direct solar radiation and determined on a scale of zero to four, where zero means a normal breathing animal, 1: slightly increased, 2: moderate panting, 3: strong panting, and 4: severe panting [19].

2.4. Thermal Index Acquisition in Natural Shade and Full Sun

Climatic and microclimatic parameters (air temperature and humidity, dry and wet bulb temperatures, rainfall, wind speed) were obtained in both environments through weather stations with touchscreen display ITWH 1080 INSMART for the computation of thermal indexes. The black globe temperature was taken with a portable black globe thermometer ITWG2000 (INSTRUTEMP, Measuring Instruments Ltd., São Paulo, SP, Brazil). With a globe sensor from 0 °C to 80 °C, dry bulb sensor from 0 °C to 50 °C, relative humidity (RH) from 0% to 100% RH, with a resolution of 0.1 °C/0.1% RH and accuracy of 1 °C. These were placed in the shade of the ICLF treatment and in full sun. Measures were taken every hour from 7 a.m. to 5 p.m.

The temperature and humidity index (THI), calculated by the formula $AT + 0.36 \times TDP + 41.5$ and the black globe temperature and humidity index (BGHI), calculated from the formula $BGT + 0.36 \times TDP + 41.5$, were determined, with AT as the ambient temperature, BGT as the black globe temperature, and TDP as the dew point temperature [20,21].

THI was classified as normal (<74), alert (75–78), danger (79–83), and emergency (>84) to analyze its effect and interactions on behavioral response variables. The air temperature was classified into two categories (above and below 30 °C) for physiological reasons due to the dissipating of 80% of the latent body heat through evaporation from the skin [22].

2.5. Statistical Analysis

Behavioral variables were analyzed using a mixed model procedure, with the fixed effects of breed and treatment groups, the interactions (genetic breed *treatment), milk yield as a covariate, random effect of cow, and date of evaluation as a repeated measure in conditions of THI classification (normal, alert, danger, and emergency) and temperature classification (above and below 30 °C). Surface temperatures by thermography and rectal

core temperatures were analyzed by PROC MIXED considering the fixed effect of treatment (full sun and shade), time of day (morning and afternoon), and the interactions of these factors, cow as a random effect, dates of sampling as a repeated measure in time for each season (rainy and dry), and milk yield as a covariate. The genetic breed was included in the model as a fixed effect, but without a significant effect, it was removed. The Bayesian-Schwarz criterion (BSC) was used to choose the best fits of the models.

Color, skin, coat thickness, and hair number data were analyzed using PROC GLM, considering the treatment and genetic breed effects and interactions. In all cases, the least squared means were compared by Tukey's test at 5% probability.

Body measurements were analyzed considering the effect of treatment and genetic breed and tested for the interaction of the two factors by variance analysis. The F test was used to determine significance between factors.

Panting scores were tested by Kruskal–Wallis Test with $p < 5\%$ considered significant, considering separate effects of the treatment (full sun and shade), genetic breed (Gyr and Girolando), season (dry and rainy), and day period (morning and afternoon).

The normality of the behavioral and physiological data was tested by the Shapiro–Wilk test. All data presented a normal distribution.

All statistical analyses were carried out in SAS v 9.4 (Statistical Analysis System Institute, Cary, NC, USA).

3. Results

The maximum BGHI obtained in the study (88.9) was in the dry season during the afternoon period in the full sun treatment. There were no significant interactions between the time of day and treatment for environmental variables ($p = 0.63$). THI values in the rainy season showed an effect for time of day ($p = 0.01$), with higher values in the afternoon (78). In the dry season, there was an effect of the shade and time of day ($p = 0.01$) (Table 1).

Table 1. Black globe humidity index (BGHI), temperature and humidity index (THI), air temperature (TA), and black globe (BG) temperature ($^{\circ}\text{C}$) obtained from the full sun and shade environment with Integrated Crop-Livestock-Forestry (ICLF) in the morning and afternoon, during the dry and rainy seasons.

Parameter	Season	Morning		Afternoon		Significance		
		Full Sun	Morning Shade	Full Sun	Afternoon Shade	Treatment	Time of Day	Treat \times Time
BGHI	Dry	81.4 \pm 1.2	76.4 \pm 1.4	88.9 \pm 1.1	82.4 \pm 1.0	0.01	0.01	0.63
	Rainy	82.1 \pm 2.3	79.6 \pm 1.1	85.9 \pm 1.7	80.3 \pm 1.9	0.04	0.23	0.41
THI	Dry	76.0 \pm 0.8	72.0 \pm 0.8	82.0 \pm 0.9	80.0 \pm 0.8	0.01	0.01	0.17
	Rainy	73.8 \pm 1.3	72.3 \pm 1.3	78.0 \pm 1.4	75.5 \pm 1.4	0.15	0.01	0.70
AT	Dry	26.8 \pm 0.8	24.0 \pm 0.7	31.5 \pm 0.9	30.7 \pm 0.7	0.03	0.01	0.19
	Rainy	24.5 \pm 0.9	23.4 \pm 0.9	28.6 \pm 1.0	26.6 \pm 1.0	0.14	0.01	0.65
BG	Dry	32.1 \pm 1.1	27.9 \pm 1.1	38.6 \pm 1.1	32.9 \pm 1.1	0.01	0.01	0.51
	Rainy	31.7 \pm 1.5	29.7 \pm 1.6	35.0 \pm 1.8	30.2 \pm 1.6	0.05	0.27	0.42

ICLF—integrated crop–livestock–forestry. Morning = 7 a.m. Afternoon = 3 p.m.

