

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
CAMPUS ANÁPOLIS DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
HENRIQUE SANTILLO
MESTRADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**CLIMATIZAÇÃO NA PÓS-ORDENHA E SUAS INTERFERÊNCIAS NOS ÍNDICES
DE CONFORTO TÉRMICO, VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E PRODUTIVIDADE DE
VACAS LEITEIRAS**

Lainny Jordana Martins Pereira e Sousa

ANÁPOLIS
2019

CLIMATIZAÇÃO NA PÓS-ORDENHA E SUAS INTERFERÊNCIAS NOS ÍNDICES DE
CONFORTO TÉRMICO, VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E PRODUTIVIDADE DE VACAS
LEITEIRAS

LAINNY JORDANA MARTINS PEREIRA E SOUSA

Orientadora: Profa. Dra. Roberta Passini

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás - UEG, Campus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas – Henrique Santillo como parte das exigências do Programa de Pós Graduação *Stricto sensu* em Engenharia Agrícola – Engenharia de Sistemas Agroindustriais, para obtenção do título de MESTRE.

ANÁPOLIS
2019

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Sc Sousa, Lainny Jordana Martins Pereira
 CLIMATIZAÇÃO NA PÓS-ORDENHA E SUAS INTERFERÊNCIAS NOS
 ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO, VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E
 PRODUTIVIDADE DE VACAS LEITEIRAS / Lainny Jordana Martins Pereira
 Sousa; orientador Roberta Passini. -- Anápolis, 2019.
 92 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação Mestrado Acadêmico em
Engenharia Agrícola) -- Câmpus Central - Sede: Anápolis - CET, Universidade
Estadual de Goiás, 2019.

1. Bem estar. 2. Resfriamento. 3. Estresse térmico. I. Passini, Roberta,
orient. II. Título.

**CLIMATIZAÇÃO NA PÓS-ORDENHA E SUAS INTERFERÊNCIAS NOS
ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO, VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E
PRODUTIVIDADE DE VACAS LEITEIRAS**

Por

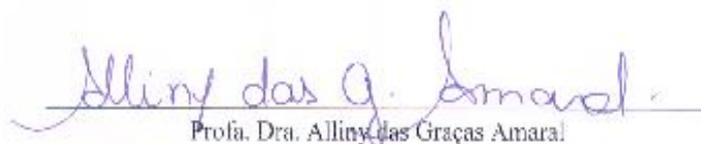
Lainny Jordana Martins Pereira e Sousa

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de
MESTRA EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Aprovado em **17/12/2019**



Prof. Dra. Roberta Passini
Orientadora
Universidade Estadual de Goiás - UEG



Prof. Dra. Alliny das Graças Amara
Membro
Universidade Estadual de Goiás - UEG



Prof. Dr. Eduardo Alves de Almeida
Membro
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará - UNIFESSPA

A Deus, minha família, meus amigos, meu namorado Tony, e todas as pessoas que trabalham para melhorar o bem estar dos animais na produção.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a DEUS por ser meu guia, por ter me ajuda a realizar minha pesquisa, e nos momentos de aflição nunca ter me deixado desistir.

Ao programa de mestrado em Engenharia Agrícola. A minha professora e orientadora Roberta Passini por aceitar me orientar, me mostrar sempre o lado positivo das situações, pelos inúmeros ensinamentos, meus eternos agradecimentos e admiração.

A Alliny das Graças Amaral por ter me ajudado tanto, serei eternamente grata, obrigada por me ajudar em meu trabalho.

Aos professores do curso de mestrado Maria Joselma, Sueli Freitas, André Campos, que dedicaram seu tempo e sua sabedoria ao longo desses meses contribuindo para a obtenção de conhecimento.

Aos colegas do curso de mestrado Bianca, Carol, Verediana, Fernanda, Pedro, Anderson pelo tempo de convivência, brincadeiras, amizade, por toda ajuda durante o curso e paciência.

A Eliete que sempre se mostrou cativante, prestativa e à disposição, meus eternos agradecimentos pela colaboração, incentivo e amizade.

Ao senhor Waldeir pela paciência, gentileza e tempos despendidos para ensinamentos no laboratório.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

A toda equipe da fazenda Pró-Campo Piracanjuba, Andreia, Leonardo, Geovani, Cleidiomar, Alex, Carlos, Sirley, Valdu, Renata e Alessandro por me receberem de braços abertos, pela confiança, colaboração e pelos conhecimentos passados. Todos vocês cooperaram para que este estudo fosse realizado, além de terem contribuído para meu desenvolvimento profissional.

A equipe da ordenha Claudia e Rafael, por terem me ajudado, sei que dei muito trabalho, mais vocês com paciência e amor me ajudaram tanto. Se consegui devo a vocês. Obrigada!

Aos meus pais Joana Dark José Pereira e Valdivino Martins de Sousa pelo incentivo, paciência, apoio e por sempre estarem presentes nos momentos de dificuldades e nos momentos de alegria.

A minha irmã Thais Fernanda por me ajudar quando necessário e por trazido ao mundo o meu sobrinho José Lourenço que é o amor da minha vida.

Ao meu namorado Tony Siqueira Alves e a sua família, por terem cuidado tão bem de mim, me acolhido e me ajudado tanto.

As minhas amigas que fazem parte da minha história: Jéssica Campos, Ana Dorys, Izadora, Eliara, Thainara, obrigada por fazerem parte da minha vida.

As minhas amigas que a Zootecnia me proporcionou, que tanto amo e levo para a vida: Patrícia, Lídia, Laís, meu agradecimento.

A todos que participaram comigo direta ou indiretamente durante a pesquisa e neste processo de aprendizagem.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1
2. CAPÍTULO I - REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 CLIMA E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	3
2.1.1 Temperatura de bulbo seco (T_{bs})	3
2.1.2 Temperatura de globo negro (T_{gn})	4
2.1.3 Umidade relativa do ar (UR).....	4
2.1.4 Radiação Solar.....	5
2.1.5 Velocidade do vento (v).....	5
2.2 INTERAÇÃO DOS BOVINOS COM O AMBIENTE.....	6
2.2.1 Condução.....	6
2.2.2 Convecção	6
2.2.3 Radiação.....	7
2.2.4 Evaporação	7
2.3 ZONA DE CONFORTO TÉRMICO.....	8
2.4 TERMORREGULAÇÃO E ESTRESSE CALÓRICO EM BOVINOS	10
2.4.1 Modificações comportamentais.....	10
2.4.2 Modificações fisiológicas.....	11
2.4.3 Modificações na composição e na produção de leite.....	12
2.5 ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO.....	13
2.5.1 Índice de Temperatura e Umidade (ITU)	14
2.5.2 Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU)	15
2.5.3 Carga Térmica de Radiação (CTR).....	15
2.5.4 Entalpia (H)	16
2.5.5. Termografia Infravermelha	16
2.6 ESTRATÉGIAS PARA REDUZIR O EFEITO DO ESTRESSE	17
2.6.1 Cruzamento para melhor adaptabilidade.....	17
2.6.2 Sistemas de climatização para bovinos leiteiros	18
2.6.2.1 Sombreamento	18
2.6.2.2 Água para Climatização.....	19
2.6.2.3 Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo (SRAE)	19

2.6.3 Climatização em área de alimentação	20
2.7 REFERÊNCIAS.....	21
3. CAPÍTULOS II – VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO PARA DIFERENTES SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO NA PÓS-ORDENHA.....	30
RESUMO.....	30
ABSTRACT.....	30
3.1.INTRODUÇÃO	32
3.2.MATERIAL E MÉTODOS	34
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
3.4 CONCLUSÕES	45
3.5 REFERÊNCIAS.....	46
4. CAPÍTULOS III – TERMOGRAFIA E FISILOGIA DO ESTRESSE EM VACAS GIROLANDO MANTIDAS EM DIFERENTES AMBIENTES NA PÓS-ORDENHA..	50
RESUMO.....	50
ABSTRACT.....	53
4.1 INTRODUÇÃO	52
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	53
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
4.4 CONCLUSÕES	65
4.5 REFERÊNCIAS.....	66
5. CAPÍTULOS IV– SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO NA PÓS-ORDENHA E SEUS EFEITOS NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO LEITE DE VACAS GIROLANDO	68
RESUMO.....	68
ABSTRACT.....	69
5.1.INTRODUÇÃO	70
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	71
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	75
5.4 CONCLUSÕES.....	79
5.5 REFERÊNCIAS.....	80
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	83

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Variações de temperatura ambiente para zona de termoneutralidade, temperaturas críticas superiores e inferiores para diferentes grupos genéticos de bovinos.....	9
TABELA 2 - Médias das variáveis ambientais: temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (%) e temperatura de globo negro (Tgn), no período de ordenha da manhã, com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatística.....	39
TABELA 3 - Médias dos índices de conforto térmico Índice de temperatura e umidade (ITU), Índice de temperatura do Globo Negro e Umidade, Carga térmica de Radiação (CTR) e Entalpia (Kj Kg ⁻¹) no período de ordenha da manhã, com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatística.....	41
TABELA 4 - Médias das variáveis ambientais temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (%) e temperatura de globo negro (Tgn), no período de ordenha da tarde, com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.....	42
TABELA 5 - Médias dos índices de conforto térmico Índice de temperatura e umidade (ITU), Índice de temperatura do Globo Negro e Umidade, Carga térmica de Radiação (CTR) e Entalpia (Kj Kg ⁻¹) no período de ordenha da tarde com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.....	44
TABELA 6 - Médias das variáveis fisiológicas, na ordenha da manhã: frequência respiratória (FR, mov min ⁻¹), temperatura retal (TR, °C) Temperatura de cabeça (°C), Temperatura de pescoço (°C), temperatura de dorso(°C), temperatura de garupa (°C), temperatura de úbere (C°), temperatura de canela (°C) nos diferentes tratamentos, com seus respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.....	60
TABELA 7 - Médias das variáveis fisiológicas, na ordenha da tarde: frequência respiratória (FR, mov min ⁻¹), temperatura retal (TR, °C), temperatura da cabeça (°C), dorso (°C), canela (°C), úbere (°C), garupa (°C) e temperaturas superficiais (TMS, °C) nos diferentes tratamentos, com seus respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.....	62
TABELA 8 - Médias da produção leiteira, em Kg animal ⁻¹ , nos diferentes tratamentos, com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.....	75
TABELA 9 - Médias da composição do leite proteína (%), gordura (%), lactose (%) e CCS (x1000/mL ²) nos diferentes tratamentos, com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.....	77

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Representação esquemática simplificada da zona de termoneutralidade.....	9
FIGURA 2 – Ducha utilizada no sistema de climatização sombreamento +ventilação + banho de ducha (S+V+D) localizada na saída da ordenha.....	35
FIGURA 3 –Demonstração do SRAE - Sistema de resfriamento adiabático evaporativo, composto por dois ventiladores e dois bicos de aspersão, modelo canzil.....	36
FIGURA 4- Procedimento para coleta da frequência respiratória.....	55
FIGURA 5- Coleta da temperatura retal com termômetro clínico digital.....	56
FIGURA 6 - Procedimento para a coleta das imagens termográficas.....	56
FIGURA 7 – Imagens termográficas dos diferentes tratamentos na pós-ordenha: (A) Sombreamento; (B) Sombreamento+ventilação; (C) Sombreamento+ventilação+ducha e (D) Sistema de resfriamento adiabático evaporativo.....	60
FIGURA 8 - Sistema de ordenha com medidor de leite para pesagem do leite.....	71

CLIMATIZAÇÃO NA PÓS-ORDENHA E SUAS INTERFERÊNCIAS NOS ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO, VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E PRODUTIVIDADE DE VACAS LEITEIRAS

RESUMO: Mecanismos para melhorar o conforto térmico de vacas leiteiras vêm sendo adotados para que os animais possam expressar todo seu potencial produtivo. Na bovinocultura leiteira um dos principais pontos críticos são as áreas de alimentação. Desta forma, esse trabalho objetivou avaliar a influência de diferentes ambientes na área de alimentação pós-ordenha, sobre índices de conforto térmico, variáveis fisiológicas, temperaturas superficiais, produção e composição do leite de vacas leiteiras. O experimento foi realizado na Fazenda Pró-Campo Piracanjuba, em Bela Vista de Goiás-GO. Foi utilizado delineamento em quadrado latino, com 4 tratamentos e 4 períodos experimentais, com 4 animais por tratamento, totalizando 16 repetições. Os tratamentos foram diferentes ambientes na pós-ordenha: S: sombreamento; S+V: sombreamento + ventilação; S+V+D: sombreamento+ ventilação+ ducha e SRAE: sistema de resfriamento adiabático evaporativo. Foram mensuradas as variáveis ambientais: temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, temperatura de globo negro, umidade relativa e velocidade do vento, sendo posteriormente calculados os índices de conforto térmico: Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica de Radiação (CTR) e Entalpia (H). Foram avaliadas a frequência respiratória, temperatura retal, temperaturas superficiais, produção e composição do leite. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância. O ambiente SRAE apresentou melhorias significativas ($P < 0,05$) nas variáveis ambientais e índices de conforto térmico, refletindo positivamente nos índices produtivos.

Palavras-chave: bem-estar, aspersão, resfriamento evaporativo, bovinos leiteiros

POST-MILKING COOLING SYSTEM AND ITS INTERFERENCE WITH THERMAL COMFORT INDEXES, PHYSIOLOGICAL VARIABLES AND PRODUCTIVITY OF DAIRY COWS

ABSTRACT: Mechanisms to improve the thermal comfort of dairy cows have been adopted so that the animals can express their full productive potential. In dairy cattle farming, one of the main critical points is the feeding areas. Thus, this work aimed to evaluate the influence of different environments in the post-milking feeding area, on thermal comfort indexes, physiological variables, surface temperatures, production and composition of milk from dairy cows. The experiment was carried out at the Pró-Campo Piracanjuba Farm, in Bela Vista de Goiás-GO. The Latin square design was used, with 4 treatments and 4 experimental periods, with 4 animals per treatment, totaling 16 repetitions. The treatments were different post-milking environments: S: shading; S+V: shading + ventilation; S+V+D: shading + ventilation + shower and AECS - Adiabatic Evaporative Cooling System. The environmental variables were measured: dry bulb temperature, wet bulb temperature, black globe temperature, relative humidity and wind speed, and subsequently the thermal comfort indexes were calculated: Temperature and Humidity Index (THI), Black Globe Temperature and Humidity Index (BGHI), Thermal Radiation Load (TRL) and Enthalpy (H). The respiratory rate, rectal temperature, surface temperatures, milk production and composition were evaluated. The data were submitted to the analysis of variance and the means compared by the Tukey test, at 5% significance. The AECS environment showed significant improvements ($P < 0.05$) in the environmental variables and thermal comfort indexes, reflecting positively in the productive indexes.

Keywords: welfare, spraying, evaporative cooling, dairy cattle.

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A pecuária moderna busca aumentar a eficiência produtiva na atividade leiteira, atividade esta, que vem se destacando devido ao grande volume de leite produzido. Segundo o Índice Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), no terceiro trimestre de 2018, a produção brasileira foi de 6,26 bilhões de litros de leite. Contudo, é importante considerar que a produção leiteira têm influência de fatores, como: manejo, genética, ambiência, nutrição e sanidade (ROCHA e CARVALHO, 2018).

A busca da melhoria dos índices produtivo em condições de climas tropicais, tem sido a utilização de raças mais adaptadas às condições climáticas, como o cruzamento da raça Holandesa com o Gir, originando o Girolando (ASBIA, 2011).

Com a melhoria da genética do rebanho, outros fatores começam a se tornar limitantes, como o sistema de criação e ambiência ofertada pelas instalações (ALMEIDA et al., 2011).

As instalações podem ser insuficientes e favorecer o estresse, ocorrendo a liberação de adrenalina que é antagônico a ocitocina que auxilia na ejeção do leite, podendo diminuir a produção total de leite e mudança na composição nutricional (CERUTTI et al., 2013).

Na atividade leiteira existem vários pontos críticos quanto à ambiência, como o curral de espera e a área de alimentação, principalmente relacionados à aglomeração dos animais e sua exposição ao ambiente desfavorável, desta forma, as modificações ambientais vêm contribuir na mitigação do desconforto térmico (SOUZA e LEONARDO, 2013).

O sombreamento é um dos mecanismos primários mais importantes na redução da carga térmica incidente sobre os animais, podendo reduzir em até 50% essa variável, quando comparado ao animal exposto à radiação solar direta (SOUZA et al., 2010).

Contudo, sistemas que utilizam ventilação e/ou aspersão de água, ou combinações destas modificações, tem sido relatado como mais eficientes, por auxiliarem as trocas térmicas por convecção e evaporação diretamente da superfície da pele (SOUZA et al., 2010).

Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (2010), a utilização de duchas, consorciadas com ventiladores, são meios eficientes para minimizar o estresse térmico em gado leiteiro em períodos de calor intenso, auxiliando na perda de calor corporal.

O Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo (SRAE) é um sistema que associa ventilação e aspersão, e vem sendo empregado na climatização de instalações para animais, apresentando resultados positivos na redução da temperatura interna das instalações e

melhorando as condições de conforto (ALMEIDA et al.,2010). Segundo Van Os (2019), o uso de SRAE em criações intensivas de bovinos de leite demonstra eficácia sobre dados fisiológicos e de produção.

Como validação de uma nova estratégia de climatização na atividade leiteira, é necessário que esta nova tecnologia traga benefícios para os animais, sendo avaliado através de índices de conforto térmico, que são capazes de avaliar o ambiente que o animal se encontra através dos indicativos fisiológicos animal, como a frequência respiratória e temperatura retal (AVILA et al., 2013).

Diante do exposto, esse trabalho objetivou avaliar sistemas de climatização, na pós-ordenha, sobre índices de conforto térmico, variáveis fisiológicas, temperaturas superficiais, produção e composição do leite de vacas leiteiras Girolandas.

2. CAPÍTULO I - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CLIMA E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

O clima é denominado um conjunto de condições atmosféricas que caracterizam certa região avaliada, sendo sua influência direcionada a todas as atividades humanas, como a agropecuária, exercendo papel definitivo na produtividade (SILVA et al., 2014).

Cerca de dois terços do território brasileiro se situa na região de clima tropical, segundo a classificação de Köppen (2018), sendo a classificação caracterizada pela predominância de temperaturas elevadas, altos índices de radiação e baixa umidade do ar. Esta região tem como característica escassez e irregularidade na distribuição de chuvas (período chuvoso/período seco), no tempo e no espaço, ocorrendo longos períodos de estiagem (FERREIRA et al., 2009).

Os elementos climáticos como a temperatura do ar, umidade relativa, vento, precipitações pluviométricas e radiação térmica, auxiliam na avaliação do ambiente em que os animais estão submetidos, expressando se o animal está em conforto ou estresse térmico (FERREIRA, 2005).

2.1.1 Temperatura de bulbo seco (Tbs)

A temperatura do ar ou temperatura de bulbo seco pode ser caracterizada como indicador da quantidade de energia presente em dado corpo, sua medição é realizada em escala relativa de graus Celsius (°C) ou graus Fahrenheit (°F). O sistema de unidade internacional (SI) indica que a temperatura deve ser medida em escala absoluta Kelvin (K) ou em graus Celsius (°C) (HALLIDAY, 1996).

A temperatura do ar pode ter interferências de alguns fatores como: latitude, época do ano, hora do dia, altitude e características físicas do solo (SILVA, 2008).

A altitude influencia o clima através da sua pressão atmosférica, sabe-se que a pressão do ar é responsável pelo aumento das temperaturas, portanto, quanto maior a pressão, mais se eleva a temperatura do ar (PENA, 2018).

A hora do dia exerce influência devido a rotação da terra, denominada como variação nictemeral (ciclo de 24 horas) devido a inclinação do eixo terrestre em relação ao plano da eclíptica, fazendo que determinado ponto da superfície da terra fique em diferentes posições quanto à radiação solar (SILVA, 2008).

Segundo Viana (1990), um meio climático com temperatura do ar variando de 13°C a 18°C, umidade relativa do ar entre 60% e 75%, e velocidade do vento entre 5 e 8 km h⁻¹, são valores favoráveis ao bom desenvolvimento de bovinos.

2.1.2 Temperatura de globo negro (T_{gn})

A Temperatura de Globo Negro é utilizada no cálculo do índice de conforto térmico ITGU. Porém individualmente é índice que fornece combinação dos efeitos de temperatura do ar, temperatura radiante e velocidade do vento (ARAUJO, 2001).

O termômetro que avalia a temperatura de globo negro foi desenvolvido por Vernon em 1932, buscando combinar os efeitos da energia radiante procedente do meio, em todas as direções possíveis, sendo uma medida precisa do conforto térmico (SILVA, 2000).

O termômetro de globo negro trata-se de uma esfera oca de cobre, tem diâmetro de 0,15 m e espessura 0,5 mm, externamente é pintada de preto fosco, e no seu interior é inserido o sensor de temperatura (SOUZA et al., 2002).

As Temperaturas entre 7 a 26°C são consideradas temperaturas de conforto para vacas em lactação, entre 27 a 34°C situação regular e acima de 35°C considera-se temperatura crítica (MOTA,2001).

2.1.3 Umidade relativa do ar (UR)

A umidade relativa do ar trata-se da capacidade do ar em reter água, denominando a quantidade de água presente em um determinado volume de ar, em relação à quantidade de água presente na atmosfera saturada (FERREIRA, 2011).

Aliada às altas temperaturas, a umidade relativa do ar causa desconforto térmico, prejudicando os animais nos seus mecanismos de dissipação de calor corporal (ARMSTRONG, 1994).

Umidade relativa muito baixa faz com que os mecanismos evaporativos ocorram mais rapidamente, causando irritação cutânea e desidratação. Já em condições elevadas, prejudica a termólise aumentando o estresse pelo calor (PEREIRA, 2005).

Segundo Baêta e Souza (2010) são aceitáveis valores de UR compreendidos entre 50 e 70%.A umidade relativa do ar é medida em porcentagem e g m³, sua mensuração é realizada com uso de higrômetros ou higrógrafos (SO GEOGRAFIA, 2007).

2.1.4 Radiação Solar

A radiação solar é a energia eletromagnética de ondas curtas que atinge a Terra após ser parcialmente absorvida pela atmosfera, exercendo grande influência na distribuição anual das temperaturas no globo (BAÊTA e SOUZA, 2010).

O sol é a principal fonte de radiação, sendo que, do número total de radiação que adentra na atmosfera, cerca de 30% é refletida pelas nuvens, 33% absorvida ou dispersa na atmosfera e 6% refletida pelas superfícies, restando 31% para ser absorvida pelas superfícies (SILVA, 2000).

No processo de radiação ocorre a transferência de energia de um corpo a outro corpo através das ondas eletromagnéticas. Uma superfície comporta-se de três maneiras quanto à radiação: reflete a energia incidente, absorve ou transmite a energia (TEIXEIRA, 2001).

