UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA – FMVZ
CAMPUS DE BOTUCATU

ESTRATÉGIAS PARA MINIMIZAR O ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS LEITEIRAS

JOÃO PAULO DE ALMEIDA LORENÇO

BOTUCATU/SP
2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA – FMVZ
CAMPUS DE BOTUCATU

ESTRATÉGIAS PARA MINIMIZAR O ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS LEITEIRAS

JOÃO PAULO DE ALMEIDA LORENÇO
Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Moraes Vasconcelos

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Zootecnia como parte das exigências para a obtenção do título de mestre.

BOTUCATU/SP
2019

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Lorenço, João Paulo de.
Estratégias para minimizar o estresse térmico em vacas leiteiras / João Paulo de Lorenço. - Botucatu, 2019

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Orientador: José Luiz Moraes Vasconcelos
Capes: 50405004

1. Bovino de leite. 2. Animais - Proteção. 3. Fatores imunológicos. 4. Transtornos de estresse por calor.

Palavras-chave: Bem-estar animal; Bovinos leiteiros; Estresse térmico.

AGRADECIMENTOS

Minha alegria e reconhecimento não seriam suficientes para agradecer a colaboração dos que se seguem:

Ao querido amigo e professor Zequinha pelo exemplo de orientação.

Ao Desidério, funcionário do setor de Bovinocultura de leite, “meu braço direito e esquerdo” em todos os momentos do meu mestrado. Quero agradece-lo por sua disposição em ajudar e efetivamente, fazer parte dos experimentos conduzidos no setor.

À Jéssica Moraes Malheiros e Tiago Leiva, por toda paciência e ajuda ao longo de todo o mestrado.

À Conapec, por seu exemplo de união e trabalho. Sem ela, não acredito que fosse capaz realizar meus projetos e atuar de forma ativa no meio profissional.

À minha querida família: Vó Maria, Vô Delfino, João Victor, Paulo e Vanderci. Sem o amor destas pessoas jamais conseguiria chegar aonde cheguei.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Por isso, gostaria de agradecer a CAPES pela bolsa concedida.

BIOGRAFIA DO AUTOR

João Paulo de Almeida Lorenço nasceu em 16 de Agosto de 1991 na cidade de Botucatu – SP, filho de Vanderci Teixeira de Almeida Lorenço e Paulo Sergio Lorenço. Graduou-se em Zootecnia na Universidade Estadual de Maringá, Campus de Maringá-PR em 2016. Matriculou no mestrado em 2017 pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, como bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) sob orientação do Prof. Dr. José Luiz Moraes Vasconcelos.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo II

Figura 1. Índice de temperatura e umidade (THI) e temperatura vaginal (TV) de vacas leiteiras lactantes submetidas a aspersão de 2 *vs.* 4 litros de água, duas vezes ao dia (10:00 a 11:00 hs e 16:00 a 17:00 hs). A aspersão com 4 litros (39,1 ± 0,30 °C) reduziu ($P \leq 0,05$) a TV dos animais em relação a aspersão de 2 litros (39,3 ± 0,23 °C) (Painel A). Temperatura vaginal das vacas durante a aspersão (0, 20, 40 e 60 min) e após a aspersão (80, 100, 120 e 140 min) de 2 *vs.* 4 litros de água. Foi detectado interação tratamento x hora ($P < 0,01$) para a temperatura vaginal (Painel B) 36

Figura 2. Índice de temperatura e umidade (THI) e temperatura vaginal (TV) de vacas leiteiras lactantes submetidas a 1 *vs*. 2 horas de aspersão de água, duas vezes ao dia (10:00 a 11:00 hs e 15:00 a 16:00 hs *vs*. 10:00 a 12:00 hs e 15:00 a 17:00 hs). A aspersão de 2 horas (38,8 ± 0,22 °C) diminuiu ($P \leq 0,05$) a TV dos animais, quando comparado a aspersão de 1 hora (39,0 ± 0,22 °C) (Painel A). Temperatura vaginal das vacas durante a aspersão (0, 20, 40, 60, 80, 100 e 120 min) e após a aspersão (140, 160, 180, 200, 220, 240 e 260 min) de 1 *vs*. 2 horas. Foi detectado interação tratamento x hora ($P < 0,01$) para a temperatura vaginal (Painel B).....38

Figura 3. Índice de temperatura e umidade (THI) e temperatura vaginal (TV) de vacas leiteiras lactantes submetidas a aspersão de 4 *vs.* 6 litros de água, duas vezes ao dia (10:00 a 12:00 hs e 15:00 a 17:00 hs). A aspersão de 4 litros (38,79 ± 0,16 °C) *vs.* 6 litros (38,79 ± 0,22 °C) foram semelhantes em diminuir a TV dos animais (Painel A). Temperatura vaginal das vacas durante a aspersão (0, 20, 40, 60, 80, 100 e 120 min) e após a aspersão (140, 160, 180, 200, 220, 240 e 260 min) de 4 *vs*. 6 litros de água (Painel B) 38