The THI was mitigated with shade by 2.5% to 5.2%. In the dry season, trees reduced the ambient temperature (AT) by 2.5% in the afternoon and 7.6% in the morning ($p = 0.01$). In the rainy season, the AT changed both in the morning and afternoon ($p = 0.01$). The time of day and treatment affected the black globe temperature (BGT) in the dry season, reducing it by 14.7% in the afternoon ($p = 0.01$). The BGT did not vary due to treatment ($p = 0.05$) and time of day ($p = 0.27$) in the rainy season, probably because the weather had a higher cloud cover and had more mist (Table 1).

The hair number was unaffected by breed ($p = 0.70$) and environment ($p = 0.80$). The hair of Girolando cows was longer (0.14 mm) than Gyr cows ($p = 0.01$). However, length did not differ between treatments ($p = 0.36$). Skin ($p = 0.78$) and coat

($p = 0.56$) color were not different between environments. Gyr coat color (a = red color intensity) was 2.2 times higher than Girolando ($p = 0.01$) (Table 2).

Table 2. Average length of the 10 longest hairs, number of hairs per cm^2 , and skin and coat color (Silva, 2000) of Gyr and Girolando cows in full sun and ICLF shade production systems.

Parameter	Full Sun	Shade	<i>p</i> -Value *	Gyr	Girolando	<i>p</i> -Value *
Number of hairs (hair/ cm^2)	805 ± 108	795 ± 153	0.8	791 ± 67	809 ± 175	0.70
Size 10 > hair (mm)	0.53 ± 0.10	0.60 ± 0.20	0.36	0.49 ± 0.05	0.63 ± 0.20	0.01
Skin color	7.8	7.1	0.78	9.6	5.3	0.09
Fur color	13.8	12.6	0.56	18.4	8.3	0.01

* Tukey–Kramer test at 5% probability; ICLF—integrated crop–livestock–forestry; *p*—level of significance.

Body measurements (wither height, chest circumference, body length, and shin circumference) did not differ between cows in the full sun and shade ICLF treatments but showed differences between breeds (Table 3).

Table 3. Average skin thickness, body length, wither height, shin, and thoracic length according to the genetic group of cows.

Parameter	Gyr	Girolando	<i>p</i> -Value *
Skin thickness (cm)	0.62	0.61	0.83
Body length (m)	1.42	1.63	0.01
Wither height (m)	1.29	1.40	0.01
Shin circumference (cm)	21.4	20.9	0.68
Thoracic circumference (cm)	1.76	2.01	0.01

* Tukey–Kramer test at 5% probability.

Girolando were longer, taller, and had a higher chest circumference than Gyr cows. Gyr cows exposed to full sun showed higher coat thickness (0.27 cm) than Gyr cows in the shade ICLF (Table 4).

Table 4. Mean coat thickness (cm) according to treatments full sun and ICLF with shade and genetic breed.

Treatment	Genetic Breed	
	Gyr	Girolando
Coat thickness in full sun (cm)	1.09 ^{Aa}	0.91 ^{Aa}
Coat thickness in shade (cm)	0.82 ^{Ba}	0.95 ^{Aa}

A, B Different capital letters in the columns indicate statistical difference by Tukey test at 5% significance; ^a Different lowercase letters in the rows indicate statistical difference by Tukey test at 5% significance; ICLF—integrated crop–livestock–forestry.

Cows under shade spent 29% to 34% more time ruminating compared to those in full sun at <30 °C and >30 °C, respectively. When the THI was at danger levels, the rumination time of cows under shade was 1.7 times higher than those in the sun. There were no significant differences between treatments for grazing times, but time spent lying down was 19% longer in the ICLF (Table 5) than in the sun.

Table 5. Mean time, in minutes, of ingestive behavior during 24 h, of dairy cows under full sun and shade ICLF and under different categories of air temperature and THI.

