

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

NICOLE CARVALHO DE SOUSA

**EFEITOS DA COMPOSIÇÃO GENÉTICA E DE FATORES AMBIENTAIS NA
TEMPERATURA VAGINAL EM NOVILHAS LEITEIRAS GIROLANDO**

**Uberlândia
2024**

Nicole Carvalho de Sousa

**EFEITOS DA COMPOSIÇÃO GENÉTICA E DE FATORES AMBIENTAIS NA
TEMPERATURA VAGINAL EM NOVILHAS LEITEIRAS GIROLANDO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia como requisito para a aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II.

Orientadora: Profa. Dra. Amanda Marchi Maiorano.

**Uberlândia
2024**

Nicole Carvalho de Sousa

**EFEITOS DA COMPOSIÇÃO GENÉTICA E DE FATORES AMBIENTAIS NA
TEMPERATURA VAGINAL EM NOVILHAS LEITEIRAS GIROLANDO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia como requisito para a aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II.

Orientadora: Profa. Dra. Amanda Marchi Maiorano.

Uberlândia, 22 de abril de 2024

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Amanda Marchi Maiorano - Doutora (UFU)

Profa. Dra. Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento – Doutora (UFU)

Ariadne Freitas Silva – Mestre (UFU)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter sido minha base desde sempre me dando forças e saúde durante esses anos na faculdade. Agradeço aos meus pais Thaisy e Edvan por todo apoio, todo esforço e carinho que empenham pelos seus filhos, vocês foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Agradeço à minha irmã Stefânia, por sempre estar ali para me ajudar em tudo que precisasse e ter sido minha companheira de ap pelos bons anos da faculdade. Agradeço também a minha irmã Isabella e ao meu irmão Vitor pelos momentos descontraídos e que me fizeram sorrir mesmo em dias difíceis. Amo muito muito vocês!

A Maria Eduarda agradeço por toda paciência e motivação de sempre, sua presença tornou essa jornada muito mais leve e divertida. A todos os meus amigos que compartilharam comigo todos esses momentos, agradeço por tantas risadas e em especial Renata e Nathalia vocês tornaram essa jornada muito mais especial e memorável. Quero agradecer às minhas amigas de Patrocínio que sempre trouxeram diversão e alegria à minha vida durante os anos de faculdade, amo muito nós quatro. Aos meus familiares que me apoiaram nessa jornada me dando forças e motivação, agradeço por todo carinho de sempre. Amo muito todos vocês!

A todos os professores da FAMEV – UFU pelos ensinamentos, em especial à minha orientadora Amanda, agradeço por sua orientação e apoio na faculdade, sua sabedoria e paciência para ensinar foram essenciais para esta conclusão. Agradeço também a bolsa de iniciação científica disponibilizada pela UFU, que me permitiu desenvolver minhas habilidades e contribuir para pesquisas inovadoras.

Por fim, gostaria de agradecer aqueles que contribuíram para que eu pudesse concluir mais essa etapa da minha vida mesmo sem saberem, por 5 anos trabalhei como manicure associado aos períodos de aula e foi um grande esforço imposto todos os dias para alcançar meu verdadeiro objetivo, pois ele me permitiu sustentar meus estudos e crescer profissionalmente.

Este trabalho foi realizado com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), Edital Universal 01/2022, processo número APQ-00764-22, e da Universidade Federal de Uberlândia, com bolsa de Iniciação Científica aprovada no edital DIRPE no 2/2023, código da proposta 6246940.

RESUMO

Mesmo com os avanços em seleção e cruzamentos de raças bovinas de alta produção de leite, como Holandês e Gir, as altas temperaturas em regiões de climas subtropicais e tropicais podem impactar na produção leiteira e reprodução, sendo desafiadoras. A raça Girolando é disposta de diferentes composições genéticas, e supõe-se que isso resulte em diferentes respostas ao estresse térmico, quanto maior for a proporção de origem genética da raça Holandês. Dessa forma, o principal objetivo neste estudo foi avaliar o efeito da composição genética na temperatura vaginal (TV) de novilhas leiteiras de composições genéticas 1/2, 3/4 e 5/8 Holandês x Gir na época quente do ano no mês de outubro de 2023, em uma fazenda comercial localizada na cidade de Morrinhos - GO, cujo clima é tropical, além de fatores ambientais relacionados a temperatura e a umidade do ar e a idade da novilha. Para obtenção das medidas de TV foram usados dispositivos “ibutton” com inserção intravaginal. Os dados meteorológicos foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para o cálculo do índice de temperatura e umidade (THI). Um modelo misto com medidas repetidas foi usado na análise de TV. Correlação de Pearson (r) foi usada para estimar as correlações fenotípicas entre a TV e o THI, por composição genética. A magnitude da correlação de Pearson da variável temperatura vaginal (TV) com a variável do ambiente THI foi positiva e fraca para 1/2H, positiva e moderada para 3/4H, e positiva e moderada para 5/8H, com p -valores significativos ($p < 0,05$). Entre os efeitos do modelo que foram significativos ($p < 0,001$), pode-se destacar a composição genética. As médias de TV foram $38,4 \pm 0,25$ °C, $38,6 \pm 0,39$ °C e $38,4 \pm 0,31$ °C para 1/2H, 3/4H e 5/8H, respectivamente. Os resultados do modelo sugerem que a TV média das novilhas é afetada pela proporção de contribuição genética da raça Holandês. Em conclusão, as novilhas 1/2H e 5/8H tiveram melhor capacidade termorregulatória no período estudado quando comparadas às novilhas com composição genética 3/4H.

Palavras-chaves: Adaptação; bovinos leiteiros; estresse por calor; raça bovina sintética; temperatura vaginal.