A radiação é um componente significativo do ambiente térmico, exercendo influência acentuada no processo de transferência de calor animal-ambiente. A avaliação completa do conforto animal depende, em grande parte, da quantificação desse fator (SOUZA et al., 2002).

2.1.5 Velocidade do vento (v)

A movimentação de ar na atmosfera é denominada de vento, é oriundo das diferentes pressões atmosféricas. Estas diferentes pressões são relacionadas à radiação solar e os processos de aquecimentos de massas (FERRO et al., 2010).

Os ventos são importantes mecanismos de ação para troca térmica de calor por convecção, desde que a temperatura do ar esteja menor do que a temperatura do corpo do animal. Em ambientes com umidade alta, o vento auxilia a evaporação da pele, facilitando esse mecanismo de troca térmica (FERREIRA, 2010).

Os ventos podem ser produzidos por meios mecânicos (ventiladores, exaustores, etc) denominada ventilação mecânica, e por meios naturais, ventilação natural. A ventilação natural é produzida pela diferença da pressão estática ou dinâmica nas paredes que separam os espaços internos e externos de uma edificação em função das diferenças de temperatura, outro meio é através do movimento do ar que ocorre devido às pressões dinâmicas produzidas pelo vento ao atingir as edificações (CÂNDIDO, 2006).

Na criação de animais, a movimentação do ar, seja mecânica ou natural, é de suma importância, sendo responsável pela diluição ou remoção de gases e/ou contaminantes do ar

até limites higienicamente admissíveis e aporte de oxigênio, além da remoção do vapor de água proveniente da transpiração dos animais (BAÊTA e SOUZA, 2010).

2.2 INTERAÇÃO DOS BOVINOS COM O AMBIENTE

Os bovinos possuem quatro vias básicas para realizar a troca de calor com o ambiente: condução, convecção, radiação e evaporação. As três primeiras são as formas sensíveis de transferência de calor, necessitando de um gradiente térmico entre o animal e o ambiente para que ocorram as trocas térmicas. Quando o ambiente em que o animal se encontra está numa faixa de relativo conforto ou baixo estresse, estas vias representam cerca de 75% das perdas de calor. Porém, quando a temperatura do ar está elevada, esses mecanismos reduzem sua eficiência, levando o animal a ativar o mecanismo de transferência de calor por processos evaporativos (NOBREGA et al., 2011).

2.2.1 Condução

O processo de troca térmica de calor por condução se trata da transferência de energia térmica entre corpos, por meio da energia cinética da movimentação de elétrons livres. Para que o animal utilize essa via, há a necessidade do contato direto entre corpo e a superfície que possua um gradiente menor de temperatura. Esse fluxo passa das moléculas de alta energia para aquelas de baixa energia, ou seja, de uma zona de alta temperatura para outra de baixa temperatura. O animal pode ganhar ou perder calor por condução através do contato direto com substâncias frias ou quentes (MOURA, 2007).

A condução é a forma de troca de calor sensível que apresenta menor contribuição no processo de termólise do animal, por necessitar de contato com uma superfície de temperatura inferior (SILVA, 2011).

Segundo Pinheiro et al. (2015), realizando trabalho com bovinos leiteiros ao ambiente tropical, a forma sensível de troca térmica de calor condução se configura importante elemento para auxiliar na estabilidade da homeotermia de bovinos.

2.2.2 Convecção

A troca térmica de calor por convecção trata-se do transporte de massa, caracterizada pela movimentação de um fluido e sua diferença de densidade, ocorrendo à troca de calor pela

circulação de moléculas de ar próximas do corpo, que por diferença de densidade, se deslocam em direção ascendente alternando com moléculas de ar de maior densidade (menor temperatura), estas entram em contato com a superfície onde serão aquecidas, dando continuidade ao processo de troca térmica (CATTELAM e VALE, 2013).

No animal dá-se através da saída do calor do corpo para o ar mais frio, sendo este processo é bastante influenciado pela velocidade do ar (FERREIRA, 2010).

O uso de ventiladores pode promover melhorias nas condições termohigrométricas, podendo apresentar um fator de conforto térmico ao incrementar trocas de calor por convecção e evaporação (VALTORTA, 2003).

2.2.3 Radiação

A radiação consiste na troca térmica de calor pela emissão de raios caloríficos (radiação infravermelha) através do meio, sem que este se aqueça, esta transferência ocorre no vácuo. No momento da transferência o fluxo de calor não depende da temperatura do ar, e sim da temperatura da pele, ocorrendo através do corpo de temperatura maior para o de temperatura menor (FERRO et al., 2010).

A radiação exerce influência através da ação direta dos raios solares sobre o animal, bem como pela reflexão dos raios solares no solo e nas instalações. Os animais criados em sistemas extensivos sofrem maior carga térmica devido à ação direta da radiação, sendo o sombreamento o mecanismo mais efetivo para minimizar esse efeito (FERREIRA et al., 2014).

Bianca (1973) cita que quando os bovinos estão expostos a agentes estressores o primeiro mecanismo para ajuste da termorregulação ocorre com a vasodilatação periférica, dissipando o calor principalmente por radiação e convecção.

2.2.4 Evaporação

Em climas quentes, o processo de troca térmica de calor por evaporação é o principal mecanismo de eliminação do excesso de calor corporal, podendo ser prejudicado pela umidade do ar elevada e favorecido pelos ventos. A evaporação ocorre principalmente na superfície do corpo, mas também no seu interior, pelas vias respiratórias (RODRIGUES et al., 2010).

Quando a temperatura excede 35 °C, o animal zebuino utiliza da evaporação para tentar perder calor pela respiração e sudação. Acima desta temperatura, os processos de dissipação de calor por condução, convecção e radiação não são efetivos, sendo a evaporação responsável pela dissipação da energia térmica, correspondendo 80% do calor perdido pelo animal (SILVA, 2012).

Dentre estes dois mecanismos de troca térmica de calor evaporativa, a via respiratória representa menores valores de perda de calor em comparação à via cutânea, a mesma pode aumentar linearmente com a temperatura do ar até 20°C, depois passa por um crescimento exponencial, quando a temperatura está acima de 25°C (MAIA et al., 2005).

As perdas pela via respiratória, apesar de serem menores do que as perdas por via cutânea representam um mecanismo relevante de perdas calóricas em ambientes de alta temperatura, a mesma aumenta linearmente com a temperatura do ar até 20°C, depois passa por um crescimento exponencial quando a temperatura está acima de 25°C (MAIA et al., 2005).

2.3 ZONA DE CONFORTO TÉRMICO

O animal possui uma faixa de temperatura ambiente na qual apresenta o metabolismo basal, sem demonstrar sintomas de desconforto térmico. Essa faixa é denominada de Zona de Termoneutralidade (ZTN) ou Zona de Conforto Térmico (ZCT) (SOUZA, 2008).

Quando o animal se encontra na zona de termoneutralidade, não ocorre estresse por calor ou frio, não havendo a necessidade de produzir ou perder calor. Para a produção animal, esta faixa de temperatura é considerada ideal, pois o animal não terá gastos fisiológicos para manter a homeotermia, ocorrendo o máximo aproveitamento dos nutrientes da dieta para os processos produtivos e reprodutivos. Nessa zona não ocorre vasoconstrição ou vasodilatação, a frequência respiratória permanece normal e não há sudorese (AZEVEDO e ALVES, 2009).

Observando a Figura 1, que representa as faixas de temperatura que influenciam a homeostase do animal, verifica-se que a zona de conforto térmico é delimitada pela temperatura crítica inferior (TCI) e temperatura crítica superior (TCS).

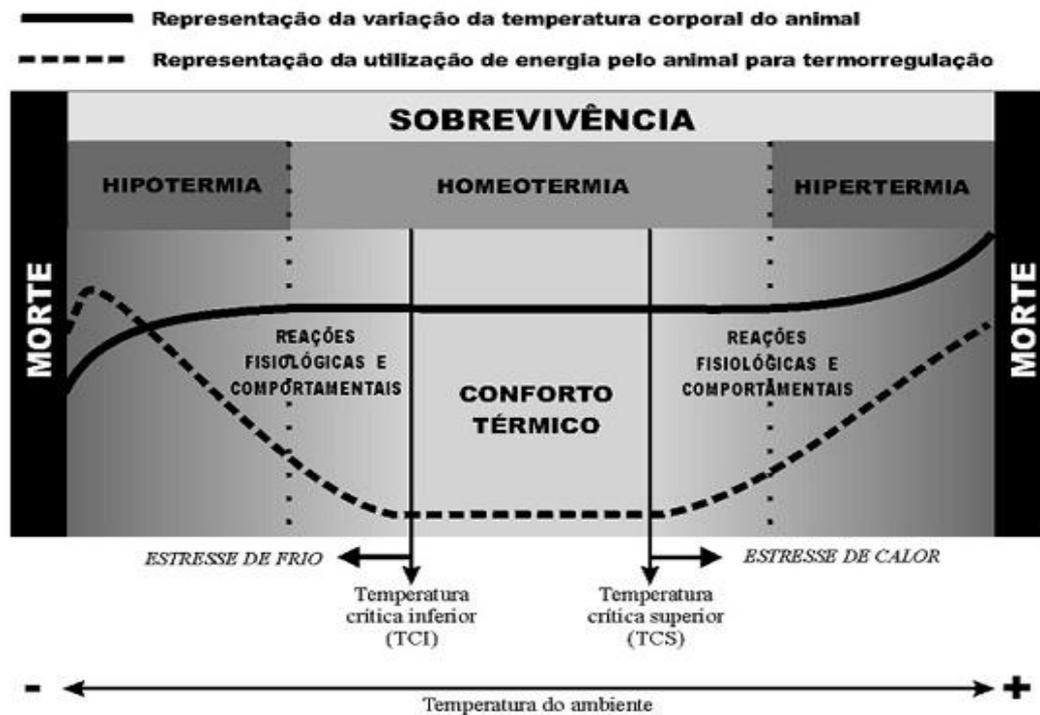


FIGURA 1 - Representação esquemática simplificada da zona de termoneutralidade.

Fonte: Adaptado por Baccari Júnior (1998).

Abaixo da temperatura crítica inferior o animal inicia os processos para manter a temperatura, ou seja, produção de calor, e acima da temperatura crítica superior o animal aciona os mecanismos para perder calor. Dentre os mecanismos de termólise estão a vasodilatação periférica, o aumento da frequência respiratória, a diminuição da ingestão de alimentos e o aumento da ingestão de água. Os animais em estresse pelo frio realizam a vasoconstrição, diminuição da frequência respiratória, aumento da ingestão de alimentos e piloereção (AZEVEDO e ALVES, 2009).

Perissinotto e Moura (2007) reportam que, a zona de conforto térmico para vacas Holandesas em lactação varia de 4 a 26°C; já para vacas zebuínas, a temperatura crítica superior pode variar entre 30°C e 35°C (BAETA e SOUZA, 2010). Estes valores podem sofrer variações em relação a idade, espécie, raça, consumo alimentar, uso de climatização, nível de produção, entre outros (FUQUAY, 1981).

Na Tabelas 1 estão demonstradas às variações de temperaturas, relatada por diversos autores, para a zona de termoneutralidade crítica inferior e temperatura crítica superior.

TABELA 1 - Variações de temperatura ambiente para zona de termoneutralidade (ZTN), temperaturas críticas superiores (TCS) e inferiores (TCI) para diferentes grupos genéticos de bovinos.

Grupo genético	ZTN (°C)	TSC (°C)	TSI (°C)	Autores
Zebuínos	10 a 32	30 a 35	0	Bianca (1965)
Holandês	4 a 26	-	-	Huber (1990)
Europeu	-	25 a 27	-	Fuquay (1997)
Europeu	7 a 21	-	-	Nããs (1989)

Fonte: Ferreira et al. (2017).

2.4 TERMORREGULAÇÃO E ESTRESSE CALÓRICO EM BOVINOS

O clima tem ação direta sobre os animais. A temperatura ambiente é o componente do clima que mais exerce ação sobre as espécies domésticas, mamíferos e aves. Os bovinos são animais homeotérmicos, ou seja, possuem a habilidade de controlar a temperatura corporal dentro de uma faixa estreita, quando expostos a variações de temperaturas (MEDEIROS et al., 1997).

Para que os animais homeotérmicos consigam manter a temperatura corporal constante necessitam de ajustes fisiológicos, comportamentais e metabólicos para produzir calor (em baixas temperaturas) ou perder calor (em temperaturas elevadas). Para manter seu equilíbrio térmico, é necessário que as temperaturas do ar estejam dentro da zona de termoneutralidade, que corresponde à faixa de temperatura ambiente no qual os animais não precisam produzir nem perder calor, podendo expressar o todo o seu potencial genético e eficiência produtiva (SILVA, 2008).

Porém, quando acionado os mecanismos de termorregulação, o animal aumenta o gasto de energia líquida de manutenção, o qual, dependendo da magnitude, pode comprometer o desempenho e a produção animal (FAÇANHA et al., 2013).

2.4.1 Modificações comportamentais

O comportamento animal vem sendo estudado devido à importância para adequações do manejo e de instalações em diferentes sistemas produtivos, sendo as principais variáveis estudadas relacionadas à alimentação, ruminação, ócio, procura por água e sombra (SILANIKOVE, 2000).

Como mudança do comportamento, animais submetidos ao estresse térmico tendem a diminuir a ingestão de alimentos nas horas mais quentes do dia, tentando diminuir a produção

de calor endógeno, aumentam a frequência de ingestão de água, como também aumentam as horas de ócio e de procura por sombra (SEVERINO et al., 2008).

Há também mudança no padrão alimentar, ocorrendo aumento da escolha por concentrados em detrimento da forragem, aumento da frequência do pastejo durante a noite e do consumo de água (MALAFAIA et al., 2011).

Segundo Neto (2014), animais em condições de estresse não expressam seus comportamentos normais, sendo observado, por exemplo, a busca de água como forma de tentar melhorar as condições térmicas. Em casos de estresse térmico, é recomendada a aspersão de água sobre o animal, melhorando a troca de calor, que, quando associada com a ventilação, torna-se mais eficiente.

2.4.2 Modificações fisiológicas

As alterações fisiológicas são um somatório de reações sistêmicas que desencadeiam mudanças visando à estabilidade orgânica, e se dá na forma de reajustamentos neuroendócrinos e metabólicos (FERREIRA et al., 2014).

Atualmente, as respostas fisiológicas do animal são um dos indicadores mais utilizados para avaliação do estresse térmico. Dentre as medidas fisiológicas diretas estão àquelas decorrentes da ativação do Sistema Nervoso Autônomo (SNA), como a frequência respiratória (FR), frequência cardíaca (FC), temperatura retal (TR) e temperatura de pelame (FERREIRA et al., 2006).

O primeiro mecanismo fisiológico de adaptação dos bovinos é a vasodilatação periférica, seguida pela sudorese, sendo o terceiro mecanismo o aumento da frequência respiratória ou taquipnéia, e posteriormente, o aumento da frequência cardíaca (MARTELLO, 2006).

Contudo, a frequência respiratória é o primeiro sinal visível de que o animal se encontra em estresse por calor, sendo uma variável de fácil monitoramento, além de possuir alta correlação com temperatura do ar (BROWN-BRANDL et al., 2005).

Segundo Ferreira et al. (2006), a frequência respiratória normal em bovinos adultos varia entre 24 e 36 movimentos respiratórios por minuto (mov min^{-1}), mas pode apresentar valores mais amplos. Segundo Hahn e Mader (1997) reportam valores de 18 a 60 mov min^{-1} para animais em condições de conforto térmico.

O aumento da frequência respiratória é um importante mecanismo para dissipação de calor, porém demanda energia, ocorrendo aumento da energia líquida de manutenção diária de

bovinos de leite de 7 para 25%, e também resulta em produção de calor (COLUMBIANO, 2007).

A temperatura retal expressa à quantidade de calor acumulada pelas vacas durante um determinado período, sendo maiores no final do dia (MARTELLO, 2004). Em uma pesquisa realizada no verão, utilizando vacas holandesas primíparas e múltíparas, mantidas sob diferentes sistemas, foram observados valores mais elevados de temperatura retal no final do período da tarde, e não em horários mais quentes do dia. Os valores de temperatura retal são totalmente influenciáveis pelo nível metabólico, realização de atividade física e fatores comportamentais. Sua manutenção dentro da faixa de normalidade pode ser justificada pelo mecanismo fisiológico de aumento da frequência respiratória (BARNABÉ et al., 2015). Segundo Silva (2000), o aumento da temperatura retal reflete falha dos mecanismos de dissipação de calor.

A temperatura retal média para bovinos, com mais de um ano de idade, é $38,5 \pm 1^\circ\text{C}$. Esta temperatura é mantida mediante o equilíbrio entre a produção de calor e sua liberação pelo organismo (MARTELLO, 2004). Porém, existe uma pequena variação desse indicador em algumas literaturas como: $38,1$ a $39,1^\circ\text{C}$ para Ferreira et al. (2006); 38 a $39,5^\circ\text{C}$ de acordo com Dupreez (2000) ou ainda, $38,0^\circ\text{C}$ a $39,0^\circ\text{C}$ segundo Perissinoto e Moura (2007).

A temperatura do pelame ou temperatura superficial corporal (TSC) tem grande importância nas trocas térmicas dos animais, pois quando a temperatura do pelame do bovino é maior do que a do ambiente no qual ele se encontra, o organismo cede calor às moléculas de ar, iniciando os processos de trocas térmicas através da convecção. Assim, quando mais baixa a temperatura do pelame maior será a intensidade das trocas térmicas, e conseqüentemente, melhor o conforto térmico dos animais (BACCARRI JUNIOR, 2001; ARCARO JUNIOR et al., 2005).

A temperatura de superfície corporal geralmente é medida nas diversas regiões do corpo dos animais (cabeça, pescoço, flanco, garupa, cernelha, ventre e úbere), utilizando um termômetro de infravermelho ou câmera termográfica (SILVA FILHO, 2013).

A coleta de temperatura superficial em vários pontos é justificada pelo fato do corpo apresentar variações de temperatura devido a atividades metabólicas distintas. A temperatura superficial dos animais pode variar de $31,6^\circ\text{C}$ a $34,7^\circ\text{C}$ em algumas partes do corpo, sem que isso represente estresse térmico no animal (SILVA, 2000; MARTELLO et al., 2002).

Diversas metodologias têm sido utilizadas para a coleta da temperatura de superfície corporal dos bovinos. Conceição (2008) coletou a temperatura superficial somente na região do dorso do animal e nas áreas de pelame negro, essa mesma metodologia também foi

utilizada por Martello (2004) e Matarazzo (2004). Arcaro Junior et al. (2005) coletaram as temperaturas superficiais de cabeça, dorso e glândula mamária.

2.4.3 Modificações na composição e na produção de leite

As variáveis climáticas como a temperatura ambiental, umidade do ar e radiação solar direta são os principais responsáveis por causar desconforto fisiológico na vaca de leite, promovendo mudanças comportamentais, fisiológicas e hormonais. Na maioria das vezes, estas mudanças causam redução no desempenho produtivo e reprodutivo dos animais (SOUZA et al., 2010).

Em situações de estresse térmico, os animais reduzem o consumo alimentar e, conseqüentemente, apresentam queda na produção leiteira, além de alterações fisiológicas (RODRIGUES et al., 2010). Trabalho realizado por Silva et al. (2012), estudando vacas mestiças (Holandês x Gir) submetidas a três períodos diferentes de exposição à radiação solar, constataram que as vacas que permaneceram sob exposição direta ao sol reduziram a produção diária de leite.

Vacas submetidas ao estresse por calor tendem a ter quedas nos teores de gordura e proteína do leite, o que pode ser explicada devido à diminuição da ingestão total de matéria seca, e conseqüentemente, menor ingestão de fibras, o que causa a redução nos teores de gordura (HAMMAMI et al., 2013).

O estresse térmico afeta diretamente as condições metabólicas, causando alterações fisiológicas e hormonais nas vacas, inibindo o estímulo de ejeção de leite durante a ordenha. Em condições de estresse, a secreção do hormônio ocitocina, responsável pela ejeção do leite, é prejudicada, devido à elevação das concentrações plasmáticas de cortisol, agravando os efeitos negativos do estresse sobre a produção (GONZÁLEZ et al., 2017).

2.5 ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO

A temperatura do ar é um parâmetro usual para avaliação do ambiente, porém, o uso de sua medida isoladamente é uma forma ineficiente de diagnóstico das reais condições ambientais que incidem sobre os animais, pois não representa as interações nas trocas térmicas como um todo (PERISSINOTO e MOURA, 2007).

Por sua vez, os índices de conforto térmico são valores que incluem a ação de mais de uma variável ambiental, representando de maneira mais assertiva a influência desses fatores

sobre o bem-estar e conforto animal (SILVA e MAIA, 2013). Os índices são utilizados para quantificar e qualificar o desconforto térmico animal, que por sua vez, podem estar relacionados às respostas fisiológicas e desempenho produtivo (MELO et al., 2013).

2.5.1 Índice de Temperatura e Umidade (ITU)

Este índice foi desenvolvido por Thom (1958), inicialmente aplicado a humanos, e posteriormente, passou a ser utilizado como indicador de conforto térmico em animais, principalmente bovinos.

O Índice de Temperatura e Umidade apresenta, em um único valor, os efeitos associados da temperatura do ar e da umidade relativa. É o mais utilizado dentre os índices para avaliação de conforto térmico em animais, por sua maior facilidade de obtenção com uso de equipamentos simples (BUFFINGTON et al., 1981).

Os valores de ITU podem variar dependendo de fatores como nível de produção de leite, grau de movimentação de ar e da radiação solar direta (RICCI et al., 2013).

Diferentes cálculos são utilizados por diversos pesquisadores, com diferentes coeficientes de temperatura de bulbo seco e umidade, alguns destes índices integram a umidade relativa do ar através da temperatura de bulbo úmido (THOM, 1959; BIANCA, 1962), outros usam a temperatura de ponto de orvalho (YOUSEF, 1985).

Dentre as diferentes fórmulas de cálculo, os valores considerados de conforto ou estresse variam (HAHN et al., 1997; MARTELLO et al., 2004).

Segundo Zimbleman et al. (2009), ITU maior que 68 é indicativo de estresse se tratando de vacas de alta produção. Para animais de média produção criadas em clima temperado, sugerem que ITU igual ou inferior a 70 indica condição de conforto valores entre 71 e 78 são considerados críticos, de 79 a 83 indicam perigo e acima de 83 constituem situação de emergência (HAHN et al., 1997).

Pires e Campos (2004) sugerem a seguinte classificação: menor ou igual a 70: normal (os animais encontram-se numa faixa de temperatura e umidade ideal para seu desempenho produtivo), 72: alerta (as condições climáticas estão no limite para o bom desempenho produtivo), 73 a 78: alerta e acima do índice crítico para a produção de leite (nesta faixa o desempenho produtivo está comprometido), 79 a 82: perigo (todas as funções orgânicas dos animais estão comprometidas) e acima de 82: emergência (providências urgentes devem ser tomadas).