Ingestive Behavior	Air Temperature	Full Sun	Shade	<i>p</i> -Value
Grazing	<30 °C	484.8 ± 14.6	506.6 ± 14.9	0.72
	>30 °C	518.7 ± 19.5	520.1 ± 19.5	0.99
	<i>p</i> -Value	0.5155	0.9496	
Rumination	<30 °C	301.0 ± 13.0	404.1 ± 13.7	0.01
	>30 °C	312.5 ± 16.4	404.4 ± 16.8	0.01
	<i>p</i> -Value	0.9403	1.000	
Lying down	<30 °C	561.0 ± 13.6	456.0 ± 14.1	0.01
	>30 °C	520.5 ± 17.8	455.6 ± 18.0	0.05
	<i>p</i> -Value	0.2712	1.000	
THI Classes				
Grazing	Normal	492.8 ± 19.3 ^A	502.5 ± 14.6 ^A	0.99
	Alert	486.2 ± 22.3 ^A	545.6 ± 27.3 ^A	0.54
	Danger	509.6 ± 27.3 ^A	510.0 ± 27.3 ^A	0.99
Rumination	Normal	269.0 ± 14.0 ^B	384.2 ± 10.6 ^B	0.01
	Alert	388.7 ± 16.2 ^A	424.3 ± 19.8 ^{AB}	0.73
	Danger	269.6 ± 14.0 ^B	468.7 ± 19.9 ^A	0.01
Lying down	Normal	561.8 ± 16.3 ^A	479.8 ± 12.3 ^A	0.01
	Alert	477.5 ± 18.9 ^B	402.5 ± 23.1 ^B	0.13
	Danger	585.3 ± 16.3 ^A	424.3 ± 23.0 ^{AB}	0.01

^{A, B} Distinct capital letters in the column differ by the Tukey Kramer test at 5% significance level; ICLF—integrated crop–livestock–forestry; THI—temperature-humidity index.

The evaluation of the effect of genetic breed and interaction with THI classes and treatment on rumination had no significant differences ($p = 0.29$; $p = 0.94$ and $p = 0.21$, respectively). These effects on idleness were only from genetic breed ($p = 0.02$; Gyr = 506 min and Girolando = 470 min), the interaction with THI classes and treatment had $p = 0.12$ and $p = 0.35$, respectively. The same response pattern was observed for intake (genetic breed $p = 0.01$; Gyr = 483 min and Girolando = 530 min; interaction with THI classes $p = 0.18$ and interaction with treatment $p = 0.13$).

The response pattern was similar when rating temperature below and above 30 °C. There was no effect of interactions on rumination, idleness, and ingestion. Gyr cows spent more time in idleness (521 min) than Girolando cows (470 min) ($p = 0.01$). The Girolando cows spent more time in the pasture ingestion (531 min) than the Gyr cows (477 min) ($p = 0.01$).

Shade interfered positively with cows' rumination when the temperature was classified below and above 30 °C and in THI, indicating alert and dangerous situations. Both at normal and dangerous THI levels, cows in the full sun spent longer lying down (Table 5).

Surface temperatures at different parts of the body were significantly lower in shaded cows, and there was also a time-of-day effect, with lower temperatures in the morning. Cows in full sun and the afternoon had higher surface temperatures. The rectal temperature of cows was higher in the afternoon, in full sun (0.7 °C) and ICLF (0.6 °C) (Table 6).

Table 6. Average surface temperature by thermography and rectal temperature in Gyr and Girolando cows in full sun and shade ICLF in the morning and afternoon in different body sites.

Region	Morning		Afternoon		Significance *		
	Full Sun	Shade	Full Sun	Shade	Treatment	Period	Treat × Per
Udder	32.5 ± 0.1	31.6 ± 0.2	35.8 ± 0.1	34.6 ± 0.2	0.01	0.01	0.30
Croup	32.2 ± 0.3	31.7 ± 0.3	35.4 ± 0.3	34.0 ± 0.3	0.01	0.01	0.18
Flank	32.8 ± 0.2	32.3 ± 0.2	35.7 ± 0.2	34.8 ± 0.2	0.01	0.01	0.52
Neck	32.3 ± 0.2	32.1 ± 0.2	35.6 ± 0.2	34.3 ± 0.2	0.01	0.01	0.04
Eye	32.8 ± 0.2	32.4 ± 0.2	35.8 ± 0.2	34.6 ± 0.2	0.01	0.01	0.08
Muzzle	29.8 ± 0.3	28.7 ± 0.3	33.4 ± 0.3	31.7 ± 0.3	0.01	0.01	0.36
Rectum	37.5 ± 0.07	37.9 ± 0.0	38.2 ± 0.0	38.5 ± 0.0	0.01	0.01	0.83

* Tukey–Kramer test; ICLF—integrated crop–livestock–forestry.

ICLF and season did not affect the cow's panting score. Girolando cows had a 35% higher panting score than Gyr cows, independent of the treatment. The panting score increased two and a half times in the afternoon compared to the morning period (Table 7).

Table 7. Panting scores of Gyr and Girolando dairy cows in full sun and shade ICLF obtained in the dry and rainy seasons in the morning and afternoon periods.

Environment	Mean Panting Score		s.e.	Significance *
	Full Sun	Shade ICLF		
Genetic Breed	0.92	0.84	0.04	0.16
	Gyr	Girolando		
Season	0.75	1.00	0.04	0.01
	Rainy	Dry		
Period	0.97	0.81	0.04	0.03
	Morning	Afternoon		
	0.51	1.28	0.03	0.01

* Non-parametric Kruskal–Wallis test. s.e.—standard error; ICLF—integrated crop–livestock–forestry.