ABSTRACT

Even with the advances in the selection and crossbreeding of high milk-producing cattle breeds, such as Holstein and Gir, high temperatures in subtropical and tropical climates can impact milk production and reproduction, presenting challenges. The Girolando breed has different genetic compositions, and it is assumed that this results in different responses to heat stress, with a higher proportion of Holstein genetic origin. Thus, the main objective of this study was to evaluate the effect of genetic composition on the vaginal temperature (VT) of dairy heifers with 1/2, 3/4, and 5/8 Holstein x Gir genetic compositions during the hot season in October 2023, on a commercial farm located in the city of Morrinhos - GO, which has a tropical climate, in addition to environmental factors related to temperature and air humidity and the age of the heifer. “iButton” devices with intravaginal insertion were used to obtain VT measurements. Meteorological data were obtained from the National Institute of Meteorology (INMET) for the calculation of the temperature and humidity index (THI). A mixed model with repeated measures was used in the VT analysis. Pearson correlation (r) was used to estimate the phenotypic correlations between VT and THI by genetic composition. The magnitude of the Pearson correlation of the vaginal temperature (VT) variable with the THI environmental variable was positive and weak for 1/2H, positive and moderate for 3/4H, and positive and moderate for 5/8H, with significant p -values ($p < 0.05$). Among the effects of the model that were significant ($p < 0.001$), genetic composition stands out. The mean VT values were 38.4 ± 0.25 °C, 38.6 ± 0.39 °C, and 38.4 ± 0.31 °C for 1/2H, 3/4H, and 5/8H, respectively. The model results suggest that the average VT of the heifers is affected by the proportion of Holstein genetic contribution. In conclusion, 1/2H and 5/8H heifers had better thermoregulatory capacity during the study period compared to heifers with a 3/4H genetic composition.

Keywords: Adaptation; dairy cattle; heat stress; synthetic cattle breed; vaginal temperature.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1 Estresse térmico	9
2.2 Impactos econômicos do estresse térmico	9
2.3 Importância do cruzamento no melhoramento genético	10
3 MATERIAIS E MÉTODOS	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
5 CONCLUSÃO	19
REFERÊNCIAS	20

1 INTRODUÇÃO

No intuito de superar os efeitos que altas temperaturas podem gerar na produção e reprodução de bovinos leiteiros, principalmente em regiões de climas subtropicais e tropicais, foram desenvolvidas raças bovinas provenientes de cruzamento, que tivessem alta produção aliada à rusticidade. Porém, mesmo com os avanços em melhoramento genético, o uso de animais de alta produção da raça Holandês em cruzamentos pode gerar impactos na termorregulação de vacas leiteiras mestiças (Carvalheira *et al.*, 2021).

O estresse térmico compreende o somatório de fatores externos, que trazem malefícios para o organismo dos animais, gerando respostas fisiológicas, comportamentais e metabólicas. Essas respostas irão levar a redução da produção e comprometer a reprodução e o bem-estar dos animais (Silva *et al.*, 2022). Os avanços em melhoramento genético e a seleção de animais de alta produção trouxe como consequência a sensibilidade para termotolerância (Ravagnolo; Misztal, 2000), fato que impacta negativamente o bem-estar desses animais em altas temperaturas.

Em comparação, os bovinos *Bos taurus indicus* possuem maior resistência a altas temperaturas e a outros fatores estressantes no ambiente se comparado aos *Bos taurus taurus*, (Bó *et al.*, 2003), sendo esses últimos, os mais susceptíveis ao estresse por calor devido ao alto nível de calor metabólico gerado na alta produção de leite (Collier; Gebremedhin, 2015). Dessa forma, raças provenientes de cruzamento como a Girolando, que é um cruzamento entre Gir (*Bos taurus indicus*) e Holandês (*Bos taurus taurus*), são utilizadas por criadores de regiões tropicais e subtropicais para associar as características desejadas de ambos, como a produção de leite da raça holandesa e a resistência ao calor e ectoparasitas da raça Gir (Porto-Neto *et al.*, 2014). No entanto, a raça Girolando é disposta de diferentes composições genéticas, e supõe-se que isso resulte em diferentes respostas ao estresse por calor quanto maior for a proporção de origem genética da raça Holandês. As diferentes composições genéticas estudadas são expressas como 1/2, 1/4, 3/4, 3/8, 5/8 e 7/8 Holandês-Gir (determinadas pela proporção da raça Holandesa).

Além de suas características genéticas selecionadas, os bovinos leiteiros necessitam de ambientes com condições térmicas adequadas para poderem expressar, de forma eficiente, seu potencial genético para a produção de leite. No Brasil, grande parte dos sistemas de criação de bovinos leiteiros é a pasto, em que os animais ficam mais expostos ao estresse por calor das altas temperaturas nas diferentes regiões (Ferraz; de Felício, 2010), mas para aliviar os problemas que o estresse térmico pode causar na produção desses animais, sistemas para reduzir o calor são utilizados como sombrites, aspersores, ventiladores, entre outros, que representam

custo elevado. Além disso, estes sistemas diferem entre si na eficácia, criando variação nas condições térmicas a qual as vacas ficam expostas em diferentes regiões (Ryan *et al.*, 1992). Carvalheira *et al.* (2021), em estudos experimentais em MG e RJ, constataram que vacas Girolando com composição genética 1/2H apresentam maior termotolerância, isso pode ser considerado devido a animais desta composição genética possuírem maior proporção da raça zebuína, que são animais que foram selecionados naturalmente em ambientes tropicais e estão menos sujeitos aos efeitos que altas temperaturas podem causar (Otto *et al.*, 2019). Esse estresse térmico pode ser avaliado por diferentes parâmetros fisiológicos como temperatura retal, frequência respiratória, temperatura vaginal, entre outros. Vickers *et al.* (2010) e Burfeind *et al.* (2012) descreveram que a temperatura vaginal é um bom indicador para avaliar a temperatura central corporal sem efeito do estresse de contenção causado quando se avalia a temperatura retal.