Figura 4. Índice de temperatura e umidade (THI) e temperatura vaginal (TV) de vacas leiteiras lactantes submetidas a aspersão de 4 *vs.* 8 litros de água (10:00 a 12:00 hs e 15:00 a 17:00 hs *vs.* 10:00 a 11:00 hs e 15:00 a 16:00 hs) A aspersão com 4 litros durante 2 horas (38,8 ± 0,05 °C) reduziu ($P \leq 0,05$) a TV dos animais em relação a aspersão de 8 litros durante 1 hora (39,0 ± 0,05 °C) (Painel A). Temperatura veginal das vacas durante a aspersão (0, 20, 40, 60, 80, 100 e 120 min) e após a aspersão (140, 160, 180, 200, 220, 240 e 260 min) no período da manhã (Painel B). Temperatura vaginal das vacas durante a aspersão (0, 20, 40, 60, 80, 100 e 120 min) e após a aspersão (140, 160, 180, 200, 220, 240 e 260 min) no período da tarde (Painel C). Foi detectado interação tratamento x hora x período ($P < 0,01$) para a temperatura vaginal (Painel B e C).....41

Figura 5. Índice de temperatura e umidade (THI) e temperatura vaginal (TV) de vacas leiteiras lactantes submetidas a aspersão de 4 litros de água durante 2 horas em diferentes horários. A aspersão de 4 litros de água durante 2 horas reduziu ($P \leq 0,05$) a TV dos animais no tratamento 1 (07:00 às 09:00 hs, 11:00 às 13h:00 hs e 15h:00 às 17:00 hs) em comparação ao tratamento 2 (11:00 às 13:00 hs, 15:00 às 17:00 hs e 19:00 às 21:00 hs). Os animais submetidos ao tratamento 1 permaneceu 91,7% com a TV abaixo de ≤ 39,1°C, em comparação ao tratamento 2 (87,5%). Foi detectado interação tratamento x hora ($P < 0,01$) para a TV das vacas. 42

Capítulo III

Figura 1. Temperatura vaginal de vacas leiteiras lactantes durante os diferentes horários avaliados. Momento-hora 1 (01h00 a 04h00), momento-hora 2 (05h00 a 08h00), momento-hora 3 (09h a 12h00), momento-hora 4 (13h00 a 16h00), momento-hora 5 (17h00 a 20h00) e momento-hora 6 (21h00 a 00h00). *Diferença significativa ($P \leq 0,05$). 54

Figura 2. Temperatura vaginal de vacas leiteiras lactantes durante os 70 dias de experimento, dividido em 5 períodos, sendo esses: Período 1 (d 8 a 13), Período 2 (d 22 a 27), Período 3 (d 36 a 41), Período 4 (d 50 a 55) e Período 5 (d 64 a 69). *Diferença significativa ($P \leq 0,05$)..55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

THI	Índice de temperatura e umidade
Bmp	Batimentos por minuto
CMS	Consumo de matéria seca
MS	Matéria seca
PC	Peso corporal
ECC	Escore de condição corporal
DEL	Dias em lactação
I.C.E	*Internal cooling elements*
L	Litros
Min	Minutos
Vs	Versus
TV	Temperatura vaginal
PL	Produção de leite

LISTA DE SÍMBOLOS

Cm^2	Centímetros quadrados
G	Gramas
ºC	Graus Celsius
h	Horas
Kg	Kilograma
>	Maior
≥	Maior ou igual
®	Marca registrada
<	Menor
≤	Menor or igual
M	Metros
M^3	Metros cubicos
%	Porcentagem

SUMÁRIO

Capítulo I ……12

CONSIDERAÇÕES INICIAIS 13

1. INTRODUÇÃO GERAL 13

2. REVISÃO DE LITERATURA 13

2.1 Parâmetros produtivos da bovinocultura de leite 13

2.2 Efeito da temperatura ambiental sobre vacas leiteiras lactantes 14

2.3 Estresse térmico em vacas leiteiras lactantes 15

2.4 Respostas fisiológicas 16

2.4.1 Temperatura corporal 17

2.5 Estratégias de resfriamento em vacas leiteiras 17

2.5.1 Aspersão 18

2.5.2 Aspersão e ventilação 18

2.6 Nutrição sobre o estresse térmico 19

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 20

Capítulo II 24

APLICAÇÃO DE DIFERENTES SISTEMAS DE ASPERSÃO DE ÁGUA PARA MINIMIZAR O ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS LEITEIRAS 25