4. Discussion

4.1. Thermal Index Obtained in Natural Shade and Full Sun

The maximum BGHI (88.9) that occurs in the dry season during the afternoon period in full sun (Table 1) is considered an emergency [21]. Most THI values were in the range of 79 to 84, indicating danger. Such conditions above the thermoneutral zone suggest that animals probably suffer heat stress. Despite high THI values, tree shade helped to mitigate this rate by 7.3%. Similar results were reported in studies where the presence of shade in the pasture mitigated THI values by 3.7% [22], and under THI conditions at 72, the yield of milk and feed intake started to decline. When THI values reached 76 or higher, the decrease in milk yield is clearly reduced [23].

In the rainy season, THI values were influenced only by the time of day (morning and afternoon), and in the dry season, THI changed with the time of day and treatment (presence of shade) (Table 1). THI in both periods was above 72, indicating stressful conditions for dairy cows [24]. THI was lower in the morning shaded treatments but even so was considered critical, while in the afternoon, with sun exposure, it reached a level considered dangerous [25]. THI was mitigated by shade by 2.5% to 5.2%. Trees in dry seasons reduced ambient temperatures (AT) in the afternoon by 2.5% and in the morning by 7.6%. These values indicate that even under heat stress conditions, with a THI above 72, the shade density of the trees present in the shade environment helps to reduce the thermal discomfort by at least 4 °C in the dry period of the year. Similar results were found in which an environment shaded by eucalyptus in an ILPF system, THI values are reduced by up to 2.7% when compared to full sun environments [26]. Even in shaded conditions, THI values throughout the year were above expected for thermal comfort (72), reaching values of 75 during the hottest hours of the day and up to 81 in full sun [26].

During the rainy season, the AT changed in both morning and afternoon periods (Table 1).

4.2. Morphological Characteristics of Skin, Coat and Body Measures of Cows in Shaded ICLF and Full Sun Systems

Determination of coat pigmentation and skin color, according to the colorimeter readings, presents a color scale with a value of 0 for black and 100 for white color according to Muller's method [15]. Skin and coat color were not different between the two environments. The Gyr coat colors were 2.2 times lighter than Girolando (Table 2). Crossbred cows, with zebu genetic composition, tend to present a more pigmented epidermis with lighter hair as a result of natural selection, increasing protection of deeper tissues from short-waves ultraviolet radiation, which crosses the thin layer of the coat easily [27].

Animals that present a thinner coat possess accelerated excess body heat dissipation via radiation. As this radiation passes through the coat, it is detained by the melanin granule layer of the epidermis, evidencing a favorable selection of light coat and dark skin characteristics in addition to physical structure and quantity of hairs by area unit of the coat [28,29].

Gyr cows exposed to full sun presented 32% thicker coats (Table 4) than Gyr cows in the ICLF. Some studies have shown that long hair can be a heat insulator, serving as a buffer between the environment and the animal's body [30,31]. An important point to note here is that, in the dry season, although the temperature is high during the day, it can fall well below 10 °C at night [32,33], as skies in this region at this time of year do not have cloud cover, so a lot of heat is lost from the earth's surface by radiation. While Girolando cows contain *Bos taurus taurus* genes, and therefore may show a higher resistance to these colder temperatures, Gyr (*Bos taurus indicus*) do not have an adaptation to low temperatures [34]. This may have stimulated coat growth in the unshaded pastures, while the cows in the shaded areas would not have undergone the same stress.

However, observations in more animals are needed to verify how the environment can affect coat thickness in each season. These results suggest a difficulty for Gyr cows to lose heat, and the coat cover should be as thin as possible, with short, thick, and well-seated hairs to facilitate latent and sensible heat loss [6,10,35,36].

Some characteristics, such as shorter and less dense hair in crossbred cows, with lower values during the summer, are considered appropriate for optimizing evaporative and convective thermolysis, based on high temperatures and humidity during summer when higher heat stress is observed [37]. An adequate coat, therefore, provides physiological adjustments to heat stress, such as losing heat through vasodilation and faster sweating into the atmosphere, since the thicker the coat and the longer the hair, the more thermal insulation the animal will have, consequently affecting heat dissipation [10].

Several coat characteristics are preferable for cows in tropical climates, such as short, high-density coats, high diameter, and light-colored hair with an inclination less than 40°, and pigmented skin [38,39]. These characteristics allow more protection from solar radiation and heat stress, contributing to animal comfort and better production under field conditions [40].

4.3. Animal Behavior and Ingestion

Cows in the shade spent 29% to 34% more time ruminating than in full sun (Table 5), indicating that those in full sun tend to spend more idle time. In a study conducted in Brazil, significant differences in time lying down, rumination, and looking for shade in dairy cows in different pasture systems were found [7]. Higher rumination and lying times were found in cows with available shade. Cows in the full sun spent most of their time close to water sources, with fewer rumination times, especially on days with higher THI during the afternoon, as a strategy to increase heat loss by both convection and conduction while standing or lying down on a moist, cold surface [41].