No entanto, trabalhos que envolvam outras regiões e animais mais novos ainda são escassos na literatura. Diante de oportunidades de implementação de tecnologias na coleta e no controle dos dados de temperatura e do ambiente coletados, o objetivo nesta pesquisa foi avaliar o efeito da composição genética na temperatura vaginal de novilhas leiteiras de composições genéticas 1/2, 3/4 e 5/8 Holandês x Gir na época quente do ano, além de fatores ambientais relacionados a temperatura e umidade do ar e a idade da novilha, com intuito de elucidar a resposta ao estresse térmico em novilhas e usando novas tecnologias para obter esses resultados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Estresse térmico

O Brasil possui predominantemente clima tropical, apresentando temperaturas médias elevadas durante o ano todo, o que provoca o estresse por calor que afeta animais de produção (Brandão *et al.*, 2017). O estresse térmico se caracteriza pela soma dos mecanismos de defesa, que o animal possui como resposta frente ao agente estressor. Em condições de altas temperaturas, porém com umidade relativa do ar baixa os bovinos são capazes de controlar os altos níveis de calor através da transpiração e respiração (Yousef, 1985), porém em situações em que a umidade e a temperatura estão elevadas, essa capacidade de dissipação de calor fica comprometida ocorrendo o estresse por calor (Souza; Batista, 2012), que de forma negativa compromete o desempenho dos animais. Mesmo animais oriundos de cruzamentos, considerados tolerantes ao calor, podem apresentar alterações comportamentais e fisiológicas frente às alterações climáticas (Nardone *et al.*, 2010). O estresse térmico no animal pode ser avaliado por parâmetros fisiológicos como temperatura retal, frequência respiratória, temperatura vaginal, e pelas concentrações hormonais de triiodotironina (T3) e tiroxina (T4). West (2002) considerou como indicativo de estresse por calor em vacas leiteiras, temperatura retal acima de 39,2 °C.

Para avaliar os parâmetros ambientais foram propostos diferentes índices na literatura, entre eles, o Índice de Temperatura e Umidade (THI), o qual foi classificado por Armstrong (1994), em ameno ou brando quando os valores permanecem entre 72 a 78, moderado com valores entre 79 a 88 e severo com valores entre 89 a 98. O valor de THI abaixo de 72 caracteriza um ambiente sem estresse por calor. Esses limiares são bem estabelecidos na literatura, no entanto, a classificação pode variar de acordo com a região, sistema de produção e as especificações do modelo (Mbuthia *et al.*, 2022).

2.2 Impactos econômicos do estresse térmico

Um dos desafios da pecuária leiteira no Brasil é efetivar um manejo adequado dos animais em regiões com altas temperaturas, pois é um país predominantemente de clima tropical (Silva *et al.*, 2021). Com isso, avaliações por meio de estudos viabilizam formas de reduzir o estresse por calor dos animais, garantindo minimizar seus efeitos sobre o desempenho animal e mantendo o lucro para os produtores (Ji *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2021). A população de gado leiteiro no Brasil é representada por 95% de rebanhos cruzados (Martinez; Verneque, 2001), que são responsáveis pela maior parte da produção de leite (Freitas *et al.*, 1995). Vacas leiteiras cruzadas (*Bos Taurus x Bos indicus*) estão sendo utilizadas em regiões tropicais com intuito de

diminuir o efeito do estresse por calor na produção e na reprodução (Porto-Neto *et al.*, 2014). Porém, fatores climáticos impactam nessas características, mesmo com os avanços científicos (Conab, 2021) e tecnológicos. A queda na produção tem relação, por exemplo, com a diminuição de ingestão de alimentos sob altas temperaturas (West, 2002), pois os animais diminuem o consumo com o intuito de diminuir o calor corporal gerado pelo metabolismo. Dessa forma, nessas condições a homeotermia dos animais é alterada, causando efeitos diretos nas respostas fisiológicas, comportamentais e produtivas do rebanho (Jeelani *et al.*, 2019), sendo importante ser estudado em bovinos de leite.

2.3 Importância do cruzamento no melhoramento genético

Os animais *Bos indicus* possuem maior capacidade de regulação de temperatura se comparado aos *Bos taurus* (Moura *et al.*, 2021) e possuem maior resistência a outros fatores estressores no meio ambiente, que poderiam limitar a expressão gênica para produção bovina em regiões tropicais e subtropicais (Bó *et al.*, 2003), como é o caso da resistência a parasitoses. Porém, mesmo com as características de resistência que os animais *Bos indicus* possuem, para que possam expressar com eficiência seu potencial genético, eles ainda necessitam de condições térmicas e ambientais adequadas. No Brasil isso é um desafio, pois grande parte dos sistemas de criação é a pasto, onde os animais ficam mais suscetíveis ao estresse por calor dessas regiões (Ferraz; De Felício, 2010), como altas temperaturas do ar, alta e baixa umidade do ar, radiação e ondas de calor. A seleção genética é de extrema importância para minimizar os efeitos que o estresse térmico causa na raça Girolando, buscando selecionar animais que tenham capacidade de manter a produtividade independente da condição climática do ambiente em que vivem (Negri *et al.*, 2021). Diferentes limiares de conforto térmico entre as várias composições da raça Girolando 1/4H, 1/2H, 5/8H, 3/4H e 7/8H foram observados para vacas, sendo de 80 para vacas 1/4H, 1/2H e 5/8H, 78 para vacas 3/4H e de 77 para vacas 7/8H (Negri *et al.*, 2023). Dessa forma, diferenças entre os limites de tolerância ao calor se apresentaram extremamente significativas, pois, quando se trata de sistemas de produção a pasto, animais da raça Girolando toleram temperaturas mais elevadas e menor umidade em comparação a raça Holandesa, além de apresentar diferenças de tolerância ao estresse por calor em comparação as diferentes composições genéticas entre a raça Girolando (Negri *et al.*, 2023).

3 METODOLOGIA

Todos os procedimentos que envolvem o uso de animais foram aprovados pela Comissão de Ética na Utilização de Animais (CEUA), protocolo nº 23117.017684/2022-91, para fins de pesquisa científica e encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA).

A coleta de dados foi realizada em outubro de 2023 em uma fazenda comercial localizada no município de Morrinhos-GO cujo clima é tropical, como parte do projeto de pesquisa “Adaptação dinâmica, desenvolvimento folicular e expressão gênica de novilhas mestiças leiteiras em ambiente tropical”, processo número APQ-00764-22, FAPEMIG. Ao todo, foram avaliadas 18 novilhas, com idade média de $460 \pm 29,45$ dias, de diferentes composições genéticas entre Gir e Holandês para avaliar a característica temperatura vaginal (TV). Durante o experimento, as novilhas foram mantidas em um mesmo piquete a pasto, com suplementação, em área com pouco sombreamento do tipo sombrite.

O grupo de novilhas utilizado no experimento apresentava a composição genética de animais girolando 1/2H, 3/4H e 5/8H, sendo que 7 novilhas eram 1/2H, 5 novilhas 3/4H, 6 novilhas 5/8H e todas filhas de touros da raça Holandês.