Zimbelman et al. (2006) relatam que, o valor crítico de ITU diminui quanto maior o nível de produção. Os animais de alta produção ($>35 \text{ kg dia}^{-1}$) começaram a sentir os efeitos do estresse térmico com valores de ITU acima de 68, o que ocasionou perdas na produção de leite. Estes animais, de raças europeias, se tornaram mais susceptíveis às altas temperaturas devido ao metabolismo acelerado e maior ingestão de alimentos.

2.5.2 Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU)

O Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) foi desenvolvido por Buffington et al. (1981). Eles se basearam no cálculo do ITU, porém, substituíram a temperatura de bulbo seco pela temperatura de globo negro, tornando o cálculo mais preciso, pois considera a radiação solar direta e indireta, além das trocas convectivas e a umidade do ar.

Valores de ITU para bovinos de até 74 definem uma situação de conforto térmico, de 75 a 78 situação de alerta, 79 a 84 perigo; e acima de 84, emergência (BAÊTA e SOUZA, 2010).

Este índice vem sendo bastante utilizado, especialmente considerando sistemas de produção extensivos ou semi-intensivos, nos quais os animais ficam expostos à radiação solar durante várias horas do dia (ROMA JUNIOR et al., 2001).

Martello et al. (2004) avaliando diferentes ambientes para bovinos leiteiros cita que o ambiente composto por ventilação e aspersão apresentou menores valores de ITGU comparado a instalações sem mecanismo de climatização, ressaltando a importância de se avaliar o micro clima que o animal se encontra, para meio de analisar o conforto térmico apresentado por ambos.

2.5.3 Carga Térmica de Radiação (CTR)

Segundo Conceição (2008), a CTR é um índice que combina a energia térmica radiante, procedente do meio ambiente, a temperatura do ar e a velocidade do vento, sendo uma medida de conforto térmico comumente utilizado, porém esta medida supõe que o animal não terá trocas térmicas por evaporação com o ambiente (CONCEIÇÃO, 2008).

Segundo Kelly et al. (1954), os fatores que influenciam a CTR nas instalações são a orientação azimutal da construção, a altura do pé direito, a existência de paredes, o material de cobertura e localização do animal sobre o abrigo. A carga térmica de radiação engloba a

incidência de radiação sobre o corpo. Na equação da CTR considera-se a temperatura média radiante (TMR).

A TMR é a temperatura de todas as superfícies de um animal em um determinado local (SILVA, 2000).

O montante de calor radiante ganho ou perdido por determinado corpo, pode ser considerado a soma algébrica de todos os fluxos radiantes trocados por suas partes expostas, com as várias fontes de calor a seu redor. A radiação a que está sujeita uma pessoa, objeto ou animal no interior de um ambiente, pode ser determinada por meio das dimensões do ambiente, suas características térmicas e sua localização (LAMBERTS e XAVIER, 2008).

Furtado et al. (2006) verificaram que, o uso de ventilação artificial, ventilação artificial e aspersão sobre a cobertura e ventilação artificial com nebulização, ocasionaram a redução nos valores de CTR entre os sistemas de ventilação artificial e ventilação artificial com nebulização 518,5 W m⁻² e 508,7 W m⁻² respectivamente.

2.5.4 Entalpia (H)

A entalpia é uma propriedade física que determina a quantidade de energia contida nas substâncias. Sua determinação ocorre através da temperatura do ar e da quantidade de valor contida nele, ou seja, quanto maior o valor de entalpia, maior é a presença de energia no ar, conseqüentemente, maior desconforto sentido pelos animais. Os valores de entalpia estão relacionados às perdas de calor dos animais pelos processos evaporativos (CONCEIÇÃO, 2008).

Para se chegar aos valores críticos de entalpia, parte-se do valor crítico da temperatura de bulbo seco (26°C) e do valor crítico da umidade (70%). Então, nessas condições, o valor de entalpia seria de 67,4 kJ kg⁻¹ (BARBOSA FILHO et al., 2007; ARAUJO, 2001).

Trabalho realizado por Almeida et al. (2009), utilizando ventilação e nebulização na sala de espera para bovinos leiteiros alcançou valores médios de entalpia de 65,8 kJ kg⁻¹, com meia hora de climatização no micro ambiente da instalação.

2.5.5. Termografia Infravermelha

Segundo Roberto et al. (2014), a termografia infravermelha é uma técnica que possibilita a medição da radiação térmica, caracterizando a temperatura de um corpo ou ambiente a partir de ondas eletromagnéticas emitidas pelo corpo ou superfície.

Na veterinária seu uso vem sendo difundido, devido à rapidez na aferição das temperaturas superficiais e a não necessidade de contenção, diminuindo o estresse no manejo do animal (DO T et al., 2013).

A termografia infravermelha vem sendo indicada como um método benéfico e eficiente em estudos de bem-estar animal, visto que pode mensurar a temperatura do corpo sem a necessidade de contato físico ou o uso de sedativos, de forma rápida e precisa. Através das imagens termográficas, pode-se obter dados confiáveis sem interferir diretamente com os animais, evitando assim transtornos e possíveis reações de estresse (STEWART et al., 2005; PAIM et al., 2013).

Esta forma, a medição da temperatura de superfície corporal surgiu como um indicador de estresse térmico (MARTELLO et al., 2016), apresentando importância crescente (ADAMS et al., 2013).

Segundo Barbirato et al. (2015), essa tecnologia ajuda identificar, através de histogramas, as temperaturas de diferentes regiões do corpo. Sua aplicação depende da habilidade do operador e da não movimentação do animal por alguns segundos (CRUZ, 2011).

Diferentes autores como Barnabé et al. (2014), Torquato et al. (2015) e Almeida et al. (2016) têm desenvolvido estudos utilizando a termografia infravermelha no país, tanto para a análise da temperatura superficial animal (bovinos, equinos, aves), visando o diagnóstico de estresse térmico, como avaliando as temperaturas superficiais em diversos materiais como: diferentes telhas, materiais alternativos para cobertura, etc.

A utilização de imagens termográficas pode ser uma ferramenta bastante importante no desenvolvimento de estudos na pecuária e agricultura com o intuito de aprimorar e agilizar técnicas de melhoramento genético de animais e plantas, ser empregada com agricultura de precisão, diagnosticar de forma pré-clínica sintomas de doenças em animais e plantas e identificar o estresse térmico (GODYN et al., 2013).

2.6 ESTRATÉGIAS PARA REDUZIR O EFEITO DO ESTRESSE

2.6.1 Cruzamento para melhor adaptabilidade

O principal determinante na resistência ao estresse térmico é o genótipo, pois influencia diretamente na zona de termoneutralidade do animal. Animais de origem indiana apresentam maior resistência às altas temperaturas e umidade dos climas tropicais, quando comparados às raças de origem europeia. Essa adaptação a climas mais quentes se dá devido à maior habilidade de genótipos termotolerantes de regularem a temperatura corporal em nível celular (BERMAN, 2011).

Animais mais exigentes, como bovinos de leite, são mais afetados pelas altas temperaturas, em comparação aos bovinos de corte. O seu metabolismo é mais acelerado, o que se torna fator agravante a estes animais (BERTIPAGLIA et al., 2007).

Como forma de aliar, a alta produção de leite característica do gado europeu e a maior tolerância ao calor presente nos animais indianos, no Brasil é amplamente utilizado o cruzamento estratégico da raça Holandesa com a raça Gir, originando o animal Girolando. O cruzamento consiste na alternância de raças paternas a cada geração, obtendo-se produtos como $\frac{3}{4}$ Holandesa + $\frac{1}{4}$ Gir e $\frac{3}{4}$ Gir + $\frac{1}{4}$ Holandesa; ou cruzamento alternado modificado, o qual consiste na repetição de uma raça por mais de uma geração (Holandesa) e o retorno de outra (raça zebuína), com a obtenção de produtos como o $\frac{7}{8}$ Holandesa + $\frac{1}{8}$ Gir (FERRO et al., 2010).

2.6.2 Sistemas de climatização para bovinos leiteiros

Como forma de mitigar os efeitos do estresse por calor, cada vez mais vem se adotando técnicas de climatização nas instalações de produção, como o sombreamento, uso de ventiladores e aspersores, isoladamente ou combinados, que irão auxiliar na manutenção das condições ambientais de conforto, promovendo melhorias na eficiência produtiva (LINHARES et al., 2015).

2.6.2.1 Sombreamento

Em locais em que as condições climáticas não são favoráveis, o uso do sombreamento é a forma mais primária de modificação ambiental a ser adotada. Pode-se recorrer ao uso do sombreamento natural ou artificial, minimizando os efeitos das elevadas temperaturas e da radiação solar direta, o que reflete nos índices produtivos e reprodutivos dos animais (LINHARES et al., 2015).

O sombreamento natural ou artificial tem como objetivo a redução da carga térmica radiante sobre o animal, assegurando condições que favoreçam as trocas térmicas entre animal e ambiente, e com isso, melhore sua eficiência produtiva (AZEVEDO et al., 2009).

O sombreamento natural é feito através da utilização de árvores, fornecendo abrigo contra os raios solares ao animal (PINHEIROS, 2012).

O sombreamento artificial pode ser realizado através de estruturas permanentes ou móveis, geralmente buscando o menor custo por área sombreada (MACLEAN et al., 2011). Podem ser utilizados diferentes materiais de cobertura, como telhas de barro, chapa galvanizada ou alumínio, lâmina de aço ondulada, telhas de fibrocimento e malhas de diversas naturezas. As principais considerações para a construção de uma instalação são a orientação, espaço por animal, altura do pé direito e ventilação (PINHEIRO, 2012).

2.6.2.2 Água para Climatização

A utilização de água para climatizar ambientes é um eficiente mecanismo de retirada de calor, por apresentar alta capacidade calorífica ($4,2 \text{ kJ kg}^{-1}$) e elevado calor latente de vaporização (540 cal g^{-1}) (SILVA, 2008).

O animal, quando entra em contato com a água, melhora a sua capacidade natural de dissipar o calor por evaporação através da transpiração, desta forma, molhar a pelagem e a pele traz benefícios adicionais, que dependem da umidade relativa do ar e taxa de ventilação adequada para melhorar sua eficiência (BAÊTA e SOUZA, 2010).

Trabalho realizado por Legrand et al. (2011), avaliando o uso da água para vacas em lactação, disponibilizando dois chuveiros para 12 animais, acionados automaticamente através de sensores, verificaram que, o uso dos chuveiros promoveu uma variabilidade grande no tempo do uso do equipamento, em média de $3 \pm 2,1$ horas dia. Apesar disto, o uso do chuveiro pelos animais acarretou aumento de 0,3 horas a cada acréscimo de 1°C na temperatura do ambiente, demonstrando que conforme se aumentava a temperatura maior era a procura dos animais de forma voluntária aos chuveiros, como forma de tentar realizar trocas térmicas.

2.6.2.3 Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo (SRAE)

O Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo tem por finalidade a associação de dois fatores, a ventilação e o uso de água, melhorando a temperatura do ambiente através da

aceleração das trocas convectivas e evaporativas. O ar em contato com uma superfície umedecida faz com que a pressão do valor do ar insaturado a ser resfriado seja menor do que a da água de contato, ocorrendo a evaporação da água e umidificação do ar, sendo esse processo contínuo até que ocorra a saturação do ar (MATARAZZO, 2004).

Animais submetidos ao estresse térmico buscam por água como forma de se refrescar, desta forma, o uso de aspersão de água e ventilação facilita as perdas de calor por evaporação e convecção (AZEVEDO e ALVES, 2009).

A origem da ventilação pode ser natural ou artificial. A ventilação artificial, quando bem dimensionada, faz com que ocorra melhoria no ambiente e favorecimento das perdas de calor (RENAUDEAU et al., 2012).

O sucesso da implantação do SRAE depende da diferença entre as temperaturas de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido. Altas temperaturas e baixa umidade fazem com que o sistema SRAE apresente maior eficiência (ARCARO JÚNIOR et al., 2006).

Perissinoto et al. (2006) citam que o uso da aspersão com a ventilação forçada na área de alimentação em sistema de confinamento *free-stall* proporcionou redução significativa, de 1,6°C, na temperatura de bulbo seco em relação a temperatura máxima da instalação.

Os ventiladores geralmente têm dimensões entre 60 cm a 90 cm, e ficam suspensos no teto, posicionados em frente à linha dos aspersores, proporcionando uma atmosfera de pequenas gotas de água umedecendo a superfície das vacas, auxiliando a perder calor. A aspersão de água, quando em contato com a pele dos animais, aumenta as taxas de condução e convecção (AVENDAÑO REYES, 2012).

Almeida et al. (2010), utilizando 16 vacas Girolandas no verão, citam que a utilização do SRAE proporcionou redução de 1,5°C na temperatura de bulbo seco do período da manhã no interior da instalação, comparado ao ambiente sem climatização.

2.6.3 Climatização em área de alimentação

Os currais de espera, bem como a área de alimentação pós-ordenha, podem ser considerados como pontos críticos para controle do ambiente na bovinocultura leiteira, em função da aglomeração de animais e permanência por considerável período de tempo, sendo de suma importância que estas instalações possam oferecer ambiente favorável aos animais (TURNER et al., 1997).

Trabalho realizado por Calegari et al. (2003) revelou que, o uso do sistema de resfriamento adiabático evaporativo na linha de alimentação melhorou a eficiência das trocas térmicas de vacas em lactação, aumentando a dissipação do calor e diminuindo o estresse térmico, reportando um aumento médio de 3 kg de leite dia⁻¹ quando comparado ao grupo controle.

A climatização da área de alimentação possibilita a maior permanência dos animais neste local, promovendo benefícios na ingestão de alimentos e na eliminação do calor corporal (CALEGARI et al., 2003).

Atualmente, modificações ambientais têm sido amplamente estudadas, no sentido de favorecer as condições de conforto animal, reduzir os gastos de energia como a manutenção da homeotermia e, conseqüentemente, melhorar índices produtivos e reprodutivos (NAVARINI et al., 2009).

Vilela et al. (2013) realizaram estudo com 20 vacas Holandesas lactantes, utilizando o SRAE na área de alimentação em sistema de confinamento *free-stall*, reportando melhorias no consumo alimentar das vacas mesmo nos horários mais quentes do dia.

Trabalho realizado por Lorenço (2019) estudando métodos para minimizar o estresse térmico de vacas leiteiras com o uso da aspersão e ventilação na área de alimentação, demonstrou que o uso do SRAE proporcionou diminuição de 1°C da temperatura retal de vacas em lactação.

2.7 REFERÊNCIAS

- ADAMS, A.E.; OLEA-POPELKA, F.J.; ROMAN-MUNIZ, I.N. Using temperature-sensing reticular boluses to aid in the detection of production diseases in dairy cows. **Journal Dairy Science**, Champaign, v.96, n.3, p.1549–1555, 2013.
- ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; ALMEIDA, G. A. P.; MORRIL, W. B. B. Investimento em climatização na pré-ordenha de vacas girolando e seus efeitos na produção de leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.12, p.1337–1344, 2010.
- ALMEIDA, G.L.P.DE.;PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; HENRIQUE, H.M.; ALMEIDA, G.A.P. Uso do sistema de resfriamento adiabático evaporativo no conforto térmico de vacas da raça girolando. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.7, p.754-760,2011.
- ALMEIDA, G.L.P.de.; PANDORFI, H.; BAPTISTA, F.; GUISELINI, C.; BARNABÉ, J.M.C. Thermal efficiency of individual shelters for girolando calves in Brazilian semi-arid regions. **Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, São Paulo, v.36, n.1, p.13-23, 2016.

ARAÚJO, A.P. **Estudo Comparativo de diferentes sistemas de instalações para produção de leite tipo b, com ênfase nos índices de conforto térmico e na caracterização econômica.** 2001. 94p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2001.

ARCARO JÚNIOR, I.; ARCARO, J. R. P.; POZZI, C. R.; DEL FAVA, C.; FAGUNDES, H.; MATARAZZO, S.V.; OLIVEIRA, J.E. Respostas fisiológicas de vacas em lactação à ventilação e aspersão na sala de espera. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p. 639–643, 2005.

ARCARO, J. R. P.; ARCARO JUNIOR, I.; POZZI, C. R.; MATARAZZO, S. V.; DIB, C. C.; FAGUNDES, H.; COSTA, E. O. Efeitos do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em free-stall sobre as respostas fisiológicas de vacas em lactação. **Boletim da Indústria Animal**, Pirassununga, v.63, n.1, p.209-215, 2006.

ARMSTRONG, D. V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.77, n.77, p.2044-2050, 1994.

ASBIA, Associação Brasileira de Inseminação Artificial. **Relatório de comercialização de sêmen de 2011.** Disponível em: <<http://www.asbia.org.br/novo/relatorios/>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

AVENDAÑO-REYES, L. **Heat stress management for milk production in arid zones.** In: CHAIYABUTR, N. (Ed). Milk production - an up-to-date overview of animal nutrition, management and health. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5772/51299>>. Acesso em: 30 mar. 2019.

AVILA, A. S.; JÁCOME, I. M. T. D.; FACCENDA, A.; PANAZZOLO, D. M.; MÜLLER, E. R. Avaliação e correlação de parâmetros fisiológicos e índices bioclimáticos de vacas holandesas em diferentes estações. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**, Santa Maria, v.14, n.14, p.2878-2884, 2013.

AZEVEDO, D.M.M.R.; ALVES, A.A. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 21 ed, 2009. 83p. (Série documentos – 188).

BACCARI JUNIOR, F. **Manejo ambiental de vaca leiteira em climas quentes.** Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2001. 142p.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: Conforto animal.** 2 ed. Viçosa: Ed.UFV, 2010. 269p.

BARBIRATO, G.; FIORELLI, J.; LINO, G.; CRAVO, J.C.M.; BERTOLINI, M.S.; LAHR, F.A.R. Desempenho térmico de bezerreiros cobertos com telha de fibrocimento e forro ecológico de subprodutos agroindústrias associado a materiais isolantes. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Tupã, v.9, n.3, p.261-267. 2015.

BARBOSA FILHO, J.A.D.; VIEIRA, F.M.C.; GARCIA, D.B.; SILVA, M.A.N.; SILVA, I.O.J. **Tabela prática para avaliação do ambiente de confinamento de vacas holandesas em lactação.** Núcleo de Pesquisa em Ambiência: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.nupea.esalq.usp.br/noticias/visualizadornoticias.php?id=26&lg=br>> Acesso em: 20 fev. 2019.

- BARNABÉ, J.M.C.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G.L.P.de; GUISELINI, C.; JACOB, A.L. Conforto térmico e desempenho de bezerras Girolando alojadas em abrigos individuais com diferentes coberturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.5, p.481-488, 2015.
- BARNABÉ, J.M.C.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G.L.P.de; GUISELINI, C.; JACOB, A.L. Temperatura superficial de materiais utilizados para cobertura individual de bezerreiros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.5, p.545-550, 2014.
- BASSALO, J. M. F. A crônica do calor: calorimetria. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.14, n.1, p.29-38, 1992.
- BERMAN, A. Invited review: are adaptations present to support dairy cattle productivity in warm climates. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.94, n.5, p.2147-2158, 2011.
- BERTIPAGLIA, E.C.A.; SILVA, R.G.; MAIA, A.S.C. Fertility and hair coat characteristics of Holstein cows in a tropical environment. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.2, p.350-359, 2007.
- BIANCA, W. Relative importance of dry- and wet-bulb temperatures in causing heat stress in cattle. **Nature**, Londres, v.195, n1, p.251-252, 1962.
- BIANCA, W. Reviews of the progress of dairy science. Section: physiology of cattle in hot environment. **Journal of Dairy Research**, Champaign, v.32, n.32, p.291-245, 1965.
- Bianca W. Thermoregulation. In: **Hafez E.S.E.** (Ed.), *Adaptation of Domestic Animals*. Lea and Febiger, Philadelphia, p.97-118, 1973.
- BROWN-BRANDL, T.M.; EIGENBERG, R.A.; NIENABER, J.A.; HAHN, G.L. Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle, part 1: analyses of indicators. **Biosystem Engineering**, Londres, v.90, n.4, p.451-462, 2005.
- BUFFINGTON, D. E; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J. Black globe humidity index as a comfort equation for dairy cows. **American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v.24, n.3, p.711-714, 1981.
- CALEGARI, F.; CALAMARI, L.; FARZZI, E. Effects of ventilation and misting on behavior of dairy cattle in the hot season in south Italy. In: INTERNATIONAL DAIRY HOUSING CONFERENCE, 5, 2003, Texas. **Proceedings...** Texas: ASAE, p.303-311, 2003.
- CÂNDIDO, C. **Ventilação natural e conforto térmico em climas quentes**. 2006. 49p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2006.
- CATTELAM, J.; VALE, M. M. Estresse térmico em bovinos. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, v.108, p.96-102, 2013.
- CERUTTI, W. G.; BERMUDEZ, R. F.; VIEGAS, J.; MARTINS, C. M. M. R. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas ou não a sombreamento e aspersão na pré-ordenha. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.14, n.3, p.406-412, 2013.

COLUMBIANO, V.S. **Identificação de QLT nos cromossomos 10, 11 e 12 associados ao estresse calórico em bovinos.** 2007. 60p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento Animal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

CONCEIÇÃO, M.N. **Avaliação da influência do sombreamento artificial no desenvolvimento de novilhas leiteiras em pastagens.** 2008. 138p. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

CRUZ, L.V.; ANGRIMANI, D.de.S.R.; RUI, B.R.; SILVA, M.A.da. Efeitos do estresse térmico na produção leiteira: revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Garça, SP, v.9, n.16, 2011.

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DOS ESTADOS UNIDOS. **Características facilidade e conforto vaca em US operações de lácteos,** 2007. Fort Collins (CO): Fitossanitário Inspeção de Serviços-Serviços Veterinários UDSA-Animal e, Centros de Epidemiologia e Saúde Animal, 2010.

DO P.; BORGES, P.T.B.O.; DE, M.T.L.P.; GOMES, E.F.; DALLAGO, B.S.; FADEL, R. Thermographic evaluation of climatic conditions on lambs from different genetic groups. **International Journal Biometeorology**, Ohio, v.66, n.2, p.57:59, 2013.

DUPREEZ, J.H. Parameters for the determination and evaluation of heat stress in dairy cattle in South Africa. **Onderstepoort Journal Veterinary Research**, Durbanville, v.67, p.263-271, 2000.

FAÇANHA, D.A.E.; CHAVES, D.F.; MORAIS, J.H.G.; VASCONCELOS, A.M.; COSTA, J.H.G.; GUILHERMINO, M.M. Tendências metodológicas para avaliação da adaptabilidade ao ambiente tropical. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.14, n.1, p.91-103, 2013.