Beef cattle under shade in a silvopastoral system were seen to change their ingestive behavior during warmer months of the year. Also time spent resting or lying down was

longer for animals under sun exposure in hotter periods of the year with temperatures above 29 °C, in an attempt to reduce the excess metabolic heat produced [42].

4.4. Surface and Rectal Temperatures

The internal rectal temperature of cows under full sun and shade remained within the physiologically normal range. The normal value was considered to be up to 38.5 °C [43]. The surface temperature measured at different parts of the body remained within the normal range. These responses suggest that cows under the full sun could adapt to environmental challenges to perform heat loss to maintain thermal balance. As the cows in the sun had more idle time and reduced rumination, this reduces their metabolic heat output [10]. However, the higher rectal temperature of the cows in the sun indicates that they were unable to dissipate body heat, even without reaching the physiological threshold for heat stress. This indicates that the reduced metabolic heat production was not sufficient to overcome increased stress caused by environmental factors, especially at the hotter times of the day.

4.5. Panting Score

The panting score has been determined as a good indicator of stress in cattle [44,45]. The shade and season did not affect the cow's panting score. Girolando cows had a slightly increased panting score than Gyr cows, regardless of environment. In the afternoon, the panting score was two and a half times higher than in the morning period (Table 7). One of the main mechanisms in heat dissipation is the panting behavior in dairy cows, and this mechanism has a negative correlation with wind speed [19]. The increased rate of respiration is indicative that these animals are losing heat in an attempt to maintain homeothermy. In a study conducted in São Paulo—Brazil, with Girolando animals, summer and winter seasons affected the gland activities responsible for sweating and increased panting scores to control the body temperature of those cows during summer. Under heat stress conditions, those animals lose water through increased sweating and panting, leading to dehydration and reduction in production performance [23].

Girolando cows presented better adaptive responses by activating a heat loss mechanism, through increased panting, to high temperatures in the dry season compared to Gyr cows [19]. Although the number of hairs was not statistically different between breeds, the lighter coat color, pigmented skin, shorter hair and thinner cover, and larger body measurements were observed in the Girolando breed, indicating better ability to dissipate excess body heat during the experimental period [39,45]. Larger animals have a lower metabolic rate than smaller ones [46], and animals with longer, thinner appendages show increased heat loss [47].

When in environments shaded by trees, animals spent more time grazing and ruminating than animals in full sun. While in the shade, there was no difference between time spent lying down above and below 30 °C, in the sun, animals tended (not significantly) to spend less time lying under the higher temperatures. This would be to increase sensible water loss, increase body surface area exposed to air movement or convection, and dissipate heat to the environment. Thus, medium to low production Gyr and Girolando cows tolerate heat but show behavioral changes to maintain homeothermy.

The presence of tree shade in the pasture of an integrated production system for zebu dairy cows was found to promote the cow's well-being by increasing rumination and reducing their skin temperature. However, it did not affect behavioral parameters, such as panting score and grazing times. This may be due to the adaptation of these breeds to these environment, since crossbred Gyr (with Holstein-Friesian and Simental) cows were more productive in the Cerrado system than purebred Gyr for calf and milk production, as well as reproductive traits [48], and while genetic group and environment (sun and shade) did not affect rectal temperature, respiration rate was increased in crossbred animals [2].

5. Conclusions

Environmental parameters indicate heat stress conditions for dairy cows in all seasons, with the most challenging conditions in the afternoon and during the dry season for the Cerrado biome. The use of trees in pastures of a silvopastoral system for dairy zebu cows is recommended to improve animal behavior parameters, such as ingestive behavior, rumination, and time spent lying down, as well as to improve cow's welfare in the shade group by providing shelter from hot sunny environments.

Author Contributions: Writing—Review and Editing, N.S.R., I.C.F., F.A.M., A.G.M., C.F.M., L.C.B. and C.M.M.; Data Curation, N.S.R., I.C.F., L.A.M., A.C.B.S., G.A.S.P. and Á.M.d.F.N.; Visualization, N.S.R., I.C.F., Á.M.d.F.N. and L.C.B.; Conceptualization, I.C.F., C.F.M., L.C.B. and C.M.M.; Methodology, I.C.F., F.A.M., A.G.M., C.F.M., L.C.B. and C.M.M.; Formal analysis, I.C.F., J.V.M. and C.M.M.; Investigation, I.C.F., L.A.M., A.C.B.S., G.A.S.P., F.A.M., A.G.M., C.F.M., C.M.M.; Supervision, I.C.F.; Project administration, I.C.F.; Funding acquisition, I.C.F.; Writing—Original Draft, L.A.M. and A.C.B.S.; Neto—Investigation, Á.M.d.F.N., Resources, C.F.M., L.C.B. and C.M.M. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: Embrapa (SEG 03.13.11.005.00.00), Fundação de Apoio a Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF) Process Number: 0193.001792/2017; This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior—Brasil (CAPES)—Finance Code 001 and National Council for Scientific and Technological (CNPq).