As coletas foram realizadas em 4 dias, com início às 9h do dia 25/10/2023 e término às 16h do dia 29/10/2023, para a obtenção da variável desejada. Em julho de 2023 foi realizada a ruptura do hímen no tronco de contenção para teste inicial do dispositivo “ibutton”, que registra as medidas de TV. A montagem da estrutura foi realizada acoplando o dispositivo “ibutton” a um dispositivo intravaginal de liberação lenta de hormônio progesterona com fita isolante. Para assegurar a falta de hormônio, foi garantido que os dispositivos usados na montagem eram de pelo menos terceiro uso e estavam devidamente desinfetados. As coletas efetivas foram realizadas no período especificado do mês de outubro. Os dispositivos “ibutton” foram programados para capturarem a TV de 15 em 15 minutos pelos 4 dias consecutivos.

Dados meteorológicos do período do experimento foram obtidos na plataforma do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), especificando o código da estação como “A003-Morrinhos” (com latitude -17.75, longitude -49.10 e altitude 751.09), o qual realiza o registro por hora. As variáveis solicitadas na plataforma do INMET foram temperatura do ar (bulbo seco) (TAR) e umidade relativa do ar (RH), que foram usadas no cálculo do Índice de temperatura e umidade (THI), usando a seguinte fórmula (National Research Council - NRC, 1971):

$$THI = (1.8 \times DBT + 32) - [(0.55 - 0.0055 \times RH) \times (1.8 \times DBT - 26)]$$

em que, DBT (°C) é a temperatura média horária do bulbo seco do dia e RH é a umidade relativa média horária (%) do dia.

Os dados do primeiro e último dia foram excluídos das análises para garantir que todas as novilhas tivessem dados coletados igualmente nas 24 horas do dia. Para as análises estatísticas, uma média dos registros da TV foi obtida para cada novilha, agrupando os registros por turnos, sendo turno A (da 00:00 às 6:00), turno B (das 6:00 às 12:00), turno C (das 12:00 às 18:00) e turno D (18:00 às 24:00). Os valores de THI também foram agrupados por turnos. A temperatura do ar foi usada para a obtenção da amplitude de temperatura, usando a diferença do maior e menor valor de temperatura em cada turno.

Gráficos de linha foram elaborados para visualização das variáveis estudadas ao longo do período, por hora e dia. Modelos lineares mistos com medidas repetidas foram empregados na análise da característica TV considerando no modelo inicial a inclusão dos efeitos descritos abaixo.

$$TV = \mu + CG + turno + id + idq + THI + amp + CG * turno + \delta i + \varepsilon$$

em que, TV é média das medidas registradas de temperatura vaginal nos turnos do dia; μ é efeito da média; CG é a proporção da genética da raça Holandês sobre a composição genética da novilha (1/2, 3/4, 5/8); turno é o turno do dia em que o TV e o THI foram registrados (A, B, C, D); id é o efeito ajustado da idade da novilha no momento do experimento; idq é o efeito quadrático da idade da novilha no momento do experimento; THI é a média do índice no mesmo turno da média da TV; amp é a amplitude calculada com a temperatura máxima e mínima para o turno do dia; δi é o efeito aleatório da novilha; e ε é o resíduo da equação.

O método do Critério de Informação de Akaike (AIC) foi usado para a seleção do modelo mais apropriado para este banco de dados. Para isso, o pacote “buildmer” do programa R (Voeten, 2023) foi usado, considerando o melhor ajuste do modelo para aquele com menor valor de AIC. O coeficiente de correlação de Pearson (r) foi utilizado para estimar as correlações fenotípicas entre a TV e o THI, por composição genética.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 permite a visualização das variáveis ambientais e THI ao longo do período estudado, sendo possível observar que os valores de THI foram superiores a 70 em todo período avaliado. Armstrong (1994) classificou o estresse térmico em ameno ou brando quando os valores permanecem entre 72 a 78 e moderado com valores entre 79 a 88. Os momentos mais desafiadores para as novilhas devem ser quando os valores THI ficam próximo de 80. Para o mês estudado, os valores próximos de 80 significaram que a temperatura do ar foi elevada e a umidade relativa do ar foi baixa. Yousef *et al.*, (1985), citam que nessas condições de temperatura e umidade os bovinos são capazes de controlar os altos níveis de calor, através da transpiração e respiração. No estudo de Negri *et al.* (2023), foi sugerido que os limiares de estresse por calor para as diferentes composições genéticas da raça Girolando eram de 80 para vacas 1/4H, 1/2H e 5/8H, de 78 para vacas 3/4H e de 77 para vacas 7/8H, uma vez que esses são os limiares que afetam a produção de leite.

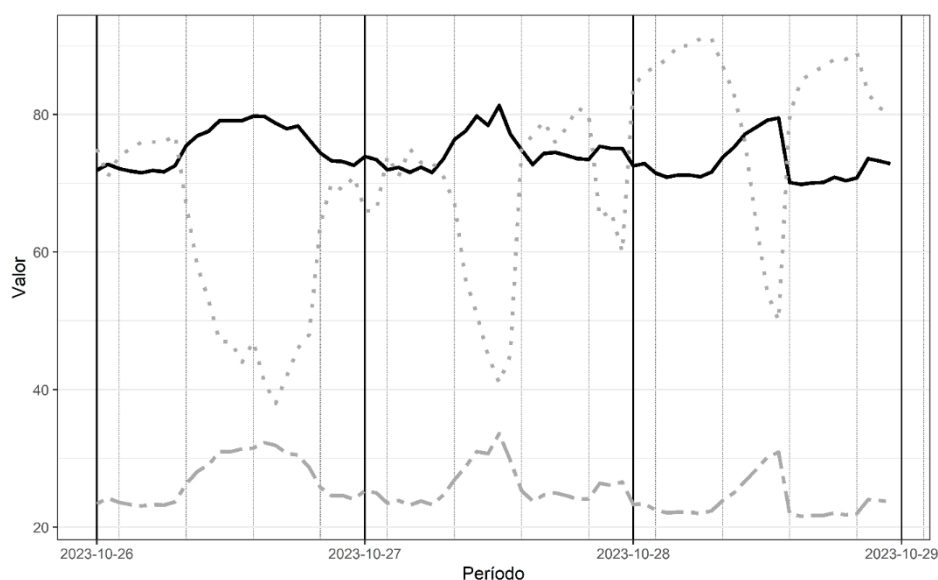


Figura 1. Valores do índice de temperatura e umidade (THI) ao longo do período do mês de outubro de 2023 no município de Morrinhos, Goiás. A linha preta sólida representa os valores de THI nas horas do dia, a linha cinza tracejada representa a temperatura do ar nas horas do dia, e a linha cinza pontilhada representa a umidade relativa do ar nas horas do dia.