FERREIRA, A. C. H. ; NEIVA, J. N. M. ; RODRIGUEZ, N. M. ; CAMPOS, W. E. ; BORGES, I. Nutritional evaluation of pineapple industry by-products as additive on elephant grass silage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.2, p.223-229, 2009.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente:** para aves, suínos e bovinos.3ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2011. 528p.

FERREIRA, F.; PIRES, M. F. A.; MARTINEZ, M. L.; COELHO, S.G.; CARVALHO, A.U.; FERREIRA, P.M.; FACURY FILHO, E.J.; CAMPOS, W.E. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.58, n.5, p.732-738, 2006.

FERREIRA, I.C; MARTINS, C.F; NETO, A.M.F; CUMPA, H.C.B. **Conforto térmico em bovinos leiteiros a pasto.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 1ed, 2017, 47p. (Série documentos, 342).

FERREIRA, L.C.B. **Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos submetidos a diferentes ofertas de sombra.** 2010. 89p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

FERREIRA, L.C.B.; MACHADO FILHO, L.C.P.; HOTZEL, M.J.; ALVES, A.A.; BARCELLOS, A.de.O. Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos a diferentes ofertas de sombra. **Cadernos de Agroecologia**, Pernambuco, v.9, n.2, p.1-14, 2014.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente:** para aves, suínos e bovinos. 3ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005. 528p.

FERRO, F.R.A.; NETO, C.C.C.; TOLEDO FILHO, M.R.; FERRI, S.T.S.; MONTALDO, Y.C. Efeito do estresse calórico no desempenho reprodutivo de vacas leiteiras. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró v.25, n.5, p.1–25, 2010.

GODYN, D.; HERBUR, E.; WALCZAK, J. Infrared thermography as a method for evaluating the welfare of animals subjected to invasive procedures – a review. **Annals of Animal Science**, Paris, v.13, n.3, p.423-434, 2013.

GONZÁLEZ, F.H.D; SILVA, S.C. Introdução a Bioquímica Clínica Veterinária. **Revista da UFRGS**, 3.ed, Porto Alegre, UFRGS, 2017.

HAHN, G.L.; MADER, T.L. Heat waves in relation of thermoregulation, feeding behavior, and mortality of feedlot cattle. IN: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 5, 1997. Minnesota. **Proceedings...** St. Joseph:ASAE, p.125-129, 1997.

HALLIDAY, D. **Física**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1996, v.2.

HAMMAMI, H.; BORMANN, J.; M’HAMDI, N.; MONTALDO, H. H.; GENGLER, N. Evaluation of heat stress effects on production traits and somatic cell score of Holsteins in a temperate environment. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.96, n.3, p.1844-55, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Estatística de produção pecuária**. Rio de Janeiro, 2018. 50p.

KELLY, C.F; BOND, T.E; ITTNER, N.R. Designer of livestock shades. **California Agriculture**, v.8, n.8, p.3-4, 1954.

LEGRAND, A.; SCHÜTZ, K. E.; TUCKER, C. B. Using water to cool cattle: behavioral and physiological changes associated with voluntary use of cow showers. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.94, n.7, p.3376–86, 2011.

LINHARES, A.S.F; SOARES, D.L; OLIVEIRA, N.C.T; SOUZA, B.B; DANTAS, N.L.B. Respostas fisiológicas e manejo adequado de ruminantes em ambientes quentes. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v.11, n.2, p.27-33, 2015.

LORENÇO, J.P.D.A. **Estratégias para minimizar o estresse térmico em vacas leiteiras**. 2019. 29p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019.

MAC-LEAN, P.A.B.; BARBOSA, O.R.; JOBIM, C.C.; GASPARINO, E.; SANTOS, G.T.; FARIA, L. Comportamento e desempenho de bezerros desmamados. **Acta Scientiarum, Animal Sciences**, Maringá, v.33, p.409-415, 2011.

MAIA, A.S.C.; SILVA, R.G.; LOUREIRO, C.M.B. Respiratory heat loss of holstein cows in a tropical environment. **International Journal of Biometeorology**, Ohio, v.49, n.5, p.332-336, 2005.

MALAFAIA, P.; BARBOSA, J.D.; TOKARNIA, C.H.; OLIVEIRA, C.M.C. Distúrbios comportamentais em ruminantes não associados a doenças: origem, significado e importância. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v.31, n.9, p.781–790, 2011.

MARTELLO, L. S. **Interação animal-ambiente: efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em free-stall**. 2006. 101p. Tese (Doutorado em Qualidade e Produtividade Animal)- Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

MARTELLO, L.S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; SILVA, S.L.; TITTO, E.A.L.; PEREIRA, A.M.F. Avaliação do consumo e produção de leite de múltíparas e primíparas submetidas a diferentes ambientes. In: CONGRESSO DE ZOOTECNIA, 12, 2002, Villa Real. **Anais...** Villa Real: APEZ, p. 470-473, 2002.

MARTELLO, L.S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; SILVA, S. L.; TITTO, E.A.L. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação Submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.1, p.181–191, 2004.

MARTELLO, L.S.; SILVA S.D.L.; COSTA, G.R.; SILVA, C.R.R.P.; LEME P.R. Infrared thermography as a tool to evaluate body surface temperature and its relationship with feed efficiency in *Bosindicus* cattle in tropical conditions. **International Journal of Biometeorology**, Ohio, v.60, p.173–181, 2016.

MATARAZZO, S.V. **Eficiência do Sistema de resfriamento Adiabático evaporativo em confinamento do tipo free-stall para vacas em lactação**. 2004. 156p. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Piracicaba, 2004.

MEDEIROS, L.F.D; VIEIRA, D.H. **Bioclimatologia animal**. 1997. 126p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Zootecnia), Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1997.

MELO, E. C.; LOPES, D. C.; CORRÊA, P.C. GRAPSI-Programa computacional para cálculo das propriedades psicométricas do ar. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.12, n.2, p.145-154, 2013.

MOURA, J.P. **Construção e avaliação térmica de um fogão solar tipo caixa**.2007. 209p. Dissertação (Mestrado em Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologias Regionais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

MOTA, F.S. **Climatologia zootécnica**. Pelotas: UFPEL, 2001. 104p.

NÄÄS, I. A.; ARCARO JÚNIOR, I. Influência de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.139-142, 2001.

NAVARINI, F. C.; KLOSOWSKI, E. S.; CAMPOS. A. T.; et al. Conforto térmico de bovinos da raça Nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pasto sol. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.4, p.508-517, 2009.

NETO, H.N.C. **Conforto térmico aplicado a bem-estar animal**. 2014. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

- NÓBREGA, G. H.; SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; MANGUEIRA, J. M. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Paraíba, v.6, n.1, p.67–73, 2011.
- PAIM, T.P.; BORGES, B.O.; LIMA, P.M.T.; GOMES, E.F.; DALLAGO, B.S.L.; FADEL, R.; MENEZES, A.M.; LOUVANDINI, H.; CANOZZI, M.E.A.; BARCELLOS, J.O.J.; McMANUS, C. Thermography evaluation of climatic conditions on lambs from different genetic groups. **International Journal of Biometeorology**, Ohio, v.57, n.1, p.59-66, 2013.
- PENA, R.F.A. **Influência da altitude sobre o clima**. Brasil Escola. 2018. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/influencia-altitude-sobreclima.htm>>. Acesso em: 28 maio 2019.
- PEREIRA, C.C.J. **Fundamentos de Bioclimatologia Aplicados à Produção Animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005.
- PERISSINOTO, M. Efeito da utilização de sistemas de climatização nos parâmetros fisiológicos do gado leiteiro. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.663-671, 2006.
- PERISSINOTO, M. **Sistema inteligente aplicado ao acionamento do sistema de climatização em instalações para bovinos leiteiros**. 2007. 168p. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.
- PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Campinas, v.1, n.2, p.117-126, 2007.
- PINHEIRO, M. G. Produção de leite em ambiente tropical. **Pesquisa & Tecnologia**, São Paulo, v.9, n.1, p.6, 2012.
- PIRES, M.F.A.; CAMPOS, A.T. **Modificações ambientais para reduzir o estresse calórico em gado de leite**. Juiz de Fora: Embrapa, 2004. 6p. (Comunicado técnico, 42).
- RENAUDEAU, D; COLLIN, A; YAHAV, S; BASILIO, V; GOURDINE, J. L; COLLIER, R. J. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Animal**, Ohio, v.6, n.5, p.707-728, 2012.
- RICCI, G. D.; ORSI, A. M.; DOMINGUES, P. M. Estresse calórico e suas interferências no ciclo de produção de vacas de leite-revisão. **Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v.20, n.3, p.9–18, 2013.
- ROBERTO, J.V.B.; SOUZA, B.B.de.; FURTADO, D.A.; DELFINO, L.J.B.; MARQUES, B.A.de.A. Gradientes térmicos e respostas fisiológicas de caprinos no semiárido brasileiro utilizando a termografia infravermelha. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, Mossoró, RN, v.2, n.1, p.11-19, 2014.
- ROCHA, D.T.; CARVALHO, G.R. **Produção brasileira de leite: uma análise conjuntural**. Juiz de Fora: Embrapa, 2018. 116p. (Anuário do leite).
- RODRIGUES, A. L.; SOUZA, B.B.; FILHO, J. M. P. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campo Grande, v.06, n.02, p.14-22, 2010.
- ROMA JUNIOR, L.C.; SILVA, I.J.O.; PINHEIRO, M.G.; PIEDADE, S.M.S. Avaliação física do sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) em instalações do tipo freestall

para bovinos de leite. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 23. Foz do Iguaçu. **Anais...**Foz do Iguaçu, 2001.

SEVERINO, C. S. J.; FAÇANHA-MORAIS, D. A. E.; VASCONCELOS, A. M.; NERY, K. M.; MORAIS, J. H. G.; GUILHERMINO, M. M. Características termorreguladoras de caprinos, ovinos e bovinos em diferentes épocas do ano em região Semiárida. **Revista Científica de Produção Animal**, Paraíba v.10, n.2, p.127-137, 2008.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, Villaviciosa, v.67, n.1-2, p.1-18, 2000.

SILVA FILHO, F.P. **Adaptabilidade ao calor e índices ambientais para vacas da raça holandesa no semiárido**. 2013. 87p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.

SILVA, B. C. M. **Efeito do ambiente térmico nas respostas fisiológicas, produtivas, características do pelame e no comportamento de vacas holandesas puras por cruza no norte de Minas Gerais**. 2011. 125p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2011.

SILVA, E.M.N.; SOUZA, B.B.; SILVA, G.A.; ALCÂNTARA, M.D.B.; CUNHA, M.G.G.; MARQUES, B.A.A. Avaliação da adaptabilidade de caprinos leiteiros com auxílio da precisão termográfica no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, Rio de Janeiro, v.36, n.2, p.231-237, 2014.

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

SILVA, R. G. **Biofísica Ambiental: os animais e seu ambiente**. 1ed. Jaboticabal:Funep, 2008. 393p.

SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C. **Principles of Animal Biometeorology**. 2.ed. Springer: 2013. 283 p. (eBook).

SILVA, R.G. **Introdução à bioclimatologia animal**. 1.ed. São Paulo: Nobel, 2000. 286p.

SO GEOGRAFIA. **Umidade**. 2007. Disponível em: <<https://www.sogeografia.com.br/Conteudos/GeografiaFisica/Clima/umidade.php>>. Acesso em: 05 fev. 2019.

SOUZA, B. B.; SILVA, I. J. O.; MELLACE, E. M.; SANTOS, R. F. S.; ZOTTI, C. A.; GARCIA, P.R. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Patos, v.6, n.02, p.59-65, 2010.

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

SOUZA, M.V.C.; LEONARDO, J.M.L.O. Avaliação dos pontos críticos em propriedade leiteira e implantação de um programa de boas práticas para produção de queijo qualho na leiteria da fazenda da unicesumar. In: EPCC – ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA CESUMAR, 8, **Anais...**UNICESUMAR, Editora CESUMAR, Maringá, 2013.

- SOUZA, W. **Comportamento de bovinos de corte e o microclima em sistemas silvipastoris com eucaliptos**. 2008. 96p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.
- STEWART, M.; WEBSTER, J.R.; SCHAEFER, A.L.; COOK, N.J.; SCOTT, S.L. Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. **Animal Welfare**, South Mimms, v.14, p.319-325, 2005.
- TEIXEIRA, V.H. **Instalações e Ambiência para Bovinos de Leite**. Lavras: EdUFLA, 2001.20p.
- THOM, E.C. Cooling degrees-days air conditioning, heating and ventilating. **Transactions of the ASAE**, v.55, n.7, p.65-72, 1958.
- THOM, E. C. **The discomfort index**. *Weatherwise*, Washington, v.12, n.2, p. 57-61, 1959.
- TORQUATO, J.L.; SOUZA JÚNIOR, J.B.F.; QUEIROZ, J.P.A.F.de.; COSTA, L.L.de. M. Termografia infravermelha aplicada a emas (*Rhea americana*). **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, Mossoró, v.3, n.2, p.51-56, 2015
- TURNER, L.W.; WARNER, R.C.; CHASTAIN, J.P. **Micro-sprinkler and fan cooling for dairy cows: Practical design considerations**. University of Kentucky, Extension Service, USA. 1997.
- VALTORTA S.E. **Manejo del estrés térmico y composición de la leche**. 2003. En: temas de producción lechera. CONICET-FCA, INTA Rafaela. 6p.
- VAN OS, J.M. Cooling dairy cows with water. **Revista Veterinary Clinic Food Animal**, Madison, v.35, n.3, p.157-173, 2019.
- VILELA, R.A.; LEME, T.M.C.; TITTO, C.G.; NETO, P.F.; PEREIRA, A.M.F.; BALIEIRO, J.C.C.; TITTO, E.A.L. Respostas fisiológicas e comportamentais de vacas holandesas mantidas em sistema adiabático evaporativo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v.33, n.11, p.1379-1384, 2013.
- YOUSEF, M. K **Stress physiology in livestock**. CRC Press, Boca Raton, 1985.
- ZIMBLEMAN, R.B.; RHOADS, R.P.; BAUMGARD, L.H.; COLLIER, R.J. Revised temperature humidity index (THI) for high producing dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.92, n.347, p.10-26, 2009.

3. CAPÍTULOS II – VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO PARA DIFERENTES SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO NA PÓS-ORDENHA

RESUMO: Novas tecnologias nas instalações da bovinocultura leiteira visam à melhoria do conforto térmico de vacas, para que ocorra aumento na eficiência produtiva. Desta forma, este trabalho objetivou avaliar a influência de diferentes ambientes na área de alimentação pós-ordenha, sobre as variáveis ambientais e os índices de conforto térmico de vacas girolandas em lactação. O experimento foi realizado na Fazenda Pró-Campo Piracanjuba, em Bela Vista de Goiás-GO. Foi utilizado delineamento em quadrado latino, com 4 tratamentos e 4 períodos experimentais, com 4 animais por tratamento, totalizando 16 repetições. Os tratamentos foram diferentes ambientes na pós-ordenha: S: sombreamento; S+V: sombreamento + ventilação; S+V+D: sombreamento+ ventilação+ ducha e SRAE: sistema de resfriamento adiabático evaporativo. Foram mensuradas as variáveis ambientais: temperatura de bulbo seco (Tbs), temperatura de bulbo úmido (Tbu), temperatura de globo negro (Tgn), umidade relativa (UR) e velocidade do vento (v), sendo posteriormente calculados os índices de conforto térmico: Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica de Radiação (CTR) e Entalpia (H). Os dados foram submetidos a análise de variância, pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância. O SRAE foi mais eficiente em manter as condições térmicas mais próximas às de conforto para vacas leiteiras, quando consideradas as variáveis Tbs e Tgn, refletindo em menores valores para os índices de conforto térmico: ITU, ITGU e H, tanto na ordenha da manhã como no período da tarde.

Palavras-chave: ambiência, bovinos leiteiros, conforto térmico, instalações, SRAE.

ENVIRONMENTAL VARIABLES AND THERMAL COMFORT INDEXES FOR DIFFERENT COOLING SYSTEM IN POST-MILKING ENVIRONMENT

ABSTRACT: New technologies in dairy cattle facilities aim to improve thermal comfort of cows, so that there is an increase in production efficiency. Thus, this work aimed to evaluate the influence of different environments in the area of post-milking feeding, on environmental variables and thermal comfort indexes to lactating Girolanda cows. The experiment was carried out at the Pró-Campo Piracanjuba Farm, in Bela Vista de Goiás-GO. The Latin square design was used, with 4 treatments and 4 experimental periods, with 4 animals per treatment, totaling 16 repetitions. The treatments were different post-milking environments: S: shading; S+V: shading + ventilation; S+V+D: shading + ventilation + shower and AECS - Adiabatic Evaporative Cooling System. The environmental variables were measured: dry bulb temperature (Tdb), wet bulb temperature (Twb), black globe temperature (Tbg), relative humidity and wind speed, and subsequently the thermal comfort indexes were calculated: Temperature and Humidity Index (THI), Black Globe Temperature and Humidity Index (BGHI), Thermal Radiation Load (TRL), and Enthalpy (H). The data were submitted to the analysis of variance, by the F test, and the means compared by the Tukey test, at 5% significance. The AECS was more efficient in maintaining the thermal conditions closer to those of comfort for dairy cows, when considered the variables Tdb and Tbg, reflecting in lower values for the thermal comfort indexes THI, BGHI and H, both in the morning and afternoon milking.

Keywords: evaporative cooling, spraying, shading, cattle, heat stress.

3.1 INTRODUÇÃO

Bovinos leiteiros em lactação são animais particularmente sensíveis a ação do ambiente devido à sua alta função produtiva especializada, contudo o as instalações em que se encontram pode gerar perdas ao sistema produtivo, sendo então, importante estudar e avaliar o micro clima destas instalações (RICCI et al., 2013).

O período de lactação aliado ao melhoramento genética de animais oriundos de cruzamento de bovinos taurinos versus zebuínos apresentam maior exigência quanto às instalações em relação ao ambiente, conforto térmico, manejo alimentar e sanitário, especialmente em países de clima tropical (BERMAN, 2011).

Desta forma o uso de tecnologias de climatização nas instalações zootécnicas para produção leiteira torna-se necessária, de forma a minimizar os efeitos das condições climáticas desfavoráveis sobre os animais (RENAUDEAU et al., 2012). O uso de sombreamento, ventiladores e aspersores, isoladamente ou combinados, auxiliam na manutenção das condições ambientais (LINHARES et al., 2015).

O sombreamento é a modificação primária mais econômica e usual aplicada à criação animal. Diversos materiais de cobertura podem ser usados nas instalações, e promove uma redução de até 30% da carga térmica radiante incidente sobre os animais (BAÊTA e SOUZA, 2010).

A utilização de equipamentos de refrigeração e ventilação vem conseguindo diminuir a carga térmica incidente sobre os animais, favorecendo as trocas térmicas entre o animal e o ambiente de criação (AVENDAÑO REYES, 2012).

As condições ambientais, como temperatura e umidade relativa do ar, são inter-relacionadas e seus efeitos combinados devem ser considerados quando se determina a influência do estresse térmico sobre o desempenho dos animais (PASSINI et al., 2009).

Como forma de avaliação do nível de estresse térmico é utilizado comumente os índices de conforto, como: o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) (SILVA, 2008); o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) (BUFFINGTON et al., 1981); a Entalpia (H) (NUPEA, 2013) e a Carga Térmica Radiante (CTR) (AVILA et al., 2013).

Desta forma, o presente estudo teve por objetivo avaliar as variáveis ambientais: temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, temperatura de globo negro, umidade relativa e velocidade do vento; e dos índices de conforto térmico: Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica

de Radiação (CTR) e Entalpia (H), em área de alimentação, contendo diferentes sistemas de climatização, para animais mestiços Girolando em lactação.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Piracanjuba Pró-Campo, localizada na GO-020, Km 48, Zona Rural do município de Bela Vista de Goiás-GO. A propriedade se situa na latitude 16°58'22'' oeste, e altitude de 803 metros, com classificação climática Aw (Tropical úmido, com verão chuvoso e inverno seco), com temperatura média anual é 23,1°C e pluviosidade média anual de 1.355 mm, segundo a classificação climática de Köppen (CLIMATE, 2019). O experimento foi realizado nos meses de outubro a dezembro de 2018, com duração total de 56 dias.

O experimento foi disposto em delineamento em quadrado latino 4x4, com 4 tratamentos e 4 períodos experimentais, com 4 animais por tratamento, totalizando 16 repetições. Os quatro tratamentos foram instalados na área de alimentação alocados lado a lado. Os animais foram distribuídos aleatoriamente nos quatro grupos experimentais (SILVA, 2015), sendo identificados por brincos e colares de cores distintas por grupo. O tratamento 1 foi caracterizado por sombreamento de telhado de zinco, o tratamento 2 era composto por telhado de zinco com ventilação artificial, tratamento 3 sombreamento por telhado de zinco com ventilação artificial e ducha após a saída da ordenha, tratamento 4 sombreamento por telhado de zinco com utilização do sistema de resfriamento adiabático evaporativo (ventilação e aspersão) conforme demonstrado:

- 1 - S – Sombreamento por telhado de zinco (Testemunha);
- 2 - S+V - Sombreamento por telhado de zinco + Ventilação;
- 3 - S+V+D – Sombreamento por telhado de zinco + Ventilação + Ducha;
- 4 - SRAE - Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo (ventilação + aspersão).

O quadro 1 apresenta a rotação dos tratamentos e grupos de animais, no delineamento em Quadrado latino 4x4, para os respectivos períodos.

Tratamentos (ambientes)	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
GRUPO 1	S+V	S	SRAE	S+V+D
GRUPO 2	S+V+D	S+V	S	SRAE
GRUPO 3	SRAE	S+V+D	S+V	S
GRUPO 4	S	SRAE	S+V+D	S+V

Quadro 1 - Esquema do delineamento estatístico utilizado no experimento em quadrado latino.

Cada período teve duração de 14 dias, sendo os primeiros 7 dias destinados à adaptação dos animais aos tratamentos, conforme Perissinoto (2007), e os 7 dias posteriores usados para a coleta dos dados. As coletas das variáveis foram realizadas após a ordenha dos animais, realizada no período matutino entre 04h00-06h00 e 14h00-16h00 no período vespertino, as coletas entretanto foram realizadas no horário da manhã entre 06h00-07h00 da manhã e 16h00-17h00 da tarde.

O experimento foi instalado em galpão constituído de Metalon, piso de concreto e telhado de zinco, com pé-direito de quatro metros. Cada ambiente estudado teve uma dimensão de 4,5x4,0, totalizando 18 m², sendo 4,5 m² animal.