RESUMO 25

APPLICATION OF DIFFERENT ASPERSION STRATEGIES TO MINIMIZE HEAT STRESS IN LACTATING DAIRY COWS 26

ABSTRACT 26

1. INTRODUÇÃO 27

2. MATERIAL E MÉTODOS 27

2.1 Desenho experimental 28

2.2 Animais e habitação 28

2.3 Parâmetros observados 29

2.3.1 Índice de temperatura e umidade do ambiente (THI) 29

2.3.2 Temperatura vaginal..... 30

2.4 Análise Estatística 30

3. RESULTADOS 30

Experimento I 30

Experimento II..... 31

Experimento III 31

Experimento IV..... 31

Experimento V 31

4. DISCUSSÃO..... 31

5. CONCLUSÃO 34

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 35

Capítulo III 43

EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE UM IMUNOMODULADOR NA TEMPERATURA VAGINAL E PRODUÇÃO DE LEITE DE VACAS LEITEIRAS DURANTE O VERÃO .. 44

RESUMO 44

EFFECT OF SUPPLEMENTING AN IMMUNOMODULATORY FEED INGREDIENT ON VAGINAL TEMPERATURE AND MILK PRODUCTION OF LACTATING DAIRY COWS DURING SUMMER 45

ABSTRACT 45

1. INTRODUÇÃO 46

2. MATERIAL E MÉTODOS 47

2.1 Animais e dieta..... 47

2.2 Parâmetros avaliados..... 48

2.2.1 Índice de temperatura e umidade do ambiente..... 48

2.2.2 Temperatura vaginal..... 48

2.2.3 Produção do leite..... 48

2.3 Analise estatística 49
3. RESULTADOS 49
4. DISCUSSÃO 50
5. CONCLUSÃO 51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 52
IMPLICAÇÕES 56

Capítulo I

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é caracterizado por ser um país de clima predominantemente tropical com temperaturas elevadas e alta umidade relativa do ar. Esses são os dois principais elementos responsáveis por ocasionar o estresse térmico em vacas leiteiras (DAHL, 2010).

A manutenção de níveis adequados de bem-estar, saúde, produção e fertilidade em bovinos leiteiros pode ser afetada pelo estresse térmico e ocasionar prejuízos aos produtores (BAUMGARD e RHOADS, 2013). Assim, estratégias de manejo para alcançar o sucesso produtivo devem ser adotadas no intuito de mitigar os efeitos do estresse térmico sobre a termorregulação das vacas leiteiras lactantes (FLAMENBAUM, 2010).

O sistema de resfriamento pode ser uma alternativa para minimizar os impactos do estresse térmico, o qual consiste na combinação da aspersão de água seguida de ventilação forçada com a finalidade de dissipar o calor da superfície corporal, regulando assim a temperatura dos animais (DAHL et al., 2016). No entanto, existe a necessidade de um melhor entendimento de como podemos melhorar a eficiência nos sistemas de resfriamento artificial de vacas. Alguns estudos têm mostrado que a redução de calor pode ser alcançada com diferentes volumes e tempo de aspersão.

Outro método que está sendo utilizado como ferramenta para minimizar o estresse térmico é a introdução de imunomoduladores nas dietas de vacas leiteiras para melhorar o mecanismo geral de suporte ao sistema imune através do fornecimento de antioxidantes (WANG et al., 2009). Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar estratégias para minimizar o efeito do estresse térmico de vacas em lactação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Parâmetros produtivos da bovinocultura de leite

O Brasil ocupa uma posição de destaque no setor leiteiro, sendo o quarto maior produtor mundial. A produção de leite brasileira evoluiu de forma contínua, chegando em 2018 a 35,1 bilhões de litros (FAO, 2018). No entanto, apesar do Brasil ocupar o posto do quarto maior produtor de leite mundial e ter o segundo maior rebanho de bovino leiteiro (23 milhões de cabeça), a produção de leite média é de 5,5 litros/vaca/dia, enquanto que, os Estados Unidos, maior produtor mundial, têm uma produção média em torno de 28 litros/vaca/dia com um rebanho de aproximadamente 10 milhões de cabeças (MARCONDES et al., 2017). Por isso,

dados produtivos brasileiros podem não refletir o real cenário da pecuária leiteira, já que os cálculos que estimam a produtividade média do rebanho levam em consideração a produção de animais destinados a produção familiar, sem adoção nenhuma de tecnologia (SOUZA et al., 2016). Como exemplo temos os dados que ilustram a produção leiteira no Paraná, onde a produção média chega em torno de 21 litros de leite por vaca dia, mostrando que apesar dos desafios temos a capacidade de otimizar nossa produção (BERNARDES e DO RÊGO, 2014).

A produção de leite no Brasil ocupa todo o território nacional, porém, algumas bacias leiteiras apresentam grande importância no volume de produção. A região Sudeste se destaca e produz mais de um terço do leite nacional (35%), seguido da região Sul (32%), Centro-Oeste (15%), Nordeste (13%) e com menor participação a região Norte (5%) (MAIA et al., 2012). Sendo assim, fica evidente a importância da cadeia produtiva leiteira nos parâmetros econômico e social no território brasileiro, destacando assim a necessidade de melhorias no cenário de produtividade do rebanho, o qual deve estar alicerçada na adoção de tecnologias que favoreçam a eficiência e o uso dos fatores de produção.