Institutional Review Board Statement: The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki, and approved by the Ethics Committee of EMBRAPA CERRADOS (protocol code 533-2541-1 and date of approval 03/24/2017).

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: The authors declare that the data presented in this study are available on request from the corresponding author.

Acknowledgments: The authors are indebted to the Technology Center for Dairy Zebu Breed (CTZL) of the Brazilian Agricultural Research Corporation (Embrapa), and the Association of Zebu Breeders of the Planalto region (ACZP) for their assistance with the experiment.

Conflicts of Interest: The authors declare that there are no known conflict of interest associated with this publication.

References

1. Da Costa, N.S.; Da Silva, M.V.G.B.; do Carmo Panetto, J.C.; Machado, M.A.; Seixas, L.; Peripolli, V.; Guimarães, R.F.; Carvalho, O.A., Jr.; Vieira, R.A.; McManus, C. Spatial dynamics of the Girolando breed in Brazil: Analysis of genetic integration and environmental factors. *Trop. Anim. Health Prod.* **2020**, *52*, 3869–3883. [\[CrossRef\]](#)
2. McManus, C.; Louvandini, H.; Paim, T.P.; Paula, F.C.; Bernal, F.E.M. Factors affecting heat tolerance in crossbred cattle in Central Brazil. *Ciência Anim. Bras.* **2014**, *15*, 152–158. [\[CrossRef\]](#)
3. Kern, E.L.; Cobuci, J.A.; Costa, C.N.; Pimentel, C.M. Factor analysis of linear type traits and their relation with longevity in Brazilian Holstein cattle. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* **2014**, *27*, 784–790. [\[CrossRef\]](#)
4. Madalena, F.E.; Peixoto, M.G.C.D.; Gibson, J. Dairy cattle genetics and its applications in Brazil. *Livest. Res. Rural. Dev.* **2012**, *24*, 1–49.
5. Canaza-Cayo, A.W.; Lopes, P.S.; Silva, M.V.G.B.; Cobuci, J.A.; de Torres, R.A.; Martins, M.F.; Arbex, W.A. Population structure of the Girolando breed. *Ciência Rural* **2014**, *44*, 2072–2077. [\[CrossRef\]](#)
6. Cardoso, C.C.; Peripolli, V.; Amador, S.A.; Brandão, E.G.; Esteves, G.I.F.; Sousa, C.M.Z.; França, M.F.M.S.; Gonçalves, F.G.; Barbosa, F.A.; Montalvão, T.C.; et al. Physiological and thermographic response to heat stress in zebu cattle. *Livest. Sci.* **2015**, *182*, 83–92. [\[CrossRef\]](#)
7. Vizzotto, E.F.; Fischer, V.; Neto, A.T.; Abreu, A.S.; Stumpf, M.T.; Werncke, D.; Shimidt, F.A.; Mcmanus, C.M. Access to shade changes behavioral and physiological attributes of dairy cows during the hot season in the subtropics. *Animal* **2015**, *9*, 1559–1566. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
8. Balbino, L.C.; Cordeiro, L.A.M.; Porfírio-Da-Silva, V.; Moraes, A.D.; Martínez, G.B.; Alvarenga, R.C.; Kichel, A.N.; Fontaneli, R.S.; Santos, H.P.D.; Franchini, J.C.; et al. Technological evolution and productive arrangements of crop-livestock-forest integration systems in Brazil. *Pesqui. Agropecuária Bras.* **2011**, *46*, 1–12.
9. Alves, B.J.R.; Madari, B.E.; Boddey, R.M. Integrated crop-livestock-forestry systems: Prospects for a sustainable agricultural intensification. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* **2017**, *108*, 1–4. [\[CrossRef\]](#)