Para o sistema de ventilação foram utilizados seis ventiladores, sendo 2 por tratamento (S+V, S+V+D e SRAE) modelo Aero®, equipados com motor trifásico de ½ cv, com diâmetro de 1,0 m, 1130 rpm, com capacidade para produzir movimentação de ar de até 4 m s⁻¹, com distanciamento de 0,75m entre eles, montados a 3 m de altura e com angulação de 40° em relação ao piso.

A ducha foi instalada na saída da ordenha, no pé de lúvio, sendo composta por cano de PVC de meia polegada, contendo 20 furos de 0,8 mm, totalizando uma vazão de 42 L hora⁻¹, com alcance de 1 metro, abastecida por gravidade, conforme mostra a Figura 2.

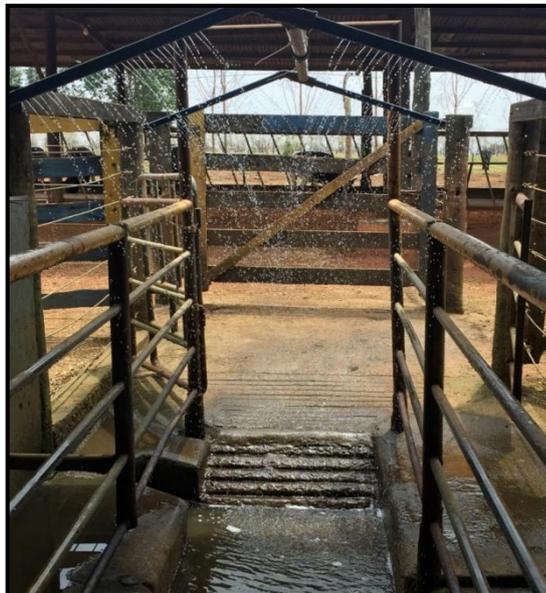


FIGURA 2 – Ducha utilizada no sistema de climatização sombreamento +ventilação + banho de ducha (S+V+D) localizada na saída da ordenha.

O SRAE foi composto por uma linha com dois bicos de aspersão, modelo canzil, com vazão de 60 L hora⁻¹, com alcance aproximado de 2 metros, distanciamento entre bicos de um

metro, sendo abastecidos por gravidade. Os aspersores foram instalados a uma altura de dois metros, direcionado aos animais. Em conjunto, foi montado o sistema de ventilação, composto por 2 ventiladores, modelo Aero®, especificados anteriormente e demonstrado na Figura 3.



FIGURA 3 – Demonstração do SRAE - Sistema de resfriamento adiabático evaporativo, composto por dois ventiladores e dois bicos de aspersão, modelo canzil.

Foram utilizadas 16 vacas Girolando em confinamento do modelo compost barn em lactação, com peso médio de 500 kg. Os animais eram criados em sistemas intensivo, alojados em instalação do tipo *Compost Barn*. A alimentação era composta por silagem de grãos úmidos de milho, concentrado a base de farelo de soja e suplementação mineral, sendo a quantidade fornecida com base no nível de produção e fase de lactação das vacas.

A separação dos grupos foi realizada conforme o nível da produção e pelo DEL (dias em lactação) do animal.

O sistema da ordenha da propriedade era mecanizado, classificada como ordenha de linha baixa com seis conjuntos, modelo espinha de peixe, com um fosso central. Estabeleceu-se que a climatização seria acionada quando a temperatura do ar ou temperatura de bulbo seco se apresentasse maior que 26°C, que é o valor da temperatura crítica superior de uma vaca em lactação, de acordo Perissinoto e Moura (2007).

Dessa forma, o sistema de climatização foi acionado somente na ordenha da tarde. Dentro de cada período, os grupos de animais de cada tratamento, eram encaminhados a ordenha, separados no curral de espera, ordenhados e, em seguida, encaminhados aos

respectivos tratamentos, nos quais permaneciam por 30 minutos em climatização, sendo posteriormente, encaminhados para o galpão *Compost Barn*.

Para a mensuração das variáveis ambientais, foram instalados *data loggers microstation* HOBO ONSET® H21-002, no centro geométrico de cada ambiente, a uma altura de 2 metros do piso. Cada equipamento era composto por três sensores: sensor de temperatura de bulbo seco (S-THB-M002), sensor de temperatura de bulbo úmido (S-TMB-M002) e sensor de temperatura de globo negro (S-TMB-M002). Esses sensores de registro possuem precisão de $\pm 0,2^\circ\text{C}$ para a temperatura do ar, $\pm 2,5\%$ para UR. O dado de velocidade do vento foi adquirido através do aparelho termo anemômetro, da marca Hikari, modelo Hta-400, sendo a leitura realizada no momento da climatização. As variáveis climáticas foram coletadas a cada 15 minutos.

Os sensores no ambiente externo foram posicionados a 1,6 m de altura, próximo ao curral de espera; e os sensores internos do curral de espera foram posicionados a 2,5 m de altura do piso, no centro geométrico da instalação.

De posse dos dados ambientais, foram calculados os índices de conforto térmico, através das equações abaixo:

ITU – Índice de temperatura e umidade (THOM, 1958):

$$\text{ITU} = \text{Tbs} + 0,36 \cdot \text{Tpo} + 41,5 \quad (1)$$

Em que: Tbs = temperatura de bulbo seco ($^\circ\text{C}$) e Tpo = temperatura de ponto de orvalho ($^\circ\text{C}$).

ITGU – Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (BUFFINGTON et al., 1981):

$$\text{ITGU} = \text{Tgn} + 0,36 \cdot \text{Tpo} + 41,5 \quad (2)$$

Em que: Tgn = Temperatura de globo negro ($^\circ\text{C}$) e Tpo = Temperatura de ponto de orvalho ($^\circ\text{C}$).

CTR – Carga Térmica de Radiação (ESMAY, 1969):

$$\text{CTR} = \tau(\text{TRM})^4$$

$$\text{TRM} = 100 \left\{ \left[2,51 (Vv)^{0,5} \cdot (\text{Tgn} - \text{Tbs}) + \left(\frac{\text{Tgn}}{100} \right)^4 \right] \right\} \quad (3)$$

Em que: $\tau = 5,67 \times 10^{-8} \text{K}^{-4} \text{W}^{-1} \text{M}^{-2}$ (Constante de Stefan-Boltzmann).

TRM = Temperatura média radiante; V_v = Velocidade do vento (m s^{-1}); Tgn = Temperatura de globo negro (K) e Tbs= Temperatura de bulbo seco (K).

Os valores de entalpia (H) e temperatura de ponto de orvalho (Tpo) foram avaliados pelo software computacional GRAPSI® desenvolvido por Melo et al. (2004), que considera para o cálculo a seguinte equação:

$$h = 1,006 \times T_{bs} + R[2501 + 1,775T] \quad (4)$$

Em que: h = entalpia específica do ar (kJkg^{-1}); Tbs = Temperatura de bulbo seco ($^{\circ}\text{C}$) e R= razão de mistura (grama de vapor de água / grama de ar seco).

Os dados foram analisados pelo programa SisVar 5.6® (FERREIRA, 2014), verificando-se a homogeneidade das variâncias e a normalidade dos resíduos. Quando não homogêneos ou sem normalidade dos resíduos, os dados foram transformados pela raiz quadrada. As médias, quando significativas, foram comparadas pelo Teste de Tukey, a 5% de significância.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as condições estruturais desse ensaio o tratamento S apresentou valores superiores dos demais tratamentos. Em área de alimentação sombreada com intervenção de qualquer tecnologia estudada poderá apresentar variáveis ambientais mais favoráveis ao consumo alimentar no momento pós-ordenha para vacas em lactação.

Foram observadas diferenças estatísticas significativas para as variáveis Tbs e Tgn, entre o tratamento S em relação aos tratamentos S+V, S+V+D e SRAE, para a ordenha da manhã. Na Tabela 2 se encontra os resultados das variáveis temperaturas de bulbo seco (Tbs), temperatura de globo negro (Tgn), umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento (V), avaliados na pós-ordenha da manhã. O SRAE provocou uma queda de 1,7 °C, S+V+D queda de 1,4 °C, S+V queda de 1,4 °C ambos em relação ao tratamento S. Os tratamentos S+V, S+V+D e SRAE não diferiram entre si para Tbs e Tgn.

TABELA 2- Médias das variáveis ambientais temperatura de bulbo seco (Tbs), temperatura de globo negro (Tgn), umidade relativa do ar (UR%) e velocidade do vento ($v \text{ ms}^{-1}$), na pós-ordenha da manhã, com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.

Variáveis Climáticas	Tratamentos				C.V. (%)	Prob. F
	S	S+V	S+V+D	SRAE		
Tbs (°C)	22,7 a	21,3 b	21,3 b	21,0 b	4,5	0,0000
Tgn (°C)	23,2 a	21,6 b	21,7 b	21,3 b	4,8	0,0000
UR (%)	96,6 a	98,1 a	98,4 a	92,4 b	5,2	0,0000
V (m s^{-1})	0,19 b	1,32 a	1,28 a	1,9 a	28,9	0,0000

S – Sombreamento; S+V – Sombreamento + ventilação; S+V+D – Sombreamento + ventilação + ducha; SRAE – Sistema de resfriamento adiabático evaporativo.

Médias seguidas de letras diferentes, nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Podemos observar que, apesar da redução da temperatura de bulbo seco em relação ao ambiente S com os demais, ambos os tratamentos se enquadram dentro da faixa de termoneutralidade para bovinos leiteiros, menor que 26°C, segundo Perissinoto e Moura (2007). Isto pode ser explicado devido à estação do ano que ocorreu a implantação do experimento, período do ano caracterizado por apresentar temperaturas amenas.

Perissinoto e Moura (2007) relatam que, temperaturas abaixo de 22°C é capaz de proporcionar sensação de conforto térmico para o animal, independente dos valores de umidade relativa do ar.

Silva et al. (2011) citaram valores parecidos para a Tbs em curral de espera, com períodos de climatização utilizando aspersão e ventiladores de 40 e 30 minutos antes da ordenha, atingindo valores de 25,1 a 25,4°C, considerados dentro da zona de conforto térmico.

Para as condições estruturais deste ensaio o tratamento S para a variável Tgn diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, com valor de 23,2 °C. Mota (2001) realizando trabalho com bovinos leiteiros cita que a faixa de conforto térmico situa-se entre 7°C a 26°C, demonstrando que neste ensaio ambos ambientes se encontravam em faixa de conforto.

Trabalho realizado por Silva e Passini (2018), trabalhando com vacas Girolando em período de lactação, climatizando curral de espera, demonstraram que o uso de ventilação artificial e aspersão, em comparação ao ambiente sombreado, refletiram em diminuição de 6,2°C na Tgn.

Arcaro Junior et al. (2003), avaliando o efeito da aspersão e ventilação na sala de espera, em comparação com sala sem climatização, verificaram redução na Tbs de 27,5 °C para 22,94°C. Enquanto, os valores de Tgn foram de 27,6 °C e 22,5°C, respectivamente.

Para a velocidade do vento, observaram-se diferenças estatísticas do tratamento S em relação aos demais, que apresentavam ventilação artificial, os quais não diferiram entre si.

Segundo Ferreira (2010), quando a UR é alta, o vento retira a umidade da pele do animal, facilitando a perda de calor. Como não era acionado o sistema de ventilação todos os dias, para o período da manhã, nos tratamentos S+V, S+V+D e SRAE, a taxa de movimentação do ar não foi suficiente para retirar a UR do ambiente.

Na Tabela 3 se encontram os resultados para os índices de conforto térmico: Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga térmica de Radiação (CTR) e Entalpia (H), avaliados na ordenha da manhã.

TABELA 3 - Médias dos índices de conforto térmico: Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica de Radiação (CTR) e Entalpia (H) na ordenha da manhã, com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.

Índices térmicos	Tratamentos				C.V. (%)	Prob.F
	S	S+V	S+V+D	SRAE		
ITU	71,6 a	70,1 b	70,1 b	69,6 b	1,6	0,0000
ITGU	72,1 a	70,4 b	70,5 b	69,9 b	1,7	0,0000
CTR (W m ⁻²)	440,0 a	434,1 a	434,0 a	434,8 a	3,0	0,2667
H (kJkg ⁻¹)	64,6 a	63,0 ab	63,0 ab	62,0 b	4,5	0,0122

S – Sombreamento; S+V – Sombreamento + ventilação; S+V+D – Sombreamento + ventilação + ducha; SRAE – Sistema de resfriamento adiabático evaporativo.

Médias seguidas de letras diferentes, nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Foram observadas diferenças estatísticas significativas entre o tratamento S, em relação aos demais S+V, S+V+D e SRAE, para os índices ITU e ITGU.

O SRAE mesmo não diferindo estatisticamente dos tratamentos S+V e S+V+D obteve valores de ITU inferiores aos considerados estressantes para as vacas leiteiras (69,6), segundo Pires e Campos (2004), reportados como inferiores ou igual a 70, faixa ideal de temperatura para o bom desempenho produtivo. Os ambientes S, S+V e S+V+D se encontraram em uma faixa de alerta para o ITU, em que as condições climáticas estão no limite para o bom desempenho produtivo animal. Trabalho realizado por Ferreira et al. (2006), estudando animais cruzados ($\frac{1}{2}$ Gir x $\frac{1}{2}$ Holandesa) machos e fêmeas, submetidos a ambientes de conforto e estresse térmico em câmara bioclimática nas estações verão e inverno, em dois períodos (manhã e tarde), encontraram valores de ITU de 70 no período da manhã, em ambas estações, devido ao fato deste horário do dia ser caracterizado por temperaturas mais amenas.

Houve diferenças estatísticas entre o tratamento S em relação aos tratamentos S+V, S+V+D e SRAE para o ITGU, com respectivos valores para os ambientes S (72,1), S+V (70,4), S+V+D (70,5) e SRAE (69,9). O SRAE apresentou valores inferiores de 2,23 pontos no índice, comparados ao sistema S.

Entretanto, segundo Bâeta e Souza (2010), todos os ambientes se encontraram na faixa de conforto térmico de ITGU abaixo de 74, neste período em todos os ambientes, considerando valores de 75 a 78 como situação de alerta, 79 a 84 perigo e, acima de 84, situação de emergência.

Vilela et al. (2013), encontraram valores superiores aos observados neste estudo, comparando animais da raça Holandesa em sistema de confinamento *Free-Stall* durante o verão em dois ambientes, sem climatização (apenas sombra) e com climatização (uso de ventilação mecânica com nebulização), reportando valores do ITGU de 74,4 e 74,2, respectivamente.

Para a H foi observado diferenças significativas para os tratamentos S e SRAE. O SRAE apresentou valores inferiores ($62,0 \text{ kJ kg}^{-1}$) comparados aos tratamentos S+V ($63,0 \text{ kJ kg}^{-1}$) e S+V+D ($63,0 \text{ kJ kg}^{-1}$), porém não foi observada diferença entre os tratamentos S+V, S+V+D em relação ao ambiente S e SRAE.

Contudo o tratamento S apresentou valores superiores ao SRAE, reportando uma diferença de $2,53 \text{ kJ kg}^{-1}$. Ambos tratamentos apresentaram valores abaixo de $66,1 \text{ kJ kg}^{-1}$,

que conforme Kawabata e colaboradores cita como faixa ideal como indicativo de conforto térmico para os animais nestas instalações (KAWABATA et al., 2005).

Na pós-ordenha da tarde, foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos para as variáveis ambientais Tbs, Tgn, UR e velocidade do vento, conforme demonstrado na Tabela 4.

TABELA 4 - Médias das variáveis ambientais temperatura de bulbo seco (Tbs °C), umidade relativa do ar (UR %), temperatura de globo negro (Tgn °C) e velocidade do vento (V), na ordenha da tarde, com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.

Variáveis	TRATAMENTOS				C.V. (%)	Prob. F
	S	S+V	S+V+D	SRAE		
Tbs (°C)	29,3 a	27,4 ab	27,1 b	24,7 c	10,0	0,0000
Tgn (°C)	31,5 a	29,2 ab	28,5 b	27,1 b	12,7	0,0003
UR (%)	78,0 a	78,0 a	78,5 a	74,6 a	14,0	0,5205
V (m s ⁻¹)	1,19 b	2,22 a	2,20 a	2,20 a	11,6	0,0000

S – Sombreamento; S+V – Sombreamento + ventilação; S+V+D – Sombreamento + ventilação + ducha; SRAE – Sistema de resfriamento adiabático evaporativo.

Médias seguidas de letras diferentes, nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Para a variável Tbs foi constatado o menor valor de 24,71 para o tratamento SRAE. Os tratamentos S+V+D com 27,08. Os tratamentos S+V+D e S não diferiram estatisticamente, com valores de 27,1 e 27,4, respectivamente.

Os ambientes S, S+V e S+V+D apresentaram Tbs acima da faixa de considerada de termoneutralidade para vacas de leite, de 4°C a 26°C, segundo Perissinoto e Moura (2007). Apenas o tratamento SRAE reduziu os valores de Tbs ao nível da zona de conforto térmico, com redução de 4,6°C em relação ao tratamento S.

Reduções semelhantes foram encontradas por Almeida et al. (2010), que reportaram valores de Tbs de 24,3°C para 30 minutos de climatização com nebulização mais ventilação.

Os ambientes S e S+V não diferiram estatisticamente na variável Tgn, diferindo dos tratamentos S+V+D e SRAE, com valores de 31,4; 29,1; 28,5 e 27,1, respectivamente. O tratamento SRAE conseguiu reduzir valores de Tgn em 4,3°C em relação ao tratamento S.

Os ambientes S, S+V e S+V+D estudados se encontraram acima da faixa considerada de conforto térmico, entre 7°C a 26°C, reportando ao estresse térmico ocasionado aos animais (MOTA, 2001). O SRAE foi o único que se manteve abaixo destes valores com 24,7 °C.

A Tgn, quando os ambientes se encontram em área sombreada, apresenta valores próximos à Tbs, devido não sofrer a ação da radiação solar direta (FONSECA et al., 2016).

A velocidade do vento demonstrou diferença estatística do ambiente S em relação aos demais ambientes, com menor velocidade de $1,19 \text{ m s}^{-1}$.

Segundo Hahn (1985) valor ótimo para vacas em lactação de velocidade do vento é de $2,2 \text{ m s}^{-1}$, todos os ambientes que forneceram a ventilação estiveram perto deste parâmetro.

Mondaca (2019), trabalhando com vacas Holandesas relatam que, em temperaturas abaixo de 35°C , o aumento da velocidade do vento resultou em animais menos estressados, com redução nos valores de frequência respiratória, com velocidades a partir de $2,2 \text{ m s}^{-1}$.

Segundo Ferreira (2010) as trocas de calor pelas formas convectivas ocorrem através de um processo de transporte da energia térmica pelas massas de ar, caracterizadas pelo movimento de um fluido causado por diferença de densidade, promovendo a saída do calor do corpo para o ar mais frio, sendo influenciado fortemente pela velocidade do ar.

Na Tabela 5 se encontram os resultados dos índices de conforto térmico: Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga térmica de Radiação (CTR) e Entalpia (H), avaliados na ordenha da tarde.

TABELA 5 -Médias dos índices de conforto térmico: Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga térmica de Radiação (CTR) e Entalpia (H), na ordenha da tarde, com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.

Índices Térmicos	Tratamentos				C.V. (%)	Prob. F
	S	S+V	S+V+D	SRAE		
ITU	79,5 a	77 b	76,4 b	73,9 c	4,0	0,0000
ITGU	81,6 a	78,7 b	77,8 b	76,4 b	5,1	0,0000
CTR (Wm^{-2})	508,1 a	523,8 a	511,8 a	529,9 a	13,4	0,6183
H(kJkg^{-1})	83,70 a	75,60 b	73,40 b	70,44 b	11,6	0,0000

S – Sombreamento; S+V – Sombreamento + ventilação; S+V+D – Sombreamento + ventilação + ducha; SRAE – Sistema de resfriamento adiabático evaporativo.

Médias seguidas de letras diferentes, nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Foram observadas diferenças estatísticas significativas para ITU, ITGU e H entre os ambientes ($P < 0,05$), sendo que, apenas a CTR não diferiu estatisticamente entre os tratamentos estudados.

Os maiores valores de ITU foram encontrados no ambiente S, com valor de 79,5, sendo os melhores valores observados para o SRAE com valor de 73,9, ficando os demais ambientes com valores intermediários. O tratamento SRAE quando comparado ao ambiente S foi capaz de reduzir 5,5 pontos no valor do índice, demonstrando a sua eficiência em melhorar o conforto térmico para as vacas.

Quanto ao ITU, todos os ambientes se encontraram acima da faixa considerada ideal para os animais, ($ITU < 70$), sendo que, mesmo o ambiente SRAE, apresentou valores dentro da faixa de alerta (73 a 78), acima do índice crítico o que pode afetar a produção de leite, bem como os ambientes S+V e S+V+D. O ambiente S se encontrou em uma faixa de perigo (79 a 82), faixa esta que compromete as funções orgânicas do animal (PIRES e CAMPOS, 2004).

Souza et al. (2004), avaliando o efeito do SRAE por nebulização em área de alimentação em galpão de *free-stall*, encontraram resultados semelhantes. Os autores verificaram que houve redução no ITU de 76 para 72, de um ambiente sombreado, para outro com sombreamento e climatização.

Para o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) as maiores médias foram encontradas no tratamento S, com valores de 81,6, diferindo estatisticamente dos demais ambientes S+V, S+V+D e SRAE, com valores de 78,7; 77,8 e 76,4, respectivamente.

Segundo Baêta e Souza (2010), valores de ITGU até 74 definem condições de conforto térmico. Todos os ambientes se encontraram acima da faixa considerada ideal, sendo que, os ambientes S+V, S+V+D e SRAE se encontraram na faixa de alerta e o ambiente S, se encontrou dentro da faixa de perigo para o bom desempenho animal.

Simões (2014), analisando o sistema de ventilação associado à aspersão, em área de alimentação em sistema *freestall*, encontrou valores médios de ITGU de 72,2 para o ambiente com climatização e de 79,1 no ambiente sem climatização.

A H apresentou diferenças estatísticas entre os ambientes, de tal forma que, o S apresentou as maiores médias em relação aos demais ambientes S+V, S+V+D e SRAE, com valores de $83,7 \text{ kJ kg}^{-1}$; $75,6 \text{ kJ kg}^{-1}$, $73,4 \text{ kJ kg}^{-1}$ e $70,4 \text{ kJ kg}^{-1}$, respectivamente que não diferiram estatisticamente entre si.

Maiores valores foram encontrados para o ambiente reportando um aumento de $13,26 \text{ kJ kg}^{-1}$ comparado ao tratamento SRAE. Entretanto, todos os ambientes avaliados apresentam valores acima de $66,1 \text{ kJ kg}^{-1}$, acima dos considerados críticos para bovinos de leite (KAWABATA et al., 2005).

Porém, Araújo (2001) e Barbosa Filho et al. (2007) citam valores de $67,4 \text{ kJ kg}^{-1}$ como valores críticos de H.