2.2 Efeito da temperatura ambiental sobre vacas leiteiras lactantes

O manejo adequado do rebanho leiteiro está vinculado a fatores genéticos, nutricionais e ambientais. Dentro dos fatores ambientais, o conforto térmico é peça fundamental para o bem estar animal e consequente melhoria da produtividade do rebanho (BARKEMA et al., 2015). Assim, o conforto térmico tem se tornado motivo de preocupação para os países de clima tropical e subtropical, os quais retratam elevadas temperaturas ambientais, altas umidades relativas do ar, limitando assim a eficiência produtiva dos animais (RENAUDEAU et al., 2012).

Dessa forma, vacas leiteiras lactantes devem ser mantidas em uma zona termoneutra, no intuito de expressar seu máximo potencial produtivo. A zona termoneutra consiste em uma faixa de temperatura ambiente entre -13 e 25 °C, mantendo assim os animais em uma zona de conforto térmico (GANTNER et al., 2011). Desse modo, o organismo precisa intensificar os mecanismos de termorregulação, com a finalidade de manter a temperatura corporal dentro da normalidade (LINHARES et al., 2015).

Os fatores ligados ao ambiente podem exercer mudanças nos parâmetros fisiológicos e respostas comportamentais, com consequências na produção de leite (CHEN et al., 2015; CHEN et al., 2016; GHOSH et al., 2017). Desse modo, diversos métodos são utilizados para mensurar o efeito do ambiente sob as vacas leiteiras, sendo os índices de estresse térmico o principal fator, pois expressam numericamente a situação ao qual os animais são expostos (RODRIGUES et al., 2010).

Os índices de conforto térmico estimam o impacto das condições ambientais em torno dos efeitos negativos oriundos do estresse por calor (BERMAN et al., 2016). Dentre os métodos mais utilizados na literatura está o índice de temperatura e umidade (THI) que relaciona a temperatura e umidade do ambiente com os efeitos prejudiciais nos índices produtivos dos animais. Assim, um intervalo de variação foi criado para determinar as mudanças comportamentais relacionadas ao estresse térmico (BOHLOULI et al., 2013). O THI é o indicador para hipertermia mais utilizado em estudos para gado leiteiro (SANTANA et al., 2016; MACCIOTTA et al., 2017). Esse índice é classificado por De Rensis et al. (2015), onde descreve THI < 68 como conforto térmico para as vacas, 68 < THI ≤ 74 inicia-se os sinais de estresse térmico e THI ≥ 75 é a classificação de um ambiente de estresse térmico.

Santana Jr et al. (2015), ao avaliar o efeito do THI em vacas holandesas, observaram que valores abaixo de 69 não deprimem a produção leiteira. No entanto, quando os valores apresentam-se acima de 69, a produção de leite pode reduzir 0,094 kg por dia. Segundo Bernabucci et al. (2014), há um decréscimo drástico na produção de leite (0,828 kg/dia) quando o THI foi superior a 76, devido a suceptibilidade de vacas multíparas aos altos valores de THI com quedas mais evidenciadas na produção de leite.

Portanto, o THI pode ser usado como uma ferramenta para o monitoramento de condições ambientais que possam influenciar nos parâmetros fisiológicos dos animais. Assim, um ambiente prolongado de estresse térmico influencia a termorregulação, produtividade e saúde de vacas leiteiras (RENAUDEAU et al., 2012).

2.3 Estresse térmico em vacas leiteiras lactantes

O estresse térmico de vacas leiteiras pode ser definido como a combinação de fatores ambientais, o qual pode aumentar a temperatura corporal dos animais acima da zona termoneutra (THATCHER et al., 2010). A hipertemia é provocada pela inserção dos animais em ambientes de temperaturas elevadas ocasionando consequências desfavoráveis ao conforto das vacas (DAS et al., 2016).

Animais submetidos ao estresse térmico apresentam temperatura corporal acima de 39,1 °C (VASCONCELOS et al., 2011) e taxa de respiração superior a 60 batimentos por minuto (bpm), fato este que pode acometer a fertilidade e a produção de leite de vacas lactantes (KADOKAWA et al., 2012). A observação desses parâmetros pode ser utilizada no diagnóstico para tomada de decisão e na correção de possíveis problemas que podem diminuir a produção de leite. No entanto, a extensão dos efeitos negativos do estressee térmico em vacas leiteiras irá depender da temperatura ambiente ao qual o animal está sendo exposto e ao tempo de

permanência fora da zona termoneutra (ORTIZ et al., 2011). Sendo assim, a capacidade da vaca em dissipar o excesso de calor corporal fica comprometida afetando a produção de leite (RODRIGUES et al., 2010), a eficiência reprodutiva (THOMPSON e DAHL, 2012) e a lucratividade da fazenda leiteira (DAS et al., 2016).