10. McManus, C.M.; Faria, D.A.; Bem, A.D.; Maranhão, A.Q.; Paiva, S.R. Physiology and genetics of heat stress in cattle. *CAB Rev.* **2020**, *15*, 1–12, 1749–8848. [[CrossRef](#)]
11. Salman, A.K.D.; Della Giustina, C.; Martínez, G.B.; Carnevalli, R.A. *Agroforestry Systems for Dairy Production in Capítulo em Livro Técnico*; INFOTECA-E, Embrapa: Brasília, Brazil, 2020; Chapter 16; pp. 371–390. ISSN 1413-7054.
12. Martins, C.F.; Neto, A.M.F.; Bessler, H.C.; Dode, M.N.; Leme, L.; Franco, M.M.; Malaquias, J.V.; Ferreira, I.C. Natural shade from integrated crop-livestock forestry mitigates environmental heat and increases the quantity and quality of oocytes and embryos produced in vitro by Gyr dairy cows. *Livestock Sci.* **2021**, *244*, 104341. [[CrossRef](#)]
13. Bungenstab, D.J.; de Almeida, R.G.; Laura, V.A.; Balbino, L.C.; Ferreira, A.D. (Eds.) *ICLF: Innovation with Integration of Crop, Livestock and Forest*; Embrapa: Brasília, Brazil, 2019; pp. 347–366. ISBN 978-85-7035-922-3.
14. Silva, R.G. *Introduction to Animal Bioclimatology*; Nobel: São Paulo, SP, Brazil, 2000; p. 286. ISBN 9788521311218.
15. Müller, L. Standards for carcass evaluation and steer carcass contest. *Dep. Zoot* **1980**, *1*, 31.
16. Reis, G.L.; Albuquerque, F.H.M.A.R.; Valente, B.D.; Martins, G.A.; Teodoro, R.L.; Ferreira, M.B.D.; Monteiro, J.B.N.; Silva, M.A.; Madalena, F.E. Live weight prediction from body measurements in Holsteins/Gyr crossbreds. *Ciência Rural.* **2008**, *38*, 778–783. [[CrossRef](#)]
17. McManus, C.; Prescott, E.; Paludo, G.R.; Bianchini, E.; Louvandini, H.; Mariante, A.S. Heat tolerance in naturalised Brazilian cattle breeds. *Livestock Sci.* **2009**, *120*, 256–264. [[CrossRef](#)]
18. Hodgson, J.; Tayler, J.C.; Lonsdale, C.R. The relationship between intensity of grazing and herbage consumption and growth of calves. *J. Br. Grassl. Soc.* **1971**, *26*, 231–237. [[CrossRef](#)]
19. Mader, T.L.; Davis, M.S.; Brown-Brandl, T. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* **2006**, *84*, 712–719. [[CrossRef](#)]
20. Thom, E.C. The Discomfort Index. *Weatherwise* **1959**, *12*, 57–61. [[CrossRef](#)]
21. Buffington, D.E.; Collazo-Arocho, A.; Canton, G.H.; Pit, D. Black globe-humidity index (ITGU) as comfort equation for dairy cows. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* **1981**, *24*, 711–714. [[CrossRef](#)]
22. Maia, A.S.; Da Silva, R.G.; Loureiro, C.M.B. Latent Heat Loss of Holstein Cows in a Tropical Environment: A prediction Model. *Rev. Bras. Zootec.* **2008**, *37*, 1837–1843. [[CrossRef](#)]
23. Cerqueira, J.; Araujo, J.P.; Blanco-Penedo, I.; Cantalapedra, J.; Silvestre, A.; Silva, S. Prediction of heat stress in dairy cows by environmental and physiological indicators. *Arch. Zootec.* **2016**, *65*, 357–364, 0004-0592. [[CrossRef](#)]
24. Azevêdo, M.D.; Pires, M.D.F.Á.; Saturnino, H.M.; Lana, Â.M.Q.; Sampaio, I.B.M.; Monteiro, J.B.N.; Morato, L.E. Estimation of upper critical levels of the temperature and humidity index for $1/2$, $3/4$ and $7/8$ Holstein-Zebu dairy cows in lactation. *Rev. Bras. Zootec.* **2005**, *34*, 2000–2008. [[CrossRef](#)]
25. Hahn, G.L. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Anim. Sci.* **1999**, *77*, 10–20. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Karvatte, N., Jr.; Alves, F.; Klosowski, E.; De Almeida, R.G.; Tsutsumi, C.; Oliveira, C. Microclimate and Thermal Comfort Indexes in Crop-Livestock-Forest Integration Systems in the Municipality of Campo Grande, Mato Grosso do Sul. In *Embrapa Gado de Corte-Documentos (INFOTECA-E)*; Embrapa: Brasília, Brazil, 2016; p. 1983-974X.
27. Silva, R.G.; Maia, A.S.C. *Principles of Animal Biometeorology*; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2012; Volume 1, p. 261. [[CrossRef](#)]
28. 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.* **2003**, *54*, 1013–1025. [[CrossRef](#)]
29. Mata e Silva, B.C.; Marques, L.C.G.; Porto, B.R.; Durães, C.R.S.; Carvalho Júnior, I.S.; Colen, F. Morphological characteristics of the coat of crossbred Holstein cows in the semiarid region of Minas Gerais. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* **2013**, *65*, 1767–1772. [[CrossRef](#)]
30. Helal, A.; Hashem, A.; Abdel-Fattah, M.; El-Shaer, H. Effect of heat stress on coat characteristics and physiological responses of Balady and Damascus goats in Sinai, Egypt. *Am. Eur. J. Agric. Environ. Sci.* **2010**, *7*, 60–69.
31. Jakper, N.; Kojo, I.A. Effect of coat color, ecotype, location and sex on hair density of West African Dwarf (WAD) goats in Northern Ghana. *Sky J. Agric. Res.* **2014**, *3*, 25–30.
32. Paim, T.P.; Borges, B.O.; de Mello Tavares Lima, P.; Gomes, E.F.; Dallago, B.S.L.; Fadel, R.; McManus, C. Thermographic evaluation of climatic conditions on lambs from different genetic groups. *Int. J. Biometeorol.* **2013**, *57*, 59–66. [[CrossRef](#)]
33. Paim, T.D.P.; Martins, R.F.S.; Cardoso, C.; Dallago, B.; Louvandini, H.; McManus, C. Thermal comfort index and infrared temperatures for lambs subjected to different environmental conditions. *Sci. Agric.* **2014**, *71*, 356–361. [[CrossRef](#)]
34. Godfrey, R.W.; Smith, S.D.; Guthrie, M.J.; Stanko, R.L.; Neuendorff, D.A.; Randel, R.D. Physiological responses of newborn Bos indicus and Bos indicus × Bos taurus calves after exposure to cold. *J. Anim. Sci.* **1991**, *69*, 258–263. [[CrossRef](#)]
35. Silva, R.G. Estimates of radiation heat balance in sun and shade exposed Holstein cows in a tropical environment. *Rev. Bras. Zootec.* **1999**, *28*, 1403–1411. [[CrossRef](#)]
36. Maia, A.S.C.; Silva, R.G.; Bertipaglia, E.C.A. Pelage characteristics of Holstein cows in Tropical environment: An adaptive genetic study. *Rev. Bras. Zootec.* **2003**, *32*, 843–853. [[CrossRef](#)]
37. Aiura, A.L.O.; Aiura, F.S.; Santos, P.D.O.; Santos, L.V.; Santana, C.J.L.; Gonçalves, G.A.M.; Martins, S.C.S.G. Morphological characteristics of the pelage of crossbred cows. *Rev. Bras. Saúde Produção Anim.* **2014**, *15*, 866–871, 1519–9940. [[CrossRef](#)]
38. Silva, R.G.; La Scala Júnior, N.; Pocay, P.L.B. Transmission of ultraviolet radiation through the pelage and epidermis of cattle. *Rev. Bras. Zootec.* **2001**, *30*, 1939–1947. [[CrossRef](#)]