Valores inferiores foram relatados por Almeida et al. (2009), utilizando ventilação e nebulização, alcançando valores médios de entalpia de $65,8 \text{ kJ kg}^{-1}$, com meia hora de climatização.

3.4 CONCLUSÕES

O SRAE foi mais eficiente em manter as condições térmicas mais próximas às de conforto para vacas leiteiras, quando consideradas as variáveis T_{bs} e T_{gn} , refletindo em menores valores para os índices de conforto térmico: ITU, ITGU e H, tanto na ordenha da manhã como no período da tarde.

3.5 REFERÊNCIAS

- ABREU, P.G; ABREU, V.M.N; FRANCISCON, L; COLDEBELLA, A; AMARAL, A.G. Estimativa da temperatura de globo negro a partir da temperatura de bulbo seco. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.19, n.6, p.557-563, 2011.
- ALMEIDA, C.P. Conforto Térmico de bovinos da raça nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.4, p.508–517, 2009.
- ALMEIDA, G. A. P. Uso do sistema de resfriamento adiabático evaporativo no conforto térmico de vacas da raça girolando. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.1, p.754-760, 2011.
- ALMEIDA, G.L.P. **Climatização na pré-ordenha de vacas da raça Girolando e seus efeitos na produção e qualidade do leite e no comportamento animal**. 2009. 134p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.
- ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; ALMEIDA, G. A. P.; MORRIL, W. B. B. Investimento em climatização na pré-ordenha de vacas girolando e seus efeitos na produção de leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.12, p.1337–1344, 2010.
- ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; BARBOSA, S.B.P.; PEREIRA, D.F.; GUISELINI, C.; ALMEIDA, G.A.P. Comportamento, produção e qualidade do leite de vacas Holandês-Gir com climatização no curral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.8, p.892–899, 2013.
- ARAUJO, A.P. **Estudo Comparativo de diferentes sistemas de instalações para produção de leite tipo b, com ênfase nos índices de conforto térmico e na caracterização econômica**. 2001. 94p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2001.
- AVENDAÑO-REYES, L. **Heat stress management for milk production in arid zones**. In: CHAIYABUTR, N. (Ed). Milk production - an up-to-date overview of animal nutrition, management and health.2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5772/51299>>. Acesso em: 30 março 2019.
- AVILA, A. S.; JÁCOME, I. M. T. D.; FACCENDA, A.; PANAZZOLO, D. M.; MÜLLER, E. R. Avaliação e correlação de parâmetros fisiológicos e índices bioclimáticos de vacas holandês em diferentes estações. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**, Santa Maria, v.14, n.14, p.2878-2884, 2013.
- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**.2 ed. Viçosa: Ed.UFV, 2010. 269p.
- BARBOSA FILHO, J.A.D.; VIEIRA, F.M.C.; GARCIA,D.B.; SILVA,M.A.N.; SILVA,I.O.J. **Tabela prática para avaliação do ambiente de confinamento de vacas holandesas em lactação**. Núcleo de Pesquisa em Ambiência: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2007. Disponível

em:<<http://www.nupea.esalq.usp.br/noticias/visualizadornoticias.php?id=26&lg=br>> Acesso em: 20 fev. 2019.

BERMAN, A. Invited review: are adaptations present to support dairy cattle productivity in warm climates. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.94, n.5, p.2147-2158, 2011.

BUFFINGTON, D. E; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J. Black globe humidity index as a comfort equation for dairy cows. **American Society of agricultural Engineers**, St. Joseph, v.24, n.3, p.711-714, 1981.

CLIMATE, DATA.ORG. **Clima Bela Vista de Goiás**. 2018. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/43439/>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. Westport: Avi, 1982. 325p.

FERREIRA, F.; PIRES, M. F. A.; MARTINEZ, M. L.; COELHO, S.G.; CARVALHO, A.U.; FERREIRA, P.M.; FACURY FILHO, E.J.; CAMPOS, W.E. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.58, n.5, p.732-738, 2006.

FERREIRA, L.C.B. **Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos submetidos a diferentes ofertas de sombra**. 2010. 89p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

FERREIRA, L.C.B.; MACHADO FILHO, L.C.P.; HOTZEL, M.J.; ALVES, A.A.; BARCELLOS, A.de.O. Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos a diferentes ofertas de sombra. **Cadernos de Agroecologia**, Pernambuco, v.9, n.2, p.1-14, 2014.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente: para aves, suínos e bovinos**. 3ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2011. 528p.

FURTADO, D. A.; DANTAS, R.T.; NASCIMENTO, J.W.B. DO; SANTOS, J.T.; COSTA, F.G.P. Efeitos de diferentes sistemas de acondicionamento ambiente sobre o desempenho produtivo de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n. 2, p.484-489, 2006.

HN G.L. **Management and housing of farm animals in hot environments**. In: Stress physiology in livestock. Boca Raton: CRC Press, p.151-174, 1985.

KAWABATA, C. Y.; CASTRO, R. C.; SAVASTANO JÚNIOR, H. Índices de conforto térmico e respostas fisiológicas de bezerros da raça holandesa em bezerreiros individuais com diferentes coberturas. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.598-607, 2005.

LINHARES, A.S.F; SOARES, D.L; OLIVEIRA, N.C.T; SOUZA, B.B; DANTAS, N.L.B. Respostas fisiológicas e manejo adequado de ruminantes em ambientes quentes. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v.11, n.2, p.27-33, 2015.

MELO, E. C.; LOPES, D. C.; CORRÊA, P.C. GRAPSI-Programa computacional para cálculo das propriedades psicométricas do ar. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.12, n.2, p.145-154, 2004.

MIRANDA, J.E.C.M.; FREITAS, A.F. **Raças e tipos de cruzamentos para produção de leite: heterose ou vigor de híbrido**. Juiz de Fora: Embrapa, 2009.12p. (Circular técnica, 98).

MONDACA, M.R. O sistema de ventilação para vacas adultas de leite. **Veterinary Clinic Food Animals, Practice**, v.19, n.35, p.139-156, 2019.

MOTA, F.S. **Climatologia zootécnica**. Pelotas: UFPEL, 2001. 104p.

NÄÄS, I.A.; ARCARO JÚNIOR, I. Influência de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.139-142, 2001.

NAVARINI, F.C.; KLOSOWSKI, E.C.; CAMPOS, A.T.; TEIXEIRA, R.A.; ALMEIDA, C.P. Conforto Térmico de bovinos da raça nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.4, p.508–517, 2009.

NOVUS. **O que é e para que serve a medida de temperatura do ponto de orvalho?** Disponível em:

<https://www.novus.com.br/site/default.asp?TroncoID=053663&SecaoID=0&SubsecaoID=0&Template=../artigosnoticias/user_exibir.asp&ID=625480&Idioma=55#>. Acesso em: 15 jan. 2019.

NUPEA – Núcleo de Pesquisa em Ambiência. **Tabelas de Entalpia**. 2013. Disponível em: <http://www.nupea.esalq.usp.br/imgs/tabelas_thumb/TUTORIAL-TABELA-ENTALPIA-BETE.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2019.

PASSINI, R.; FERREIRA, F.A.; BORGATTI, L.M.O.; TERÊNCIO, P.H.; SOUZA, R.T.Y.B.; RODRIGUES, P.H.M. Estresse térmico sobre a seleção da dieta por bovinos. **Acta Scientiarum, Animal Science**, Maringá, v.31, n.3, p.303-309, 2009.

PASSINI, R.; ARAÚJO, M.A.G.; YASUDA, V.M.; ALMEIDA, E.A. Intervenção ambiental na cobertura e ventilação artificial sobre índices de conforto para aves de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.3, p.333-338, 2013.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Campinas, v.1, n.2, p.117-126, 2007.

PIRES, M.F.A.; CAMPOS, A.T. **Modificações ambientais para reduzir o estresse calórico em gado de leite**. Juiz de Fora: Embrapa, 2004. 6p. (Comunicado técnico, 42).

RENAUDEAU, D.; COLLIN, A.; YAHAV, S.; BASILIO, V.; GOURDINE, J. L.; COLLIER, R. J. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Animal**, Ohio, v.6, n.5, p.707-728, 2012.

RICCI, G. D.; ORSI, A. M.; DOMINGUES, P. M. Estresse calórico e suas interferências no ciclo de produção de vacas de leite-revisão. **Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v.20, n.3, p.9–18, 2013.

RONCHI, C. **Principais práticas de manejo para aves recém nascidas**. 2004. Disponível em: <<http://centrodepesquisasavícolas.files.wordpress.com/2011/03/manejode-aves-recc3a9m-nascidas.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

SILVA, I.J.O.; PANDORFI, H.; ARCARO JUNIOR, I.A.; PIEDADE, S.M.S.; MOURA, D. J. Efeitos da climatização do curral de espera na produção de leite de vacas Holandesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.5, p.2036–2042, 2002.

SILVA, I.M.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G.L.P.; GUISELINI, C.; HENRIQUE, H.M. Benefits of automated acclimatization during the pre-milking phase of lactating girolando cows. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, p.847-856, 2011.

SILVA, L.C.M. **Avaliação dos benefícios da adoção de boas práticas de manejo no bemestar de bezerros leiteiros**. 2015. 99p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2015.

SILVA, R. G. **Biofísica Ambiental**: os animais e seu ambiente. 1ed. Jaboticabal:Funep, 2008. 393p.

SIMÕES, G.H. **Avaliação de estresse térmico em vacas de leite em freestall sob diferentes condições de climatização**. 2014. 77p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual do Paraná, Palotina, 2014.

SOUZA, B.B. de; BATISTA, N.L. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v.8, n.3, p.6-10, 2012.

SOUZA, S.R.L. et al. Análise das condições ambientais em sistemas de alojamento “freestall” para bovinos de leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.2-3, p.299-303, 2004.

STAPLES, C.R. Alimentação de vacas leiteiras sob estresse térmico. In: CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 13. **Anais...** 2009, Uberlândia: Conapec Jr. 2009. p.42-58.

THOM, E. C. **The discomfort index**. Weatherwise, Washigton, v.12, n.2, p.57-61, 1959.

VILELA, R.A.; LEME, T.M.C.; TITTO, C.G.; NETO, P.F.; PEREIRA, A.M.F.; BALIEIRO, J.C.C.; TITTO, E.A.L. Respostas fisiológicas e comportamentais de vacas holandesas mantidas em sistema adiabático evaporativo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v.33, n.11, p.1379-1384, 2013.

4. CAPÍTULOS III – TERMOGRAFIA E FISILOGIA DO ESTRESSE EM VACAS GIROLANDO MANTIDAS EM DIFERENTES AMBIENTES NA PÓS-ORDENHA

RESUMO: A termografia infravermelha é uma ferramenta inovadora que vem sendo utilizada em estresse térmico, termorregulação, comportamento e diagnóstico de doenças. Este estudo objetivou avaliar a influência de diferentes ambientes na pós-ordenha sobre a fisiologia e termografia de superfície corporal em vacas Girolandas. O experimento foi realizado na Fazenda Pró-Campo Piracanjuba, em Bela Vista de Goiás-GO. Foi utilizado delineamento em quadrado latino, com 4 tratamentos e 4 períodos experimentais, com 4 animais por tratamento, totalizando 16 repetições. Os tratamentos foram diferentes ambientes na pós-ordenha: S: sombreamento; S+V: sombreamento + ventilação; S+V+D: sombreamento+ ventilação+ ducha e SRAE: sistema de resfriamento adiabático evaporativo. Foram mensuradas as variáveis fisiológicas: frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR) e temperatura de superfície corporal (TSC). Os dados foram submetidos a análise de variância, pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância. Foram observadas diferenças significativas para as variáveis estudadas ($P < 0,05$). O SRAE foi mais eficiente em baixar a FR em 10,7°C, enquanto o S apresentou as maiores médias de FR, demonstrando o uso dos meios de termorregulação do animal em tentar perder calor. A TR apresentou comportamento similar, em que maiores valores foram encontrados no ambiente S. Também a TSC apresentou os menores valores para o SRAE, demonstrando ser este sistema uma eficiente tecnologia para diminuição do estresse térmico em vacas em lactação.

Palavras-chave: bovinos de leite, conforto térmico, climatização, infravermelho, lactação

THERMOGRAPHY AND PHYSIOLOGY OF STRESS IN GIROLANDO COWS KEPT IN DIFFERENT POST-MILKING ENVIRONMENTS

ABSTRACT: The infrared thermography is an innovative tool that has been used in thermal stress, thermoregulation, behavior and diagnosis of diseases. This study aimed to evaluate the influence of different post-milking environments on physiology and body surface thermography in Girolandas cows. The experiment was carried out at the Pró-Campo Piracanjuba Farm, in Bela Vista de Goiás-GO. The Latin square design was used, with 4 treatments and 4 experimental periods, with 4 animals per treatment, totaling 16 repetitions. The treatments were different post-milking environments: S: shading; S+V: shading + venting; S+V+D: shading + ventilation + shower and AECS - Adiabatic Evaporative Cooling System. Physiological variables were measured: respiratory rate (RR), rectal temperature (RT) and body surface temperature (BST). The data were submitted to the analysis of variance by the F test, and the means were compared by the Tukey test, at 5% significance. Significant differences were observed for the variables studied ($P < 0.05$). The AESC was more efficient in lowering the RR at 10.7°C while the S presented the highest means of RR, demonstrating the use of the animal's thermoregulation means in trying to lose heat. The RT presented similar behavior, in which higher values were found in the S environment. The BST also presented the lowest values for AESC, demonstrating that this system is an efficient technology for reducing thermal stress in lactating cows.

Keywords: dairy cattle, thermal comfort, air conditioning, infrared, lactation

4.1 INTRODUÇÃO

Na bovinocultura leiteira, a exposição às altas temperaturas e elevada radiação solar, tanto em sistemas semi-intensivos como intensivos, pode ocasionar o estresse térmico, fato que vem se tornando limitante na produção de leite (PIRES et al., 2010).

Como forma de avaliação do estresse térmico torna-se necessário o desenvolvimento de técnicas de diagnóstico precisas, rápidas e de fácil aplicação. Os indicadores mais utilizados atualmente são as respostas fisiológicas dos animais, como a frequência respiratória, temperatura real e, mais recentemente as temperaturas de superfície corporal (FERREIRA et al., 2006).

Visualmente, a frequência respiratória é o primeiro sinal visível de que o animal se encontra em estresse pelo calor, sendo uma variável de fácil monitoramento realizada apenas de forma visual, além de possuir alta correlação com temperatura do ar (BROWN-BRANDL et al., 2005).

A temperatura retal também é utilizada como forma de avaliação do estresse, pois auxilia o animal na manutenção do equilíbrio calórico, entretanto, ocorrem oscilações nos seus valores devido a fatores como à hora do dia, velocidade do vento, estação do ano, idade, raça e atividade física (REZENDE et al., 2016).

Essa variável expressa à quantidade de calor acumulada pelas vacas durante um período, sendo que, quanto maior o estresse sofrido pelos animais, maiores valores serão encontrados de temperatura retal (MARTELLO, 2004).

Por outro lado a termografia infravermelha é um método não invasivo, que permite determinar a temperatura superficial dos animais sem a necessidade de contenção (ALTOÉ e OLIVEIRA FILHO, 2012). Além da rapidez na mensuração, outra vantagem desta técnica é que não existe o contato físico com o animal, dispensando o uso de sedativos e podendo ser realizada à distância (CILULKO et al., 2013).

A termografia possibilita a medição da radiação térmica que caracteriza a temperatura de um corpo ou ambiente, e a formação de imagens termográficas a partir da radiação infravermelha (ROBERTO et al., 2014).

Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes sistemas de climatização na área de alimentação pós-ordenha sobre as variáveis fisiológicas: frequência respiratória e temperatura retal, bem como sobre as temperaturas de superfície corporal de vacas mestiças Girolando em lactação.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Piracanjuba Pró-Campo, localizada na GO-020, Km 48, Zona Rural do município de Bela Vista de Goiás-GO. A propriedade se situa na latitude 16°58'22'' oeste, e altitude de 803 metros, com classificação climática Aw (Tropical úmido, com verão chuvoso e inverno seco), com temperatura média anual é 23,1°C e pluviosidade média anual de 1.355 mm, segundo a classificação climática de Köppen (CLIMATE, 2019). O experimento foi realizado nos meses de outubro a dezembro de 2018, com duração total de 56 dias.

O experimento foi disposto em delineamento em quadrado latino 4x4, com 4 tratamentos e 4 períodos experimentais, com 4 animais por tratamento, totalizando 16 repetições. Os quatro tratamentos foram instalados na área de alimentação alocados lado a lado. Os animais foram distribuídos aleatoriamente nos quatro grupos experimentais (SILVA, 2015), sendo identificados por brincos e colares de cores distintas por grupo. O tratamento 1 foi caracterizado por sombreamento de telhado de zinco, o tratamento 2 era composto por telhado de zinco com ventilação artificial, tratamento 3 sombreamento por telhado de zinco com ventilação artificial e ducha após a saída da ordenha, tratamento 4 sombreamento por telhado de zinco com utilização do sistema de resfriamento adiabático evaporativo (ventilação e aspersão) conforme demonstrado:

- 1 - S – Sombreamento por telhado de zinco (Testemunha);
- 2 - S+V - Sombreamento por telhado de zinco + Ventilação;
- 3 - S+V+D – Sombreamento por telhado de zinco + Ventilação + Ducha;
- 4 - SRAE - Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo (ventilação + aspersão).

O quadro 2 apresenta a rotação dos tratamentos e grupos de animais, no delineamento em Quadrado latino 4x4, para os respectivos períodos.

Tratamentos (ambientes)	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
GRUPO 1	S+V	S	SRAE	S+V+D
GRUPO 2	S+V+D	S+V	S	SRAE
GRUPO 3	SRAE	S+V+D	S+V	S
GRUPO 4	S	SRAE	S+V+D	S+V

Quadro 2 - Esquema do delineamento estatístico utilizado no experimento em quadrado latino.

Cada período teve duração de 14 dias, sendo os primeiros 7 dias destinados à adaptação dos animais aos tratamentos, conforme Perissinoto (2007), e os 7 dias posteriores usados para a coleta dos dados. As coletas das variáveis foram realizadas após a ordenha dos animais, realizada no período matutino entre 04h00-06h00 e 14h00-16h00 no período vespertino, as coletas entretanto foram realizadas no horário da manhã entre 06h00-07h00 da manhã e 16h00-17h00 da tarde.

O experimento foi instalado em galpão constituído de Metalon, piso de concreto e telhado de zinco, com pé-direito de quatro metros. Cada ambiente estudado teve uma dimensão de 4,5x4,0, totalizando 18 m², sendo 4,5 m² animal.

Para o sistema de ventilação foram utilizados seis ventiladores, sendo 2 por tratamento (S+V, S+V+D e SRAE) modelo Aero®, equipados com motor trifásico de ½ cv, com diâmetro de 1,0 m, 1130 rpm, com capacidade para produzir movimentação de ar de até 4 m s⁻¹, com distanciamento de 0,75m entre eles, montados a 3 m de altura e com angulação de 40° em relação ao piso.

A ducha foi instalada na saída da ordenha, no pé de lúvio, sendo composta por cano de PVC de meia polegada, contendo 20 furos de 0,8 mm, totalizando uma vazão de 42 L hora⁻¹, com alcance de 1 metro, abastecida por gravidade.

O SRAE foi composto por uma linha com dois bicos de aspersão, modelo canzil, com vazão de 60 L hora⁻¹, com alcance aproximado de 2 metros, distanciamento entre bicos de um metro, sendo abastecidos por gravidade. Os aspersores foram instalados a uma altura de dois metros, direcionado aos animais. Em conjunto, foi montado o sistema de ventilação, composto por 2 ventiladores, modelo Aero®.

Foram utilizadas 16 vacas Girolando em confinamento do modelo compost barn em lactação, com peso médio de 500 kg. Os animais eram criados em sistemas intensivo, alojados em instalação do tipo *Compost Barn*. A alimentação era composta por silagem de grãos úmidos de milho, concentrado a base de farelo de soja e suplementação mineral, sendo a quantidade fornecida com base no nível de produção e fase de lactação das vacas.

A separação dos grupos foi realizada conforme o nível da produção e pelo DEL (dias em lactação) do animal.

O sistema da ordenha da propriedade era mecanizado, classificada como ordenha de linha baixa com seis conjuntos, modelo espinha de peixe, com um fosso central. Estabeleceu-se que a climatização seria acionada quando a temperatura do ar ou temperatura de bulbo seco se apresentasse maior que 26°C, que é o valor da temperatura crítica superior de uma vaca em lactação, de acordo Perissinoto e Moura (2007).

Dessa forma, o sistema de climatização foi acionado somente na ordenha da tarde. Dentro de cada período, os grupos de animais de cada tratamento, eram encaminhados a ordenha, separados no curral de espera, ordenhados e, em seguida, encaminhados aos respectivos tratamentos, nos quais permaneciam por 30 minutos em climatização, sendo posteriormente, encaminhados para o galpão *Compost Barn*.

Para a análise das respostas fisiológicas dos animais, foram coletadas: a temperatura retal (TR, °C) e a frequência respiratória (FR, mov min⁻¹), na pós-ordenha da manhã (entre as 06h00-07h00) e pós-ordenha da tarde (entre 16h00-17h00), em todos os animais do experimento. Os dados foram mensurados após a climatização na área de alimentação, de maneira ordenada, sendo primeiramente a frequência respiratória e em seguida, a temperatura retal.

A frequência respiratória foi coletada pela observação e contagem da movimentação do flanco durante 30 segundos, sendo posteriormente multiplicados por dois, para serem expressos em mov min⁻¹, conforme Figura 4.



FIGURA 4- Procedimento para coleta da frequência respiratória.

A temperatura retal foi coletada com um termômetro clínico veterinário digital, da marca BRASMED®, introduzido diretamente na mucosa retal, com leitura após a estabilização (15 a 20 segundos) (Figura 5).



FIGURA 5- Coleta da temperatura retal com termômetro clínico digital.

As temperaturas superficiais corporais (TSC) das vacas foram mensuradas por imagens termográficas, nos mesmos dias e horários das variáveis fisiológicas e ambientais. Foi utilizada uma câmera termográfica modelo FLIR TR420. As imagens foram registradas do lado esquerdo dos animais, a uma distância média de 5 metros. Cada vaca foi fotografada três vezes e feito uma média (Figura 6).

As temperaturas superficiais foram verificadas em seis pontos (cabeça, pescoço, dorso, garupa, úbere e canela), sendo posteriormente, calculada a temperatura superficial média (TSM), sendo a média aritmética dos cinco pontos coletados. As imagens termográficas foram analisadas pelo programa computacional FLIR QuickReport®. Os valores de emissividade foram ajustados para 0,98, conforme (MONTANHOLI et al., 2009), ajustando também as temperaturas do ambiente, nos horários de registro das imagens.