As vacas reduzem o consumo de matéria seca (CMS) com o intuito de diminuir o calor gerado durante a fermentação ruminal e metabolismo corporal, atuando como um mecanismo de defesa na tentativa de manutenção da homeostase (FAROOQ et al., 2010). Estudos de Monteiro et al. (2014) e Perano et al. (2015) reportaram que vacas em estresse térmico apresentaram CMS de 10 – 15 % menor quando comparado aos animais que não sofreram de estresse térmico. Essa queda no CMS é importante e relevante, pois representa uma queda na produção de leite de até 50 % (TAO et al. 2018).

Sendo assim, é importante avaliar estratégias que minimizem o efeito do estresse térmico em vacas leiteiras lactantes, para garantir uma produção de leite rentavél sob condições adequadas de bem-estar animal.

2.4 Respostas fisiológicas

Durante períodos de estresse térmico, vacas utilizam mecanismos de troca de calor com o ambiente. Desse modo, a temperatura da pele é um potencial regulador das trocas de calor representando uma integração de diversos fatores físicos e fisiológicos (SPIERS et al., 2018).

O primeiro processo de dissipação de calor é a vasodilatação, seguida da sudorese e da respiração. A vasodilatação desvia o fluxo de sangue para a pele, facilitando a transferência de calor para a atmosfera (BEWLEY et al., 2008). Logo, o caminho evaporativo da sudorese ocorre mediante a evaporação da água pela superfície da pele por meio das glândulas sudoríparas (BERMAN, 2011). Por fim, a respiração é o mecanismo de saída do sistema de controle da termoregulação, sendo um importante elemento no processo respiratório (SPIERS et al., 2018). Deste modo, vacas leiteiras em estresse térmico modulam os mecanismos termorregulatórios na tentativa de dissipar o excesso de calor produzido pelo metabolismo. Como resultado, ocorrem mudanças fisiológicas que provocam um aumento da temperatura corporal dos animais na tentativa de manutenção da homeostase corporal (DAS et al., 2016; COLLIER et al., 2017).

Em momentos de desconforto térmico, o requerimento de energia de mantença aumenta, indicando também mudanças no metabolismo energético, no qual ocorre um aumento da energia dispendida para perda de calor (WHEELOCK et al., 2010). Dessa forma, antes de ocorrer à depressão do CMS e produção de leite, ocorrem diversos fatores fisiológicos que

podem comprometer o conforto e o sistema imune do animal, consequentemente aumentando a susceptibilidade das vacas à doenças (DAS et al., 2016).

2.4.1 Temperatura corporal

A temperatura corporal é um indicador sensitivo do balanço térmico do animal e pode apontar indícios de desconforto causado por mudanças na temperatura (REJEB et al., 2016). Desse modo, animais com temperatura corporal acima de 39,1 °C indicam estresse térmico suficiente para deprimir a produção de leite e a fertilidade (KADOKAWA et al., 2012).

Sendo assim, um problema relacionado com esse tipo de mensuração é a grande variabilidade encontrada na relação entre temperatura corporal e THI (REJEB et al., 2016; KAUFMAN et al., 2018). Dessa forma, relacionar o THI com a temperatura corporal ou vice-versa, melhora a predição do diagnóstico de estresse térmico (DIKMEN e HANSEN, 2009).

Em ambientes não resfriados, a temperatura corporal foi de 0,7 a 1,0 °C superior aos ambientes resfriados (PERANO et al., 2015). Além disso, nesse mesmo estudo a produção de leite foi 11 % menor para vacas que apresentaram temperatura retal superior a 39 °C, mostrando a necessidade da manutenção da temperatura das vacas dentro de sua zona termoneutra. Em outro estudo, Rhoads et al. (2009) trabalhando com vacas multíparas sob estresse térmico observaram aumento da temperatura corporal durante todo o dia, com pico de 40,1 °C durante o período da tarde, acompanhado de decréscimo no CMS (- 35 %) e produção de leite (- 40 %). Spiers et al. (2018) ressaltam que a baixa temperatura corporal diária da vaca é um fator determinante para produção de leite e mantê-la abaixo de 39,1 °C é essencial para melhorar o sistema termorregulatório dos animais.

2.5 Estratégias de resfriamento em vacas leiteiras

A produção de leite nos trópicos é constantemente desafiada devido às altas temperaturas ambientais encontradas durante significativos períodos do ano. Em situações em que a temperatura ambiente ultrapassa a zona de conforto térmico, os animais com grande potencial de produção de leite apresentam dificuldades em dissipar o calor.

Durante a maior parte do tempo, as vacas leiteiras não resfriadas podem apresentar algum grau de estresse térmico. Portanto, para minimizar os efeitos da temperatura é necessário o uso de sistemas de resfriamento nas fazendas leiteiras, com a finalidade de intensificar a produtividade e aumentar a lucratividade da atividade.