39. Alfonzo, E.P.M.; Silva, M.V.G.B.; Daltro, D.S.; Stumpf, M.T.; Dalcin, V.C.; Kolling, G.; Fischer, V.; McManus, C.M. Relationship between physical attributes and heat stress in dairy cattle from different genetic groups. *Int. J. Biometeorol.* **2016**, *60*, 245–253. [[CrossRef](#)]
40. Façanha, D.A.E.; Silva, R.G.D.; Maia, A.S.C.; Guilhermino, M.M.; Vasconcelos, A.M.D. Annual variation of morphologic traits and hair coat surface temperature of Holstein cows in semi-arid environment. *Rev. Bras. Zootec.* **2010**, *39*, 837–844. [[CrossRef](#)]
41. Maia, A.S.; Da Silva, R.G.; Battiston, C.M.L. Sensible and latent heat loss from the body surface of Holstein cows in a tropical environment. *Int. J. Biometeorol.* **2005**, *50*, 17–22. [[CrossRef](#)]
42. Baliscai, M.A.; Souza, W.; Barbosa, O.R.; Cecato, U.; Krutzmann, A.; Queiroz, E.O. Behavior of beef cattle and the microclimate with and without shade. *Acta Scientiarum. Anim. Sci.* **2012**, *34*, 409–415. [[CrossRef](#)]
43. Burfeind, O.; Suthar, V.S.; Heuwieser, W. Effect of heat stress on body temperature in healthy early postpartum dairy cows. *Theriogenology* **2012**, *78*, 2031–2038. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
44. Dalcin, V.C.; Fischer, V.; Daltro, D.S.; Alfonzo, E.P.M.; Stumpf, M.T.; Kolling, G.J.; da Silva, M.V.G.B.; McManus, C. Physiological parameters for thermal stress in dairy cattle. *Rev. Bras. Zootec.* **2016**, *45*, 458–465. [[CrossRef](#)]
45. McManus, C.; Castanheira, M.; Paiva, S.R.; Louvandini, H.; Fioravanti, M.C.S.; Paludo, G.R.; Oliveira, E.M.B.; Corrêa, P.S. Use of multivariate analyses for determining heat tolerance in Brazilian cattle. *Trop. Anim. Health Prod.* **2011**, *43*, 623–630. [[CrossRef](#)]
46. Silanikove, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest. Prod. Sci.* **2000**, *67*, 1–18. [[CrossRef](#)]
47. Mwacharo, J.M.; Okeyo, A.; Kamande, G.; Rege, J. The small East African shorthorn zebu cows in Kenya. I: Linear body measurements. *Trop. Anim. Health Prod.* **2006**, *38*, 65–74. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
48. McManus, C.; Louvandini, H.; Carneiro, H.C.; Lima, P.R.M.; Neto, J.B. Production indices for dual purpose cattle in central Brazil. *Rev. Bras. Zootec.* **2011**, *40*, 1576–1586. [[CrossRef](#)]