O perfil individual de cada Novilha para a característica TV, por hora e por dia, foi apresentado na Figura 2. Os gráficos permitem perceber que a TV não permaneceu constante ao longo do dia, havendo variação (Figura 2). O comportamento da média da TV (linha preta) teve uma trajetória mais parecida ao longo das horas dos dias entre as composições genéticas (CG) 3/4H e 5/8H comparada ao 1/2H, no entanto, os valores assumidos para as médias foram

distintos para as diferentes CG da raça Girolando ao longo do dia (Figura 2). Em alguns momentos do período estudado, algumas novilhas 3/4H exibiram TV média diária (linhas cinzas) superiores em relação às outras novilhas. Carvalheira *et al.* (2021) observaram diferença no comportamento das médias de TV para as diferentes composições genéticas, em que a TV média de vacas 1/2H permaneceu cerca de 0,5 a 1,0 °C abaixo da média do TV das vacas de 3/4H ao longo do dia, e essas oscilações ocorreram na medida que aumentava ou diminuía o THI. Na figura 2 observa-se valores de TV de algumas novilhas nas diferentes CG acima de 39,2 °C, onde West (2002) considerou como indicativo de estresse por calor em vacas leiteiras.

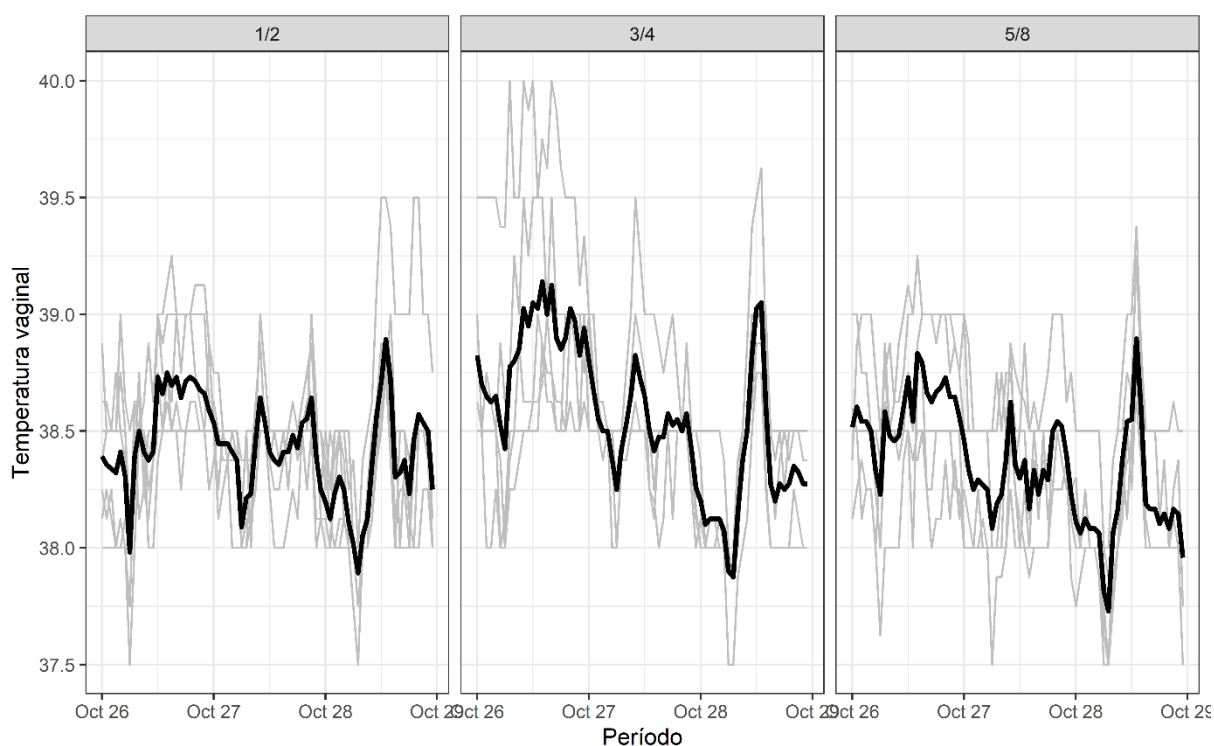


Figura 2. Perfil individual da temperatura vaginal (TV) de novilhas Girolando 1/2H, 3/4H e 5/8H durante o período estudado. As linhas cinzas representam a TV, média por hora, de cada novilha ao longo do período, e as linhas pretas representam a média do grupo de composição genética ao longo do período.

A magnitude da correlação de Pearson da variável TV com a variável do ambiente THI foi positiva e fraca para 1/2H, positiva e moderada para 3/4H, e positiva e moderada para 5/8H. Os p-valores indicaram que as correlações obtidas foram significativas (Tabela 1). À medida que ocorria o aumento do THI, havia uma tendência de aumento na TV, conforme também observado por Carvalheira *et al.* (2021). Os autores obtiveram um valor geral de correlação entre TV e THI, sem especificação do grupo, de 0,45, com p-valor de 0,0001. Dessa forma, os resultados obtidos no presente estudo estão em consonância com os encontrados na literatura.

Tabela 1. Coeficientes de correlação e p-valor da correlação entre temperatura vaginal (TV) e índice de temperatura e umidade (THI) por composição genética (CG), em novilhas da raça Girolando.