FIGURA 6 - Procedimento para a coleta das imagens termográficas.

Os dados foram submetidos à análise de variância, tendo sido verificado como premissas a homogeneidade das variâncias e normalidade dos resíduos. Foi aplicado o teste F e, quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os dados foram analisados pelo software Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2014).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observadas diferenças significativas para as variáveis fisiológicas, FR e TR, bem como para as TS das diferentes regiões do corpo avaliadas ($P < 0,05$). Para a FR se observaram valores decrescentes em relação aos ambientes S, S+V, S+V+D e SRAE, reportando aos valores de 56, 50,45 e 39 mov min^{-1} , respectivamente. A TR apresentou comportamento distinto, diferindo entre os ambientes S ($38,1^{\circ}\text{C}$) e SRAE ($37,7^{\circ}\text{C}$), ficando os demais ambientes com valores intermediários, em média $37,9^{\circ}\text{C}$. Para as TSM das diferentes regiões do corpo, o SRAE foi o que apresentou as menores médias, ficando os demais ambientes com valores próximos. Na Tabela 6 se encontram os resultados da frequência respiratória, temperatura retal e temperaturas superficiais avaliados no período da ordenha da manhã.

TABELA 6– Médias da frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR), Temperaturas superficiais (TS) de cabeça, pescoço, dorso, garupa, úbere, canela e TSM, nos diferentes ambientes para a ordenha da manhã, com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.

Variáveis	Tratamentos				C.V. (%)	Prob. F
	S	S+V	S+V+D	SRAE		
FR(mov min^{-1})	55,9 a	49,7 b	44,6 c	39,0 d	18,3	0,0001
TR ($^{\circ}\text{C}$)	38,1 a	37,9 b	37,9 bc	37,7 c	1,1	0,0001
TS cabeça ($^{\circ}\text{C}$)	33,2 a	33,2 a	33,0 a	31,9 b	4,8	0,0001
TS pescoço ($^{\circ}\text{C}$)	34,1 a	34,1 a	34,1 a	32,4 b	3,4	0,0001
TS dorso ($^{\circ}\text{C}$)	33,7 a	33,5 a	33,5 a	30,4 b	5,7	0,0001
TS garupa ($^{\circ}\text{C}$)	34,0 a	33,8 a	33,9 a	30,4 b	5,5	0,0001
TS úbere ($^{\circ}\text{C}$)	34,9 a	34,8 a	34,9 a	34,0 b	3,2	0,0001
TS canela ($^{\circ}\text{C}$)	31,9 a	31,7 a	32,0 a	30,0 b	4,5	0,0001
TSM ($^{\circ}\text{C}$)	33,6 a	33,5 a	33,6 a	31,2 b	5,7	0,0001

S – Sombreamento; S+V – Sombreamento + ventilação; S+V+D – Sombreamento + ventilação + ducha; SRAE– Sistema de resfriamento adiabático evaporativo.

Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

O SRAE foi capaz de reduzir a FR em 10,7 movimentos por minuto, comparados aos animais do ambiente S. Entretanto, todos os valores observados nos diferentes ambientes se encontram abaixo da FR considerada como estressante apresentado média abaixo de 60 mov min^{-1} (HAHN e MADER, 1997).

Quanto maior o nível tecnológico de climatização, mais eficiente foi à redução da FR. Resultados semelhantes foram encontrados por Schutz et al. (2011) os quais, observando a frequência respiratória de animais que tinham acesso a chuveiros, verificaram redução na frequência respiratória de 66%. Almeida et al. (2010), também relataram uma redução de 61,5 mov min⁻¹ para 35,3 mov min⁻¹, através de climatização por nebulização em sala de espera na primavera.

Silva e Passini (2017), avaliando diferentes sistemas de climatização na pré-ordenha em vacas mestiças Girolando, relatam valores de FR na sala de espera da ordenha de 63,6 mov min⁻¹ no ambiente sombra e 33,7 mov min⁻¹ no ambiente com o sistema de resfriamento adiabático evaporativo, reportando uma diminuição em 29,9 movimentos por minuto.

A TR apresentou os menores valores no ambiente SRAE, com média de 37,7°C. Segundo Martello (2004), em todos os ambientes avaliados, a TR se manteve na faixa considerada como ausência de estresse para bovinos com mais de um ano de idade (39,5 °C).

De acordo com Vilela et al.(2013), os valores de TR podem ser ainda influenciados pelo nível metabólico, atividades físicas e comportamentais.

Azevedo et al. (2008), avaliando bovinos sem raça definida (SRD), reportaram que, mesmo sendo mantidos em temperaturas acima da zona de termoneutralidade para a espécie bovina, a temperatura retal dos animais se manteve dentro da faixa de normalidade, independente dos períodos do ano, sexo, idade e horários do dia, demonstrando a alta adaptabilidade dos animais mestiços ou cruzados .

Em relação à temperatura média de superfície corporal (TSM), em todos os pontos avaliados, maior temperatura registrada foi 33,6 °C no ambiente S e a menor 31,2 °C para o SRAE demonstrando a eficiência da utilização do SRAE em retirar o excesso de calor corporal. No período da manhã, existe um maior gradiente entre a temperatura do ar e a temperatura corporal do animal, facilitando as trocas térmicas pelos processos convectivos (BACARRI JUNIOR, 2001).

De acordo com Martello et al. (2004), valores de temperatura superficial para bovinos entre valores de 31,6 a 34,7 °C não indicam valores de estresse térmico animal. Apesar dos animais estudados serem mestiços e apresentarem a pelagem e pele de cor escura, os valores se encontram dentro do aceitável.

O sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) proporcionou diminuição de 2,4 °C na TMS em relação ao ambiente S. Trabalho realizado por Collier et al. (2006) encontrou valores semelhantes, citando que quando instalados ventiladores e aspersores no curral de espera de bovinos leiteiros ocorreu diminuição de 1,95 °C na temperatura corporal.

A figura 7 demonstra resultados das imagens termográficas nos diferentes tratamentos.

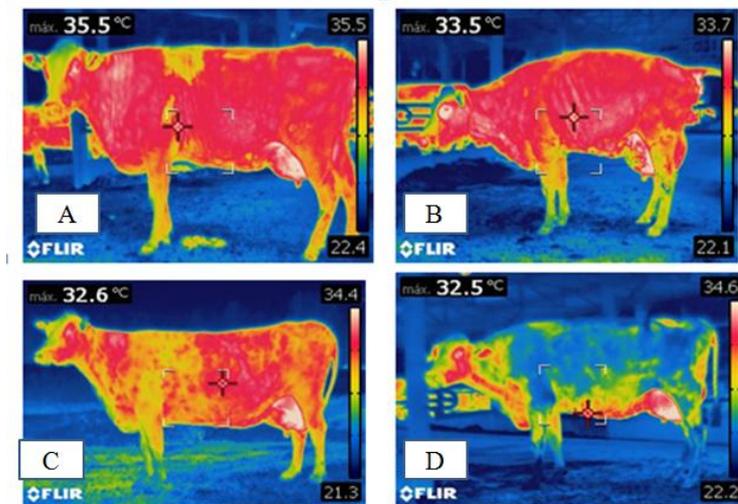


FIGURA 7 – Imagens termográficas dos diferentes tratamentos na pós-ordenha: (A) Sombreamento; (B) Sombreamento+ventilação; (C) Sombreamento+ventilação+ducha e (D) Sistema de resfriamento adiabático evaporativo.

Para o período da ordenha da tarde, foram observadas diferenças estatísticas significativas para as variáveis fisiológicas entre os diferentes ambientes ($P < 0,05$). Para a FR se observaram valores decrescentes em relação aos ambientes S, S+V, S+V+D e SRAE, reportando aos valores de 68, 58, 52 e 41 mov min^{-1} , respectivamente.

A TR apresentou comportamento distinto, não diferindo entre os ambientes S e S+V (média $38,4^{\circ}\text{C}$), seguido do ambiente S+V+D ($38,2^{\circ}\text{C}$), ficando o SRAE com a menor média ($37,9^{\circ}\text{C}$). Para as TSM das diferentes regiões do corpo, o SRAE foi o que apresentou as menores médias, os demais não diferiram entre si. Na Tabela 7 se encontram os resultados da frequência respiratória, temperatura retal e temperaturas superficiais avaliados no período da ordenha da tarde.

TABELA 7–Médias da frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR), Temperaturas superficiais (TS) de cabeça, pescoço, dorso, garupa, úbere, canela e TSM, nos diferentes ambientes para a ordenha da tarde, com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.

Variáveis	Tratamentos				C.V. (%)	Prob. F
	S	S+V	S+V+D	SRAE		
FR	67,75 a	57,68 b	52,04 c	41,25 d	20,98	0,0001
TR	38,48 a	38,36 a	38,20 b	37,94 c	1,18	0,0001
TS cabeça	35,05 a	35,00 a	34,87 a	33,98 b	5,17	0,0001
TSpescoço	35,50 a	35,44 a	35,38 a	33,29 b	4,88	0,0001
TSdorso	35,20 a	35,12 a	34,94 a	31,42 b	6,52	0,0001
TSgarupa	35,27 a	35,28 a	35,21 a	32,12 b	6,20	0,0001
TSúbere	36,35 a	36,22 a	36,24 a	35,11 b	3,57	0,0001
TScanela	33,81 a	33,82 a	33,60 a	31,25 b	6,40	0,0001
TSM	35,20 a	35,15 a	35,04 a	32,86 b	4,68	0,0001

S – Sombreamento; S+V – Sombreamento + ventilação; S+V+D – Sombreamento + ventilação + ducha; SRAE – Sistema de resfriamento adiabático evaporativo.

Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

O uso do SRAE foi capaz de diminuir a FR em 26,5 mov min⁻¹ comparado ao ambiente S. Os valores médios de FR foram decrescentes, conforme o nível tecnológico de climatização se intensificava. Apenas o tratamento S apresentou médias de FR acima de 60 mov min⁻¹, valor indicativo de estresse calórico, havendo a necessidade de melhoria estrutural neste ambiente de criação pós-ordenha.

Os tratamentos S+V, S+V+D e SRAE apresentaram resultados semelhantes aos encontrados por Perissinotto (2003), que não observou estresse térmico com valores médios de FR por volta de 55 mov min⁻¹ para vacas submetidas à climatização.

Almeida et al. (2010), trabalhando com vacas em lactação Girolando, relataram uma redução de 61,5 mov min⁻¹ para 35,3 mov min⁻¹ com uso de climatização por nebulização, em sala de espera.

Para a TR, o menor valor foi encontrado no SRAE, reduzindo 0,5°C comparado ao ambiente S, comprovando a eficácia desse sistema para atenuar os efeitos do estresse calórico, pois, a TR é o principal indicador do calor produzido pelo metabolismo do animal. Entretanto, em todos os ambientes, os valores de TR se mantiveram dentro da faixa de termoneutralidade, ou seja, valores abaixo de 39,5°C (MARTELLO et al., 2004; DUPREEZ 2000).

A temperatura retal é o segundo mecanismo ativado em situações de estresse térmico, sendo o primeiro a frequência respiratória. Como a frequência respiratória apresentou, para todos os ambientes estudados, valores baixos, não houve a elevação da TR dos animais.

Evidencia-se maiores valores de temperatura retal no período da tarde, em relação à ordenha da manhã. Medeiros et al. (2007) reportam que, pelo fato da temperatura do ar no período da tarde ser mais elevada, também a temperatura retal dos animais se eleva nesse período do dia.

Em estudo realizado por Pinheiro et al. (2005) foi observada redução na temperatura retal de 0,52°C, valores próximos do trabalho de 0,54°C, para animais submetidos a aspersão e ventilação, comparados àqueles mantidos apenas em a área sombreada.

Vilela et al. (2013) encontraram valores parecidos, utilizando 20 vacas Holandesas mantidas em SRAE e sem sistema de climatização, reportaram valores de 38,1°C e 38,2 °C, respectivamente, indicando ausência de estresse térmico por calor.

Em relação às TSM, menor temperatura superficial média foi de 32,9 °C no tratamento SRAE, demonstrando a eficiência de se aliar a ventilação com a aspersão, eficientemente comprovados em diminuir a temperatura média de superfícies de vacas leiteiras.

Os tratamentos S, S+V, e S+V+D não foram eficientes em baixar temperatura do pelame, e apresentaram temperaturas acima do ideal (34,7 °C) caracterizando possível estresse às vacas no período da tarde (MARTELO et al., 2004).

4.4 CONCLUSÕES

No período da tarde a média da frequência respiratória dos animais no ambiente apenas sombreado esteve acima do considerado ideal para vacas leiteiras, demonstrando sinal visível de estresse térmico e necessidade de melhorias estruturais afim de favorecer o bem estar animal.

O SRAE foi o mais eficiente em reduzir os valores de frequência respiratória, temperatura retal e temperaturas superficiais médias, e das diferentes regiões do corpo, como cabeça, pescoço, dorso, garupa, úbere e canela das vacas em lactação.

4.5 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G.L.P.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; ALMEIDA, G.A.P.; MORRIL, W.B.B. Investimento em climatização na pré-ordenha de vacas girolando e seus efeitos na produção de leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.12, p.1337–1344, 2010.
- AZEVEDO, D. M. M. R.; ALVES, A. A.; FEITOSA, F. S.; et al. Adaptabilidade de bovinos da raça Pé-Duro às condições climáticas do semiárido do estado do Piauí. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v.57, p.513-523, 2008.
- BACCARI JUNIOR, F. **Manejo ambiental de vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2001. 142p.
- BROWN-BRANDL, T.M.; EIGENBERG, R.A.; NIENABER, J.A.; HAHN, G.L. Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle, part 1: analyses of indicators. **Biosystem Engineering**, Londres, v.90, n.4, p.451-462, 2005.
- COLLIER, R.J.G.E.; DAHL, AND M.J.; VAN BAAL. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.89, n.2, p.1244-1253, 2006.
- CLIMATE, DATA.ORG. **Clima Bela Vista de Goiás**. 2018. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/43439/>>. Acesso em: 18 jun. 2018.
- DINIZ T.A.; CARVALHO, C.C.S.; FERREIRA, H.C.; CASTRO, A.L.O.; PEREIRA, K.C.B.; GONCALVES, M.C.M.; SOARES, T.E.; MENEZES, J.C. Vacas F1 Holandês x Zebu no terço final de gestação apresentam adaptação fisiológica quando criadas no ambiente semiárido. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.16, n.1, p.70-75, 2017.
- DUPREEZ, J.H. Parameters for the determination and evaluation of heat stress in dairy cattle in South Africa. **Onder Stepoot Journal Veterinary Research**, Durbanville, v.67, n.4, p.263-271, 2000.
- FAÇANHA, D.A.E.; FERREIRA, J.B.; LEITE, J.H.G.M, GUILHERMINO, M.M.; VASCONCELOS, A.M.; COSTA, W.P. Produção de leite e respostas fisiológicas de vacas da raça Holandesa em ambiente quente. **Acta Veterinária Brasileira**, São Paulo, v.10, n.1, p.208-215, 2016.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2014.
- FERREIRA, F.; PIRES, M. F. A.; MARTINEZ, M. L.; COELHO, S.G.; CARVALHO, A.U.; FERREIRA, P.M.; FACURY FILHO, E.J.; CAMPOS, W.E. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.58, n.5, p.732-738, 2006.
- GADE, R.; MOESLUND, T. B. Thermal cameras and applications: a survey. **Machine Vision and Applications**, Brussels, v.25, n.1, p.245-262, 2014.
- MARTELLO, L.S.; SAVASTANO JUNIOR, H.; SILVA, S. L.; TITTO, E. A. L. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.1p.181-191, 2004.

MEDEIROS, L. F. D.; VIEIRA, D. H.; OLIVEIRA, C. A. Avaliação de parâmetros fisiológicos de caprinos SPRD (sem padrão racial definido) pretos e brancos de diferentes idades, à sombra, no município do Rio de Janeiro, RJ. **Revista Brasileira da Indústria Animal**, Rio de Janeiro, v.64, n.4, p.277-287, 2007.

MONTANHOLI, Y.R.; SWANSON, K.C.; SCHENKEL, F.S.; MCBRIDE, B.W.; CALDWELL, T.R.; MILLER, S.P. On the determination of residual feed intake and associations of infrared thermography with efficiency and ultrasound traits in beef bulls. **Livestock Science**, Amsterdam, v.125, n.1, p.22-30, 2009.

PERISSINOTO, M. **Sistema inteligente aplicado ao acionamento do sistema de climatização em instalações para bovinos leiteiros**. 2007. 168p. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.

PERISSINOTO, M. **Sistemas de climatização em galpões tipo “freestall” para confinamento de gado leiteiro**. 2003. 140p. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D.J.; SILVA I.J.O.; MATARAZZO, S.V. Influência do ambiente na ingestão de água por vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.1, p.289-294, 2005.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Campinas, v.1, n.2, p.117-126, 2007.

PINHEIRO, M.G.; NOGUEIRA, J.R.; LIMA, M.L.P.; LEME, P.R.; MACARI, M.; NÄÄS, I.A.; LALONI, L.A.; TITTO, E.A.L.; PEREIRA, A.F. Efeito do ambiente pré-ordenha (sala de espera) sobre a temperatura da pele, a temperatura retal e a produção de leite de bovinos da raça Jersey. **Revista Portuguesa de Zootecnia**, Lisboa, v.12, n.2, p.37-43, 2005.

PIRES, M.F.Á.; PACIULLO, D.S.C.; PIRES, J.A.A. Conforto animal no sistema integração lavoura-pecuária-floresta. **Informe Agropecuário**, Minas Gerais, v.31, n.1, p.91-98, 2010.

REZENDE, S.R.; MUNHOZ, S.K.; NASCIMENTO, M.R.B.M.; GUIMARÃES, J.L.N. Características de termorregulação em vacas leiteiras em ambiente tropical: revisão. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v.21, n.1, p.18-29, 2016.

SCHÜTZ, K.E.; ROGERS, A.R.; COX, N.R.; WEBSTER, J.R.; TUCKER, C.B. Dairy cattle prefer shade over sprinklers: effects on behavior and physiology. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.94, n.1, p.273-283, 2011.

SILVA, L.C.M. **Avaliação dos benefícios da adoção de boas práticas de manejo no bem estar de bezerros leiteiros**. 2015. 99p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015.

VILELA, R.A.; LEME, T.M.C.; TITTO, C.G.; NETO, P.F.; PEREIRA, A.M.F.; BALIEIRO, J.C.C.; TITTO, E.A.L. Respostas fisiológicas e comportamentais de vacas holandesas mantidas em sistema adiabático evaporativo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v.33, n.11, p.1379-1384, 2013.

5. CAPÍTULOS IV– SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO NA PÓS-ORDENHA E SEUS EFEITOS NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO LEITE DE VACAS GIROLANDO

RESUMO: São muitos os fatores que contribuem para o aumento dos efeitos do estresse térmico na criação de vacas leiteiras, como o sistema de produção, instalações, raças e produtividade. Neste sentido este trabalho teve por objetivo avaliar a influência de diferentes ambientes pós-ordenha sobre a produção e qualidade do leite de vacas Girolandas criadas em sistema intensivo. O experimento foi realizado na Fazenda Pró-Campo Piracanjuba, em Bela Vista de Goiás-GO. Foi utilizado delineamento em quadrado latino, com 4 tratamentos e 4 períodos experimentais, com 4 animais por tratamento, totalizando 16 repetições. Os tratamentos foram diferentes ambientes na pós-ordenha: S: sombreamento; S+V: sombreamento + ventilação; S+V+D: sombreamento+ ventilação+ ducha e SRAE: sistema de resfriamento adiabático evaporativo (ventilação + aspersão). Foram mensuradas a produção de leite e a qualidade do leite produzido, quanto à composição. Os dados foram submetidos a análise de variância, pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância. O SRAE causou melhorias na produção leiteira na ordenha da manhã e na produção total ($P < 0,05$), apresentando os maiores índices de produção. As variáveis proteína, lactose e gordura do leite não diferiram estatisticamente entre ambientes avaliados ($P > 0,05$).

Palavras-chave: bovinos leiteiros, estresse térmico, produção de leite, SRAE

POST-MILKING COOLING SYSTEM AND ITS EFFECTS ON THE PRODUCTIVITY AND MILK QUALITY OF GIROLANDA COWS

ABSTRACT: Many factors have contributed to the increase of the effects of thermal stress in the breeding of dairy cows such as the production system, facilities, breeds and productivity. In this sense, this work aimed to evaluate the influence of different post-milking environments on the production and quality of milk from Girolanda cows raised in intensive systems. The experiment was carried out at the Pró-Campo Piracanjuba Farm, in Bela Vista de Goiás-GO. The Latin square design was used, with 4 treatments and 4 experimental periods, with 4 animals per treatment, totaling 16 repetitions. The treatments were different post-milking environments: S: shading; S+V: shading + ventilation; S+V+D: shading + ventilation + shower and AECS - Adiabatic Evaporative Cooling System (ventilation + spraying). The milk production and the quality of milk produced were measured, as to the composition. The data were submitted to the analysis of variance, by the F test, and the means compared by the Tukey's test, at 5% significance. The AECS caused improvements in milk production in the morning milking and in total production ($P < 0.05$), presenting the highest production rates. The protein, lactose and milk fat variables did not differ statistically between evaluated environments ($P > 0.05$).

Keywords: dairy cattle, thermal stress, milk production, SARS

5.1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos tempos o melhoramento genético visa melhorar a produção dos bovinos leiteiros, no entanto, quanto maior o nível produtivo maior é o calor metabólico resultante e conseqüentemente o animal se torna mais predisposto ao estresse térmico (RICCI et al., 2013).

No Brasil por se tratar de um país tropical com temperaturas médias do ar entre 20° C e 32° C em boa parte do ano, chegando a temperaturas de 35°C a 38°C, reportam a condições climáticas desafiadoras para a atividade leiteira, como as elevadas temperaturas e radiação solar (REZENDE et al., 2016).

O estresse térmico ocasiona uma série de desequilíbrios fisiológicos, causando aumento nos requerimentos de energia líquida para manutenção, afim de o animal conseguir minimizar o estresse térmico em que se encontra. Este desequilíbrio provoca diminuição da energia disponível para produção (TOSETTO, 2014).

Vacas de alta produção necessitam de instalações que ofereçam climas mais amenos, para que favoreça o aumento da produtividade leiteira e manutenção dos aspectos qualitativos do leite (ALMEIDA et al., 2011).

As temperaturas elevadas ocasionam desconforto térmico, provocando diminuição no consumo de alimentos e por sua vez, redução da produção leiteira, devido aos maiores gastos energéticos com a manutenção da homeotermia (RODRIGUES et al., 2010).