2.5.1 Aspersão

Aspersão de água em vacas leiteiras é um método eficaz para criar um microclima favorável à diminuição do estresse térmico dos animais. A quantidade de água necessária para resfriar os animais durante situações de estresse térmico varia de 56 a 75 L/vaca por dia (HARNER et al., 2013). Estudos são desenvolvidos para manipular a quantidade de água utilizada em diferentes sistemas de aspersão, incluindo quantidade de água (CHEN et al., 2016) e o tempo mínimo de permanência na aspersão (TRESOLDI et al., 2018), com o propósito de melhorar a eficiência do uso da água durante o resfriamento.

Em estudo desenvolvido por Chen et al. (2016), a aspersão de água na quantidade 1,3 L/min aumentou a produção de leite em 8,6 % quando comparado apenas ao uso de sombra. Além disso, a comparação da quantidade de água por minuto não apresentou diferenças (1,3 *vs.* 4,9 L/mim), mostrando que a utilização de 1,3 L/mim diminuiu o gasto com água em 73 % promovendo economia para o sistema.

Já em relação a permanência dos animais no processo de resfriamento, Tresoldi et al. (2018) demonstraram que o processo de resfriamento com 4,9 L de água aplicada por 3 min resultou em um melhor resfriamento quando comparado aos animais recebendo ou não (0 min) a mesma quantia de água por 0,5 ou 1,5 min.

2.5.2 Aspersão e ventilação

A utilização do sistema de resfriamento em fazendas leiteiras usualmente combina o uso de aspersão de água com ventiladores. Em um sistema de resfriamento normalmente é utilizado uma quantidade de 10 ciclos de períodos de resfriamento na área de alimentação, sendo cada período combinado com aspersão de água (30 segundos) e ventilação por 4,5 min (WOLFESON, 2009). Portanto, esse sistema de resfriamento tem o objetivo de molhar completamente a vaca até encharcar o pelo (POLSKY e KEYSERLINGK, 2017), aumentando as perdas de calor por evaporação (RENAUDEAU et al., 2012).

Urdaz et al. (2006), avaliando vacas em lactação sob condições de aspersão e ventilação ou apenas aspersão, encontraram maior produção de leite nos primeiros 60 dias para vacas submetidas a aspersão e ventilação, o que acarretou em uma maior efetividade no sistema de produção.

2.6 Nutrição sobre o estresse térmico

O sistema imune consiste em proteger o animal de agentes estranhos reconhecendo e eliminando-os através de células e moléculas que são capazes de ação específica. A imunidade é rapidamente ativada quando a homeostase do organismo é perturbada e serve como o primeiro sistema de defesa do organismo (INGVARTSEN e MOYES, 2013).

Nesse contexto, o estresse térmico provocado pelo aumento da temperatura fora da zona de termoneutralidade da vaca pode suprimir o sistema imune e deixar o animal susceptível à diversas enfermidades (DAS et al., 2016). Como resultado, infecções como a mastite aumentam (JINGAR et al., 2014), ocorre mudança na função hepática, cetose subclínica e clínica (BAUMGARD e RHOADS, 2013), assim como laminite (SANDERS et al., 2009).

Diante desse cenário, os imunomoduladores estão sendo introduzidos nas dietas de vacas leiteiras para melhorar o mecanismo geral de suporte ao sistema imune através do fornecimento de antioxidantes (WANG et al., 2009).

A utilização de um imunomodulador aumentou a produção de leite em 3,2 kg/vaca dia durante todo o período de transição (BRANDÃO et al., 2016). Porém, segundo Leiva et al. (2017), a temperatura média dos animais suplementados foi menor que os animais controle. Esses dados corroboram com Rhoads et al. (2009), observando uma relação positiva nos animais suplementados com imunomoduladores na redução da temperatura corporal sob condições de estresse térmico. Em outro estudo, Fabris et al. (2017) compararam um grupo de vacas que foram resfriadas e suplementadas com um produto que melhora o sistema imune, demonstrando aumento na produção de leite com essa suplementação.

Dessa forma, a utilização de um imunomodulador parece promover uma melhora nas respostas dos animais, porém o (s) mecanismo (s) pelo (s) qual (is) esse ingrediente modula a termorregulação de vacas expostas às condições de estresse térmico não está clara e necessita de mais investigações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARKEMA, H. W.; VON KEYSERLINGK, M. A. G.; KASTELIC, J. P.; LAM, T. J. G. M.; LUBY, C.; ROY, J.-P.; LEBLANC, S. J.; KEEFE, G. P.; KELTON, D. F. Invited review: Changes in the dairy industry affecting dairy cattle health and welfare. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 11, p. 7426–7445, 2015.

BAUMGARD, L. H.; RHOADS, R. P. Effects of Heat Stress on Postabsorptive Metabolism and Energetics. **Annual Review of Animal Biosciences**, v. 1, n. 1, p. 311–337, 2013.

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

BERMAN, A.; HOROVITZ, T.; KAIM, M.; GACITUA, H. A comparison of THI indices leads to a sensible heat-based heat stress index for shaded cattle that aligns temperature and humidity stress. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, n. 10, p. 1453–1462, 2016.

BERNABUCCI, U.; BIFFANI, S.; BUGGIOTTI, L.; VITALI, A.; LACETERA, N.; NARDONE, A. The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 1, p. 471–486, 2014.