GG	Correlação	p-valor
1/2	0,27	<0,05
3/4	0,42	<0,001
5/8	0,33	<0,01

As médias gerais da TV por CG foram equivalentes para novilhas 1/2H e 5/8H, com média superior em 0,2 °C para novilhas 3/4H (Tabela 2). O valor maior de TV foi observado no grupo de novilhas 3/4H, enquanto os valores menores foram observados em novilhas 1/2H e 5/8H. A variação de TV foi maior no grupo de novilhas 3/4H, e menor no grupo de novilhas 1/2H. Carvalho *et al.* (2021) observaram médias gerais de TV iguais a $38,95 \pm 0,06$ e $39,08 \pm 0,06$ para 1/2H e 3/4H, respectivamente. Os autores obtiveram médias mais altas do que as obtidas no presente estudo e destacaram que diferiram entre as composições genéticas. As diferenças observadas entre os trabalhos podem estar relacionadas às variações de estação, ano, categoria animal, região do experimento, entre outros fatores ambientais e genéticos intrínsecos de cada estudo.

Tabela 2. Estatísticas descritivas da temperatura vaginal (TV) por composição genética (CG), do índice de temperatura e umidade (THI) por turno e da amplitude da temperatura do ambiente por turno nos dias 26 a 28 de outubro/2023 no estudo de novilhas leiteiras Girolando.

	Média	Máxima	Mínima	DP	CV
CG					
1/2 (°C)	38,4	39,2	38,0	0,253	0,0000658
3/4 (°C)	38,6	39,8	37,9	0,392	0,000112
5/8 (°C)	38,4	39,1	37,9	0,312	0,0000814
Turno					
A	72.1	72.6	71.7	0,379	0,000052
B	75.4	76.2	74.5	0,717	0,000095
C	76.0	79.1	73.1	2,45	0,000322
D	73.7	74.7	71.9	1,25	0,000169
Amplitude					
A (°C)	1,50	2,10	1,10	0,436	0,0000605

B (°C)	7,3	7,8	6,4	0,644	0,0000854
C (°C)	6,9	9,8	1,60	3,79	0,000499
D (°C)	3,7	6,4	2,2	1,93	0,000262

DP é o desvio-padrão da média; CV é o coeficiente de variação. Turno A (da 00:00 às 6:00), Turno B (das 6:00 às 12:00), Turno C (das 12:00 às 18:00) e Turno D (18:00 às 24:00).

Como padrão geral no período do experimento, foi constatada que a média geral de THI começa baixa no turno A (das 00:00 às 6:00), sendo de 72.1 e com um aumento de 3.3 no turno B (das 6:00 às 12:00), atingindo o pico no turno C (das 12:00 às 18:00) com 76.0 e posterior decréscimo no turno D (18:00 às 24:00) de 2.3. Dessa forma, foi no período da tarde (12:00 as 18:00), que se observou média geral mais elevada de THI, também com a maior variação nos valores de THI (Tabela 2). Carvalheira *et al.* (2021) também observaram maior valor de THI no período da tarde, com pico às 14:00, no entanto, os autores estudaram a TV média horária, ou seja, realizando-se a média das várias mensurações da TV pela hora do dia.

A amplitude média de temperatura por turno foi maior entre os turnos B e C, com os valores de 7,3 e 6,9 °C, respectivamente. O turno A, que coincidiu com a madrugada, tem amplitude média reduzida, exibindo baixa diferença entre a temperatura máxima e a temperatura mínima neste turno (Tabela 2). Negri *et al.* (2023) considerou o efeito da amplitude de temperatura diária na análise da característica produção de leite em vacas Girolando.

O melhor modelo escolhido com base no critério AIC foi o que considerou todos os efeitos descritos no modelo inicial apresentado na metodologia, com exceção de efeito da interação CG*turno (Tabela 3). O valor de AIC foi 68,57. Dessa forma, os efeitos de THI, da amplitude e da idade linear e quadrática devem ser considerados para permitir melhor comparação dos dados analisados. A TV aumenta com o aumento do THI ($p < 0,001$, Tabela 3). Apesar de existir pouca diferença de idade entre as novilhas estudadas, com desvio-padrão da média da idade de 29,45 dias, o efeito da idade foi significativo no modelo ($p < 0,001$) de forma que o efeito da idade deve ser incluído na análise da característica TV.

O efeito da composição genética foi significativo no modelo ($p < 0,001$). Animais de origem *Bos indicus*, neste caso Gir, possuem maior capacidade de regulação de temperatura corporal se comparados aos animais *Bos taurus* (Holandês), como citaram Moura *et al.* (2021). Dessa forma, a TV média das novilhas é afetada pela proporção de contribuição genética da raça Holandesa, em que a TV é maior em novilhas de composição genética 3/4H, seguida da composição genética 1/2H. Novilhas da composição genética 5/8H tenderam a apresentar TV

mais baixa em relação a estes dois grupos. Negri *et al.* (2023) observaram que Girolandos de composição genética 5/8H e o puro sintético (PS) possuem o mesmo limite de estresse térmico em comparação a outras com maior proporção de Gir na CG, permitindo a seleção de animais com maior tolerância às condições de climas tropicais. Dessa forma, esta contribuição da raça Gir pode estar interferindo nos resultados encontrados, fazendo com que animais com maior proporção de composição genética da raça Gir mantivessem as menores médias de TV, com diferença estatística quando considerado o resultado do modelo (Tabelas 2 e 3).

O efeito do turno foi significativo no modelo ($p < 0,001$). Os resultados do modelo indicaram que a TV das novilhas abaixa no turno B, que indica o período matinal do dia, e aumenta no turno C e depois vai se normalizando nos turnos subsequentes. Não houve diferença estatística para TV das novilhas nos turnos A e D (Tabela 3). O turno C compreendeu o horário das 12 às 18h, em que a temperatura do ambiente tende a ser maior e, como consequência ocorre o aumento do THI e TV das novilhas (Figuras 1 e 2). Nardone *et al.* (2010) mencionaram que animais oriundos de cruzamentos, mesmo que tolerantes ao calor, podem apresentar alterações comportamentais e fisiológicas frente às alterações meteorológicas como foi possível observar no presente estudo com as alterações na característica termofisiológica TV em relação às alterações de THI ao longo dos turnos.

Tabela 3. Efeitos para o modelo escolhido com base no critério de AIC.