Em condição de estresse térmico ocorre a liberação de adrenalina, que por sua vez diminui o estímulo da ejeção do leite na ordenha, por ser antagônica à ocitocina, hormônio responsável pela liberação do leite, ocorrendo diminuição na produção total e mudanças na composição nutricional do leite (CERUTTI et al., 2013).

A redução do consumo alimentar associada às mudanças hormonais relacionadas ao metabolismo dos nutrientes, impactam negativamente o metabolismo da glândula mamária e a composição do leite (ARCARO JUNIOR et al., 2003).

Desta forma, este estudo teve como objetivo verificar a influência de diferentes sistemas de climatização na área de alimentação, sobre a produtividade e qualidade do leite de animais mestiços Girolando.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Piracanjuba Pró-Campo, localizada na GO-020, Km 48, Zona Rural do município de Bela Vista de Goiás-GO. A propriedade se situa na latitude 16°58'22'' oeste, e altitude de 803 metros, com classificação climática Aw (Tropical úmido, com verão chuvoso e inverno seco), com temperatura média anual é 23,1°C e pluviosidade média anual de 1.355 mm, segundo a classificação climática de Köppen (CLIMATE, 2019). O experimento foi realizado nos meses de outubro a dezembro de 2018, com duração total de 56 dias.

O experimento foi disposto em delineamento em quadrado latino 4x4, com 4 tratamentos e 4 períodos experimentais, com 4 animais por tratamento, totalizando 16 repetições. Os quatro tratamentos foram instalados na área de alimentação alocados lado a lado. Os animais foram distribuídos aleatoriamente nos quatro grupos experimentais (SILVA, 2015), sendo identificados por brincos e colares de cores distintas por grupo. O tratamento 1 foi caracterizado por sombreamento de telhado de zinco, o tratamento 2 era composto por telhado de zinco com ventilação artificial, tratamento 3 sombreamento por telhado de zinco com ventilação artificial e ducha após a saída da ordenha, tratamento 4 sombreamento por telhado de zinco com utilização do sistema de resfriamento adiabático evaporativo (ventilação e aspersão) conforme demonstrado:

- 1 - S – Sombreamento por telhado de zinco (Testemunha);
- 2 - S+V - Sombreamento por telhado de zinco + Ventilação;
- 3 - S+V+D – Sombreamento por telhado de zinco + Ventilação + Ducha;
- 4 - SRAE - Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo (ventilação + aspersão).

O quadro 3 apresenta a rotação dos tratamentos e grupos de animais, no delineamento em Quadrado latino 4x4, para os respectivos períodos.

Tratamentos (ambientes)	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
GRUPO 1	S+V	S	SRAE	S+V+D
GRUPO 2	S+V+D	S+V	S	SRAE
GRUPO 3	SRAE	S+V+D	S+V	S
GRUPO 4	S	SRAE	S+V+D	S+V

Quadro 3 - Esquema do delineamento estatístico utilizado no experimento em quadrado latino.

Cada período teve duração de 14 dias, sendo os primeiros 7 dias destinados à adaptação dos animais aos tratamentos, conforme Perissinoto (2007), e os 7 dias posteriores usados para a coleta dos dados. As coletas das variáveis foram realizadas após a ordenha dos animais, realizada no período matutino entre 04h00-06h00 e 14h00-16h00 no período vespertino, as coletas entretanto foram realizadas no horário da manhã entre 06h00-07h00 da manhã e 16h00-17h00 da tarde.

O experimento foi instalado em galpão constituído de Metalon, piso de concreto e telhado de zinco, com pé-direito de quatro metros. Cada ambiente estudado teve uma dimensão de 4,5x4,0, totalizando 18 m², sendo 4,5 m² animal.

Para o sistema de ventilação foram utilizados seis ventiladores, sendo 2 por tratamento (S+V, S+V+D e SRAE) modelo Aero®, equipados com motor trifásico de ½ cv, com diâmetro de 1,0 m, 1130 rpm, com capacidade para produzir movimentação de ar de até 4 m s⁻¹, com distanciamento de 0,75m entre eles, montados a 3 m de altura e com angulação de 40° em relação ao piso.

A ducha foi instalada na saída da ordenha, no pé de lúvio, sendo composta por cano de PVC de meia polegada, contendo 20 furos de 0,8 mm, totalizando uma vazão de 42 L hora⁻¹, com alcance de 1 metro, abastecida por gravidade.

O SRAE foi composto por uma linha com dois bicos de aspersão, modelo canzil, com vazão de 60 L hora⁻¹, com alcance aproximado de 2 metros, distanciamento entre bicos de um metro, sendo abastecidos por gravidade. Os aspersores foram instalados a uma altura de dois metros, direcionado aos animais. Em conjunto, foi montado o sistema de ventilação, composto por 2 ventiladores, modelo Aero®.

Foram utilizadas 16 vacas Girolando em confinamento do modelo compost barn em lactação, com peso médio de 500 kg. Os animais eram criados em sistemas intensivo, alojados em instalação do tipo *Compost Barn*. A alimentação era composta por silagem de grãos úmidos de milho, concentrado a base de farelo de soja e suplementação mineral, sendo a quantidade fornecida com base no nível de produção e fase de lactação das vacas.

A separação dos grupos foi realizada conforme o nível da produção e pelo DEL (dias em lactação) do animal.

O sistema da ordenha da propriedade era mecanizado, classificada como ordenha de linha baixa com seis conjuntos, modelo espinha de peixe, com um fosso central. Estabeleceu-se que a climatização seria acionada quando a temperatura do ar ou temperatura de bulbo seco se apresentasse maior que 26°C, que é o valor da temperatura crítica superior de uma vaca em lactação, de acordo Perissinoto e Moura (2007).

Dessa forma, o sistema de climatização foi acionado somente na ordenha da tarde. Dentro de cada período, os grupos de animais de cada tratamento, eram encaminhados a ordenha, separados no curral de espera, ordenhados e, em seguida, encaminhados aos respectivos tratamentos, nos quais permaneciam por 30 minutos em climatização, sendo posteriormente, encaminhados para o galpão *Compost Barn*.

A produção de leite foi mensurada em 5 dias alternados durante o período experimental, nas ordenhas da manhã e da tarde. Foram utilizados seis medidores de pressão à vácuo, da marca Delaval, com capacidade de pesagem de até 37 kg, ligados ao sistema de ordenha, conforme demonstrado na Figura 8.



FIGURA 8 - Sistema de ordenha com medidor de leite para pesagem do leite.

As análises de composição do leite foram realizadas no período inicial, meio e fim (1º, 3º e 7º dia) do período de coleta de dados, totalizando três coletas individuais, sendo 12 repetições por tratamento. Eram realizadas no período da ordenha da tarde.

As amostras foram coletadas através do medidor de leite da marca Delaval, sendo armazenadas em frascos plásticos identificados com a numeração de registro do animal, com capacidade para 50 ml, contendo uma pastilha de conservante (Bronopol®). Após a coleta no mesmo dia as amostras de leite eram encaminhadas para o Laboratório de Qualidade do Leite (LQL) da Universidade Federal de Goiás, realizando as análises do teor de proteína, gordura, lactose.

Os dados foram analisados pelo programa SisVar 5.6® (FERREIRA, 2014), verificando-se a homogeneidade das variâncias e a normalidade dos resíduos. Quando significativas, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey, a 5% de significância. As

variáveis de composição do leite: gordura, proteína e lactose, foram transformados por Log (x), por não apresentarem a normalidade dos resíduos.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observadas diferenças significativas para a produção leiteira na ordenha da manhã e na produção total ($P < 0,05$). As vacas submetidas ao ambiente do SRAE apresentaram maior produção de leite, em comparação aos demais ambientes avaliados, sendo observado na ordenha da manhã acréscimo de 1,2 kg de leite, quando comparado ao ambiente S. O aumento da produção de leite dos diferentes ambientes em relação ao ambiente S foi da ordem de 0,6; 0,2 e 1,2 g dia^{-1} para os tratamentos S+V, S+V+D e SRAE, respectivamente. As médias da produção de leite, nas ordenhas da manhã e da tarde, são apresentados na Tabela 8.

TABELAS 8 - Médias da produção leiteira, em kg dia^{-1} nos ambientes estudados, com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.

Produção de leite	Tratamentos				Médias	C.V. (%)	Prob. F
	S	S+V	S+V+D	SRAE			
Manhã	17,9 b	17,3 b	17,7 b	19,1 a	18,0	16,5	0,0013
Tarde	12,4 a	12,5 a	13,1 a	13,0 a	12,8	16,4	0,0501
Total	15,1 b	14,9 b	15,4 ab	16,1 a	15,4	17,1	0,0004

S – Sombreamento; S+V – Sombreamento + ventilação; S+V+D – Sombreamento + ventilação + ducha; SRAE – Sistema de resfriamento adiabático evaporativo.

Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Estudos reportam que os bovinos leiteiros respondem a estímulos de forma rápida, de tal forma que os animais climatizados na ordenha da tarde do dia anterior, demonstraram resultados na ordenha da manhã do dia seguinte (ALMEIDA et al., 2009).

Matarazzo et al. (2007), trabalhando com vacas alojadas em sistema de *freestall* com climatização na área de alimentação e na área de descanso, evidenciaram que vacas que recebiam climatização com uso de ventilação e nebulização apresentaram uma maior frequência aos comedouros e aumentaram a produtividade.

Shwartz et al. (2009) citam que, ocorre a diminuição na produção de leite na primeira e segunda ordenhas após a exposição a ambientes estressantes, podendo chegar a uma redução de 33%, e queda de aproximadamente 34% na ingestão de matéria seca.

Barbosa et al. (2004) encontraram maiores valores de produção de leite nas vacas mestiças Girolando que receberam água por aspersão, antes e após a ordenha em quantidades suficientes para umedecimento da superfície corporal, reportando valores de produção de leite de 11,7kg dia^{-1} , contra 10,9kg dia^{-1} para vacas que não receberam aspersão.

Silva e Passini (2017), em trabalho realizado com vacas em lactação em curral de espera, citam que, o uso do SRAE em comparação ao ambiente apenas sombreado, ocasionou elevação na média da produção de leite total em $1,38 \text{ kg dia}^{-1}$.

Não houve diferenças significativas da produção de leite na ordenha da tarde, visto que não se realizava a climatização todos os dias pela manhã ($<26^{\circ}\text{C}$).

Os ambientes S+V+D e SRAE não diferiram estatisticamente quanto à produção de leite total, com valores encontrados de $16,1 \text{ kg dia}^{-1}$ e $15,0 \text{ kg dia}^{-1}$, respectivamente. Contudo, o ambiente SRAE diferiu do ambiente S, promovendo um acréscimo de $0,94 \text{ kg dia}^{-1}$ na produção total.

Segundo CHEN et al. (2013), sistemas de climatização que utilizam água para pulverização, são mais eficazes em retirar o calor corporal, quando comparados a ambientes que fornecem somente sombreamento ou ventilação isolada.

Porcionato et al. (2009), estudando vacas em lactação Girolanda relataram que, bovinos de leite com média de produção de $15 \text{ kg de leite dia}^{-1}$, quando expostos aos ambientes estressantes apresentam um decréscimo na produção de leite da ordem de 17%.

Também Giocomazza et al. (2013) encontraram resultados significativos, reportando que, a climatização do ambiente de espera com sombreamento e aspersão de água proporcionou um incremento de 12,4% ($2,73 \text{ kg dia}^{-1}$) na produção, comparado com o ambiente sem climatização, o que confirma a eficiência dos equipamentos de baixo custo evaporativos nos sistemas de climatização.

CHEN et al. (2016), estudando vacas em lactação na área de alimentação, citam que, as vacas mantidas sob sistemas com aspersão e ventilação apresentaram um aumento na produção de leite de $1,5$ a $3,7 \text{ kg dia}^{-1}$.

Para a composição do leite, quanto à proteína, lactose e gordura, não foram observadas diferenças significativas entre os ambientes estudados ($P>0,05$), porém, a CCS apresentou a maior média no ambiente S em relação aos demais, os quais não diferiram entre si, conforme mostra a Tabela 9.

TABELA 9 - Médias da composição do leite em: proteína (%), gordura (%), lactose (%) e contagem de células somáticas (CCS, $\times 1000 \text{ mL}^{-2}$) nos diferentes tratamentos, com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.

Variáveis	Tratamentos				Médias	C.V. (%)	Prob. F
	S	S+V	S+V+D	SRAE			
Proteína	3,3 a	2,5 a	2,5 a	3,3 a	2,9	4,8	0,1452
Lactose	4,6 a	3,4 a	3,4 a	4,6 a	4,0	7,1	0,8056
Gordura	4,0 a	2,7 a	2,9 a	3,9 a	3,4	25,1	0,8149
CCS	244,1 a	163,0 b	126,2 b	241,4 b	193,6	15,9	0,0001

S – Sombreamento; S+V – Sombreamento + ventilação; S+V+D – Sombreamento + ventilação + ducha; SRAE – Sistema de resfriamento adiabático evaporativo.

Médias seguidas de letras diferentes nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Segundo Nascimento et al. (2013) a qualidade do leite é definida por parâmetros de manejo adequados, composição físico-químicas e higiene. Teores de proteína, lactose, gordura e sais minerais determinam a qualidade do leite, sendo que estes fatores são influenciados pelo manejo adotado com os animais, diferentes raças e variação da alimentação, além de fatores como o período de lactação, escore corporal ou situações de estresse.

Os teores de proteína, lactose e gordura não diferiram estaticamente entre os ambientes, podendo-se inferir que o tempo de exposição dos animais à climatização (30 minutos) possa não ter sido suficiente para promover alterações nos valores da composição desses nutrientes.

Almeida et al. (2013) citam em seu trabalho, com diferentes tempos de arrefecimento dos animais em curral de espera: 10, 20 e 30 minutos, não proporcionou alterações significativas na composição química e qualidade do leite, quando comparadas ao tratamento sem qualquer tipo de climatização.

Valores semelhantes de proteína, gordura e lactose para ambiente climatizado com ventilação mais aspersão foi encontrado por Arcaro Júnior et al. (2003), com valores de 3,15, 3,73 e 4,64%, respectivamente.

Segundo Garcia et al. (2015) realizando estudo no sul do Brasil, observou que vacas em lactação mesmo em estado severo de estresse térmico não alteraram valores de gordura. Também Nâas e Arcaro Júnior (2001) não encontraram diferença na porcentagem de gordura do leite de vacas em lactação que permaneceram por 15 minutos em sala de espera climatizada.

5.4 CONCLUSÕES

O uso do SRAE resultou em maior produção total de leite, em relação aos demais ambientes.

Os teores de proteína, gordura e lactose não foram influenciados pelos diferentes sistemas de climatização avaliados.

5.5 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G.L.P. **Climatização na pré-ordenha de vacas da Raça Girolando e seus efeitos na produção e qualidade do leite e no comportamento animal**. 2009. 134p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.
- ALMEIDA, G.L.P.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; BARBOSA, PEREIRA, D.F.; GUISELINI, C.; ALMEIDA, G.A.P. Comportamento, produção e qualidade do leite de vacas Holândes-Gir com climatização no curral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.8, p.892-899, 2013.
- ALMEIDA, G.L.P.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; HENRIQUE, H.M.; ALMEIDA, G.A.P. Uso do sistema de resfriamento adiabático evaporativo no conforto térmico de vacas da raça girolando. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.7, p.754-760, 2011.
- ARCARO JUNIOR, I.; ARCARO, J. R. P.; POZZI, C. R.; FAGUNDES, H.; MATARAZZO, S. V.; OLIVEIRA, C. A. Teores plasmáticos de hormônios, produção e composição do leite em sala de espera climatizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.350-354, 2003.
- BARBOSA, O. R.; BOZA, P. R.; SANTOS, G. T. Efeitos da sombra e da aspersão de água na produção de leite de vacas da raça Holandesa durante o verão. **Acta Scientiarum, Animal Science**, Maringá, v.26, n.1, p.115-122, 2004.
- BARBOSA, O. R.; BOZA, P. R.; SANTOS, G. T. Efeitos da sombra e da aspersão de água na produção de leite de vacas da raça Holandesa durante o verão. **Acta Scientiarum, Animal Science**, Maringá, v.26, n.1, p.115-122, 2004.
- BOURAOUI, R., LAHMAR, M., MAJDOUB, A., DJEMALI, M., e BELYEA, R. A relação do índice de temperature humidity com a produção de leite de vacas leiteiras em um clima mediterrâneo. **Animal Research**, Hong Kong, v.51, n.6, p.479-491, 2002.
- CERUTTI, W. G.; BERMUDEZ, R. F.; VIÉGAS, J.; MARTINS, C. M. de M. R.; Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas ou não a sombreamento e aspersão na pré-ordenha. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.14, n.3, p.406-412, 2013.
- CHEN, J.M.; SCHÜTZ, K.E.; TUCKER, C.B. Dairy cows use and prefer feed bunks fitted with sprinklers. **Journal of Dairy Science**, Flórida, v.96, n.8, p.35-45, 2013.
- CHEN, J.M.; SCHUTZ, K.E.; TUCKER, C.B. Vacas eficientemente com pulverização de água de arrefecimento: comportamentais, fisiológicas e respostas de produção para aspersores no beliche alimentação. **Journal of Dairy Science**, Flórida, n.6, p.07-18, 2016.
- CLIMATE, DATA.ORG. **Clima Bela Vista de Goiás**. 2018. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/43439/>>. Acesso em: 18 jun. 2018.
- ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. Westport: Avi, 1982. 325p.

FERREIRA, L.C.B.; MACHADO FILHO, L.C.P.; HOTZEL, M.J.; ALVES, A.A.; BARCELLOS, A.de.O. Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos a diferentes ofertas de sombra. **Cadernos de Agroecologia**, Pernambuco, v.9, n.2, p.1-14, 2014.

GARCIA, A. B.; ANGELI, N.; MACHADO, L.; CARDOSO, F. C.; GONZALEZ, F. Relationships between heat stress and metabolic and milk parameters in dairy cows in Southern Brazil. **Tropical Animal Health Production**, Hisar, v.47, p.889-894, 2015.

HAMMAMI, H.; BORMANN, J.; M'HAMDI, N.; MONTALDO, H. H.; GENGLER, N. Evaluation of heat stress on production and somatic cell score of Holstein in temperate environment. **Journal of Dairy Science**, Flórida, v.96, n.3, p.1844-1855, 2013.

MATARAZZO, S.V.; SILVA, I.J.O; PERISSINOTTO, M.; FERNANDES, S.A.; MOURA, D.J.; ARCARO JÚNIOR, I.; ARCARO, J.R.P. Monitoramento eletrônico das respostas comportamentais de vacas em lactação alojadas em freestall climatizado. **Revista Brasileira de Biosistemas**, Tupã, v.1, n.1, p.40-49, 2007.

NÄÄS, I. A.; ARCARO JÚNIOR, I. Influência de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.139-142, 2001.

NASCIMENTO, G.V; CARDOSO, E.A; BATISTA, N.L; SOUZA, B.B; CAMBUÍ, G.B. Indicadores produtivos, fisiológicos e comportamentais de vacas de leite. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v.9, n.4, p.28-36, 2013.

PERISSINOTO, M. **Sistema inteligente aplicado ao acionamento do sistema de climatização em instalações para bovinos leiteiros**. 2007. 168p. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2007.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Campinas, v.1, n.2, p.117-126, 2007.

PINHEIRO, F.F. **Estresse térmico e produção animal**. 2013. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/lacvet/site/wp-content/uploads/2017/10/anais-IV-simposio.pdf>> Acesso em: 15 mai. 2019.

PORCIONATO, M. A. F.; FERNANDES, A.M.; NETTO, A.S.; SANTOS, M.V. Influência do estresse calórico na produção e qualidade do leite. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v.7, n.4, p.483-490, 2009.

REZENDE, S.R.; MUNHOZ, S.K.; NASCIMENTO, M.R.B.M.; GUIMARÃES, J.L.N. Características de termorregulação em vacas leiteiras em ambiente tropical: revisão. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v.21, n.1, p.18-29, 2016.

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**, Botucatu, v. 20, n. 3, p. 9-18, 2013

RHOADS, M.L.; RHOADS, R. P.; VANBAALE, M. J. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. **Journal of Dairy Science**, Flórida, v.92, n.5, p.1986-1997, 2009.

RODRIGUES, A. L.; SOUZA, B.B.; FILHO, J. M. P. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v.06, n.02, p.14-22, 2010.

RODRIGUES, A.L. **Respostas produtivas, comportamentais e fisiológicas de vacas criadas sob sistema biodinâmico em diferentes ambientes de pré-ordenha e níveis de produção leiteira**. 2012. 121p. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) - Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias, Universidade Federal de Campina Grande, Patos. 2012.

SILVA, L.C.M. **Avaliação dos benefícios da adoção de boas práticas de manejo no bem-estar de bezerros leiteiros**. 2015. 99p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2015.

SIMÕES, G.H. **Avaliação de estresse térmico em vacas de leite em freestall sob diferentes condições de climatização**. 2014. 77p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual do Paraná, Palotina, 2014.

SILVA, D.C.; PASSINI, R. Physiological responses of dairy cows as a function of environment in holding pen. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural**, Jaboticabal, v.37, n.2, p.206-214, 2017.

TOSETTO, M. R.; MAIA, A. P. A.; SARUBBI, J. et al. Influência do macroclima e do microclima sobre conforto térmico de vacas leiteiras. **Journal of Animal Behaviour and Biometerology**, v.2, p.6-10, 2014.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No período da manhã, a ausência de climatização no ambiente, refletiu em valores superiores das variáveis climáticas Tbs e Tgn.

A umidade relativa do ar, no período da ordenha da manhã, não foi influenciada pelos sistemas de climatização, observando em todos os ambientes valores superiores ao considerado ideal para vacas em lactação.

O ambiente SRAE se mostrou eficaz em baixar valores dos índices de conforto térmico, ITU, ITGU na ordenha da manhã, porém as médias se mostraram abaixo das faixas consideradas críticas. Os índices CTR e entalpia não sofreram diferenças significativas na ordenha da manhã.

O ambiente apenas sombreado reportou aos maiores valores de frequência respiratória e temperatura retal, quando comparado ao sistema climatizado SRAE, nas ordenhas da manhã e da tarde.

Na pós-ordenha da tarde, o sistema de SRAE demonstrou valores menores em relação às variáveis Tbs e Tgn, demonstrando a eficiência do sistema em baixar a temperatura das instalações.

No período da tarde, a exposição dos animais a um ambiente apenas com sombreamento, refletiu em respostas negativas sobre variáveis climáticas, índices de conforto térmico e variáveis fisiológicas, resultando em perdas produtivas.

Os ambientes com o SRAE resultaram em ganhos numéricos sobre a produção de leite na ordenha da manhã e no total de leite produzido.

A composição do leite, em relação aos teores de proteína, gordura e lactose, não sofreu interferências nos diferentes ambientes avaliados.

O ambiente apenas sombreado ocasionou maiores valores de CCS.