BERNARDES, T. F.; DO RÊGO, A. C. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 3, p. 1852–1861, 2014.

BEWLEY, J. M.; EINSTEIN, M. E.; GROTT, M. W.; SCHUTZ, M. M. Comparison of Reticular and Rectal Core Body Temperatures in Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 91, n. 12, p. 4661–4672, 2008.

BOHLOULI, M.; SHODJA, J.; ALIJANI, S.; EGHBAL, A. The relationship between temperature-humidity index and test-day milk yield of Iranian Holstein dairy cattle using random regression model. **Livestock Science**, v. 157, n. 2–3, p. 414–420, 2013.

BRANDÃO, A. P.; COOKE, R. F.; CORRÁ, F. N.; PICCOLO, M. B.; GENNARI, R.; LEIVA, T.; VASCONCELOS, J. L. M. Physiologic, health, and production responses of dairy cows supplemented with an immunomodulatory feed ingredient during the transition period. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 7, p. 5562–5572, 2016.

CHEN, J. M.; SCHÜTZ, K. E.; TUCKER, C. B. Cooling cows efficiently with sprinklers: Physiological responses to water spray. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 10, p. 6925–6938, 2015.

CHEN, J. M.; SCHÜTZ, K. E.; TUCKER, C. B. Cooling cows efficiently with water spray: Behavioral, physiological, and production responses to sprinklers at the feed bunk. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 6, p. 4607–4618, 2016.

COLLIER, R. J.; HALL, L. W.; RUNGRUANG, S.; ZIMBLEMAN, R. B. Quantifying heat stress and its impact on metabolism and performance. **MidSouth Ruminant Nutrition Conference**, p. 74–84, 2012.

COLLIER, R. J.; RENQUIST, B. J.; XIAO, Y. A 100-Year Review: Stress physiology including heat stress. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 12, p. 10367–10380, 2017.

DAHL, G.E. Efeito do estresse térmico durante o período seco no desempenho pós-parto. I**n:14º Curso Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos**. **Anais...**Uberlândia: Conapec Jr. p.357-62, 2010.

DAHL, G. E.; TAO, S.; MONTEIRO, A. P. A. Effects of late-gestation heat stress on immunity and performance of calves 1. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 4, p. 3193–3198, 2016

DAS, R.; SAILO, L.; VERMA, N.; BHARTI, P.; SAIKIA, J.; IMTIWATI; KUMAR, R. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. **Veterinary World**, v. 9, n. 3, p. 260–268, 2016.

DE RENSIS, F.; GARCIA-ISPIERTO, I.; LÓPEZ-GATIUS, F. Seasonal heat stress: Clinical implications and hormone treatments for the fertility of dairy cows. **Theriogenology**, v. 84, n. 5, p. 659–666, 2015.

DIKMEN, S.; HANSEN, P. J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 1, p. 109–116, 2009.

FABRIS, T. F.; LAPORTA, J.; CORRA, F. N.; TORRES, Y. M.; KIRK, D. J.; MCLEAN, D. J.; CHAPMAN, J. D.; DAHL, G. E. Effect of nutritional immunomodulation and heat stress during the dry period on subsequent performance of cows. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 8, p. 6733–6742, 2017.

FAROOQ, U.; SAMAD, H.; SHEHZAD, F.; QAYYUM, a. Physiological responses of cattle to heat stress. **World Applied Sciences Journal**, v. 8, p. 38–43, 2010.

FOURNEL, S.; OUELLET, V.; CHARBONNEAU, É. Practices for alleviating heat stress of dairy cows in humid continental climates: A literature review. **Animals**, v. 7, n. 5, p. 1–23, 2017.

FLAMENBAUM, I. Management of Heat Stress to Improve Fertility in Dairy Cows in Israel. **The journey of reproduction and development**. v.56, p. 36-41, 2010.

GANTNER, V.; MIJIĆ, P.; KUTEROVAC, K.; SOLIĆ, D.; GANTNER, R. Temperature-humidity index values and their significance on the daily production of dairy cattle. **Mljekarstvo**, v. 61, n. 1, p. 56–63, 2011.

GHOSH, C. P.; KESH, S. S.; TUDU, N. K.; DATT, S. Heat stress in dairy animals-Its impact and remedies: A review. **International Journal of Pure & Bioscence**, v. 5, n. 1, p. 953–965, 2017.

HARNER, J. P.; BROUK, M.; POTTS, J.; BRADFORD, B.; SMITH, J. F. Scientific Data for Developing Water Budgets on a Dairy. In: Western Dairy Management Conference, Reno. **Anais**... Reno: 2013.

INGVARTSEN, K. L.; MOYES, K. Nutrition, immune function and health of dairy cattle. **Animal**, v. 7, n. SUPPL.1, p. 112–122, 2013.