	Estimativa	Erro padrão	valor de T	p-valor
Intercepto	18,48	3,944	4,685	< 0,001
THI	0,088	0,015	5,831	< 0,001
Turno B	-0,396	0,107	-3,682	< 0,001
Turno C	-0,235	0,111	-2,118	< 0,05
Turno D	-0,049	0,066	-0,742	0,459
CG 3/4	0,203	0,051	3,963	< 0,001
CG 5/8	-0,103	0,046	-2,250	< 0,05
Amplitude do ar	0,019	0,01002	1,926	0,056
ID quadrático	-0,00007	0,00002	-3,708	< 0,001
ID	0,059	0,016	3,636	< 0,001

Intercepto = 1/2H; Turno A. Idade (ID)

Turno A (da 00:00 às 6:00), Turno B (das 6:00 às 12:00), Turno C (das 12:00 às 18:00) e Turno D (18:00 às 24:00).

A proporção da raça Holandesa na obtenção de animais cruzados pode gerar impactos na termorregulação de vacas leiteiras Girolando (Carvalheira *et al.*, 2021), dessa forma, mais estudos devem ser realizados para identificar como o estresse por calor pode afetar outras características fisiológicas e características produtivas em rebanhos leiteiros que faz uso de cruzamento.

Os resultados do presente estudo também sugeriram maior variação da TV em novilhas 3/4H quando comparadas as novilhas 1/2H e 5/8H. Isto é perceptível pelo maior desvio-padrão e coeficiente de variação da média de TV (Tabela 2) e pelo comportamento dos perfis individuais das novilhas (Figura 2), sugerindo que esta composição genética, em geral, é mais suscetível às variações ambientais e que em condições de altas temperaturas, porém com umidade relativa do ar baixa as novilhas 3/4H tiveram menor capacidade de controlar esses altos níveis de calor através de mecanismos fisiológicos como citou Yousef, (1985).

5 CONCLUSÃO

Em conclusão, a característica termofisiológica TV de vacas Girolando aumenta com o aumento do THI ao longo dos turnos. Novilhas com 1/2 e 5/8 de composição genética oriunda da raça Holandês tiveram melhor capacidade termorregulatória ao longo do dia do que novilhas com composição genética 3/4H, por manterem temperaturas mais baixas. Além de que as novilhas com composição 5/8H merecem destaque, pois em um mês com altas temperaturas em região de clima tropical, que foi o caso deste experimento, as novilhas desta composição genética apresentaram menor TV do que novilhas 1/2H.

REFERÊNCIAS

- ARMSTRONG, D. V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v. 77, p. 2044–2050, 1994.
- BRANDÃO, B.M.; PIMENTA, P.S.; TAVEIRA, R.Z.; PÁDUA, J.T.; AMARAL, A.G.; DA SILVA, R.M.; MENDONÇA F.A.C.; PONTE F.A.P.D. Estimativa de correlações de parâmetros fisiológicos de bovinos da raça Senepol submetidos ao teste de tolerância ao calor. In: 27º Congresso Brasileiro de Zootecnia, 2017, Santos. **Anais [...]. Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, 2017. Trabalho 149/1085-0. Campinas, Galoá, 2017. Disponível em: <https://proceedings.science/zootec/papers/estimativa-de-correlacoes-de-parametros-fisiologicos-de-bovinos-da-raca-senepol?lang=pt-br>. Acesso em: 31 out. 2023.
- BÓ, G.A.; BARUSELLI, P.S.; MARTINEZ, M.F. Pattern and manipulation of follicular development in Bos indicus cattle. **Animal Reproduction Science**, v. 78, p. 307-326, 2003.
- BOHMANOVA, J.; MISZTAL, I.; COLE, J. B. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, n. 4, p. 1947-1956, 2007.
- BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D.; THATCHER, W.W.; COLLIER, R.J. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the Asae Society of Agricultural Engineers**, v. 24, p. 711– 714, 1981.
- BURFEIND, O.; SUTHAR, V. S.; HEUWIESER, W. Effect of heat stress on body temperature in healthy early post-partum dairy cows. **Theriogenology**. v. 78, p. 2031–2038, 2012.
- CARVALHEIRA, L. R.; WENCESLAU, R. R.; RIBEIRO, L. S.; DE CARVALHO, B. C.; BORGES, A. M.; CAMARGO, L. S. A. Daily vaginal temperature in Girolando cows from three different genetic composition under natural heat stress. **Translational Animal Science**, Nova Delhi, v. 5, n. 3, p. 138, 2021.
- COLLIER, R. J.; GEBREMEDHIN, K. G. Thermal biology of domestic animals. **Annual Review of Animal Biosciences**. v. 3, p. 513–53, 2015.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Análise mensal: Leite e Derivados. **Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento**. 5 p, Março/Abril 2021.
- COSTA, A.N.L.; FEITOSA, J.V.; MONTEZUMA J.R.; SOUZA, P.A.; ARAÚJO, A.A. Rectal temperatures, respiratory rates, production, and reproduction performances of crossbred Girolando cows under heat stress in northeastern Brazil. **International Journal of Biometeorology**, Germany, v. 59, n. 11, p. 1647-1653, 2015.
- FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. Production systems – An example from Brazil. **Meat Science**, Netherlands, v. 84, n. 2, p. 238-243, 2010.
- FERRAZZA, R.A.; GARCIA, H.D.M.; ARISTIZÁBAL, V.H.V.; NOGUEIRA, C.S.; VERÍSSIMO, C.J.; SARTORI, J.R.; SARTORI, R.; FERREIRA, J.C.P.; Thermoregulatory

responses of Holstein cows exposed to experimentally induced heat stress. **Journal of Thermal Biology**, 66, 68–80, 2017.

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. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte. v.58, n.5, p.732-738, 2006.

FREITAS, A.F.; LEMOS, A.; WILCOX, C. Crossbreeding zebu and european cattle in Brazil. In: **International Conference on Livestock in the tropics**. Gainesville: University of Florida, 1995. p.124-130.

JEELANI, R.; KONWAR, D.; KHAN, A.; KUMAR, D.; CHAKRABORTY, D.; BRAHMA, B. Reassessment of temperature-humidity index for measuring heat stress in crossbred dairy cattle of a sub-tropical region. **Journal of Thermal Biology**, v. 82, p. 99–106, 2019.

JL, B., BANHAZI, T., GHAHRAMANI, A., BOWTELL, L., WANG, C., LI, B. Modelling of heat stress in a robotic dairy farm. Part 2: identifying the specific thresholds with production factors. **Biosystems Engineering**. v. 199, p. 43–57, 2020.

MARINS, T.N.; DE ALMEIDA, I.G.B.; LÔBO, B.V.; PESSOA, C.M.B.; TEIXEIRA, R.C.; ALVES, B.G.; GAMBARINI, M.L. Índices de estresse e conforto térmico associados aos parâmetros fisiológicos e perfil energético em vacas Girolando criadas a pasto na savana tropical. **Research, Society and Development**, v. 9, ed. 7, 2020.

MARTINEZ, M.L.; VERNEQUE, R.S. **Programa nacional de melhoramento genético**. Balde Branco, v.37, n.439, p. 8-10, 2001. Encarte técnico.

MBUTHIA, J.M.; EGGERT, A.; REINSCH, N. Cooling temperature humidity index-days as a heat load indicator for milk production traits. **Animal Science**, 3:946592, 2022.

MOURA, G.A.B; COSTA, C.C.M.; FONSÊCA, V.F.C.; WIJFFELS, G.; CASTRO, P.A.; NETO, M.C.; MAIA, A.S.C. Are crossbred cattle (F1, *Bos indicus* x *Bos taurus*) thermally different to the purebred *Bos indicus* cattle under moderate conditions? **Livestock Science**, v. 246, e104457, 2021.

NARDONE, A; RONCHI, B; LACETERA, N; RANIERI, MS; BERNABUCCI, U. Effect of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. **Livestock Science**, v. 130, p. 57–69, 2010.

NEGRI. R.; DALTRO, D.; KLUSKA, S.; OTTO, P.I.; CAMARGO, L.S.A; DA SILVA, M.V.G.B. Estresse térmico: desafios e perspectivas para seleção na raça Girolando. In: VIÉGAS, J. (org.). **O papel da inovação no enfrentamento das incertezas da bovinocultura leiteira contemporânea**. Canoas: Mérida Publishers, 2021. cap. 7, p. 107-128.

NEGRI. R.; DALTRO, D.; KLUSKA, S.; OTTO, P.I.; MACHADO, M.A.; PANETTO, J.C.C.; MARTINS, M.F.; OLIVEIRA, H.R.; COBUCI, J.A.; SILVA, M.V.G.B. Genomic-enhanced breeding values for heat stress tolerance in Girolando cattle in Brazil. **Livestock Science** 278, 105360, 2023.

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

OTTO, P. I.; GUIMARÃES, S. E. F.; VERARDO, L. L.; AZEVEDO, A. L. S.; VANDENPLAS, J.; SEVILLANO, C. A.; MARQUES, D. B. D.; PIRES, M. D. F. A.; FREITAS, C.; VERNEQUE, R. S.; MARTINS, M. F.; PANETTO, J. C. C.; CARVALHO, W. A.; GOBO, D. O. R., DA SILVA, M. V. G. B.; MACHADO, M. A. Genome-wide association studies for heat stress response in *Bos taurus* × *Bos indicus* crossbred cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 102, p. 8148- 8158, 2019.

PORTO-NETO, L. R.; REVERTER, A.; PRAYAGA, K. C.; CHAN, E. K. F.; JOHNSTON, D. J.; HAWKEN, R. J.; FORDYCE, G.; GARCIA, J. F.; SONSTEGARD, T. S.; BOLORMAA, S.; GODDARD, M.E.; BURROW, H. M.; HENSHALL, J. M.; LEHNERT, S. A.; BARENDSE, W. The genetic architecture of climatic adaptation of tropical cattle. **PLoS One**, 9:e113284, 2014.

RAVAGNOLO, O.; MISZTAL, I. Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, p. 2126- 2130, 2000.

RYAN, D. P.; BOLAND, M. P.; KOPEL, E.; ARMSTRONG, D.; MUNYAKAZI, L.; GODKE, R. A.; INGRAHAM, R. H. Evaluating two different evaporative cooling management systems for dairy cows in a hot, dry climate. **Journal of Dairy Science**. v. 75, p. 1052–1059, 1992.

SILVA, M.V.D.; ALMEIDA, G.L.P.; PANDORFI, H.; MORAES, A.S.; MACEDO, G.A.P.A.; BATISTA, P.H. D.; SILVA, R.A.B.; GUISELINI, C. Influence of meteorological elements on behavioral responses of gir cows and effects on milk quality. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v. 43, 2021.

SILVA, M. V. G. B.; FERREIRA JÚNIOR, E.; PANETTO, J. C.; PAIVA, L. C.; MACHADO, M.A.; FAZA, D. R. L. R.; DALTRO, D. S.; NEGRI, R.; KLUSKA, S.; MARTINS, M. F.; BORGES, C.A.V. Programa de Melhoramento Genético da Raça Girolando. Sumário de Touro. Resultados do teste de progênie (Avaliação Genética / Genômica) – Junho 2022, Juiz de Fora: **Embrapa Gado de Leite**, (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 266) 23 p, 2022.

SILVA, M.V.; PANDORFI, H.; PEIXOTO, M.S.M.; BARBOSA FILHO, J.A.D.; ALMEIDA, G.L.P.; DA SILVA, I.J.O.; OLIVEIRA, K.P.L.; VIANA, V.S.S.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; GUISELINI, C.; MARINHO, G.T.B.; MESQUITA, M.; SANTOS, R.C.; MACÊDO, G.A.P.A.; FERREIRA, M.B.; JARDIM, A.M.R.F.; BEZERRA DA SILVA, J.L. Vaginal temperature modeling in Holstein cows and cluster analysis by the cophenetic correlation coefficient. **Journal of Thermal Biology**, 115, 2023.

VICKERS, L. A.; O. BURFEIND.; VON KEYSERLINGK, M. A.; VEIRA, D. M.; WEARY, D. M., HEUWIESER, W. Technical note: comparison of rectal and vaginal temperatures in lactating dairy cows. **Journal Dairy Science**. v. 93, n. 11, p. 5246-51, 2010.

WEST, J.W. Physiological effects of heat stress on production and reproduction. **Tri-State Dairy Nutrition Conference**. Fort Wayne: Eastridge, M.D, 2002. p.1-9.

YOUSEF, M. K. **Stress physiology in livestock**. Volume 1. Florida: CRC Press, 1985.