JINGAR, S.; MEHLA, R.; SINGH, M. Climatic Effects on Occurrence of Clinical Mastitis in different breeds of cows and buffaloes. **Archivos de Zootecnia**, v. 63, n. 243, p. 473–482, 2014.

KADOKAWA, H.; SAKATANI, M.; HANSEN, P. J. Perspectives on improvement of reproduction in cattle during heat stress in a future Japan. **Animal Science Journal**, v. 83, n. 6, p. 439–445, 2012.

KAUFMAN, J. D.; SAXTON, A. M.; RÍUS, A. G. Short communication: Relationships among temperature-humidity index with rectal, udder surface, and vaginal temperatures in lactating dairy cows experiencing heat stress. **Journal of Dairy Science**, v. 0, n. 0, p. 1–6, 2018.

LEIVA, T.; COOKE, R. F.; BRANDÃO, A. P.; SCHUBACH, K. M.; BATISTA, L. F. D.; MIRANDA, M. F.; COLOMBO, E. A.; RODRIGUES, R. O.; JUNIOR, J. R. G.; CERRI, R. L. A.; VASCONCELOS, J. L. M. Supplementing an immunomodulatory feed ingredient to modulate thermoregulation, physiologic, and production responses in lactating dairy cows under heat stress conditions. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 6, p. 4829–4838, 2017.

LINHARES, A. S. F.; SOARES, D. L.; SOUZA, B. B. De. Respostas fisiológicas e manejo adequado de ruminantes em ambientes quentes. **ACSA – Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 2, p. 27–33, 2015.

MACCIOTTA, N. P. P.; BIFFANI, S.; BERNABUCCI, U.; LACETERA, N.; VITALI, A.; AJMONE-MARSAN, P.; NARDONE, A. Derivation and genome-wide association study of a principal component-based measure of heat tolerance in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 6, p. 4683–4697, 2017.

MAIA, G. B. S.; PINTO, A. R.; MARQUES, C. Y. T.; ROITMAN, F. B.; LYRA, D. D. **Produção leiteira no Brasil BNDS** Brasilia Minitério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, , 2012.

MARCONDES, M. I.; BRANDÃO, V. L. N.; FERREIRA, G. A. T.; SILVA, A. L. da. Impact of farm size on milk quality in the Brazilian dairy industry according to the seasons of the year. **Ciência Rural**, v. 47, n. 11, p. 1–8, 2017.

MONTEIRO, A. P. A.; TAO, S.; THOMPSON, I. M.; DAHL, G. E. Effect of heat stress during late gestation on immune function and growth performance of calves: Isolation of altered colostral and calf factors. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 10, p. 6426–6439, 2014.

ORTIZ, X. A.; SMITH, J. F.; BRADFORD, B. J.; HARNER, J. P.; ODDY, A. Effect of complementation of cattle cooling systems with feedline soakers on lactating dairy cows in a desert environment. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 2, p. 1026–1031, 2011.

PERANO, K. M.; USACK, J. G.; ANGENENT, L. T.; GEBREMEDHIN, K. G. Production and physiological responses of heat-stressed lactating dairy cattle to conductive cooling. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 8, p. 5252–5261, 2015.

POLSKY, L.; KEYSERLINGK, M. A. G. Von. Invited review : Effects of heat stress on dairy cattle welfare. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 11, p. 8645–8657, 2017.

REJEB, M.; SADRAOUI, R.; NAJAR, T.; M, M. Ben. A Complex Interrelationship between Rectal Temperature and Dairy Cows . **Performance under Heat Stress Conditions**. n. January, p. 24–30, 2016.

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

RHOADS, M. L.; RHOADS, R. P.; VANBAALE, M. J.; COLLIER, R. J.; SANDERS, S. R.; WEBER, W. J.; CROOKER, B. A.; BAUMGARD, L. H. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 5, p. 1986–1997, 2009.

RODRIGUES, A. L.; SOUZA, B. B. de; FILHO, J. M. P. Influencia do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto termico de vacas leiteiras. **ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 6, n. 2, p. 14–22, 2010.

SANDERS, A. H.; SHEARER, J. K.; DE VRIES, A. Seasonal incidence of lameness and risk factors associated with thin soles, white line disease, ulcers, and sole punctures in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 7, p. 3165–3174, 2009.

SANTANA JR, M.; PEREIRA, R.; BIGNARDI, A.; VERCESI FILHO, A.; MENÉNDEZ-BUXADERA, A.; EL FARO, L. Detrimental effect of selection for milk yield on genetic tolerance to heat stress in purebred Zebu cattle : Genetic parameters and trends. **Journey Dairy Science**, v. 98, n. 12, p. 9035–9043, 2015.

SANTANA, M. L.; BIGNARDI, A. B.; PEREIRA, R. J.; MENÉNDEZ-BUXADERA, A.; EL FARO, L. Random regression models to account for the effect of genotype by environment interaction due to heat stress on the milk yield of Holstein cows under tropical conditions. **Journal of Applied Genetics**, v. 57, n. 1, p. 119–127, 2016.

SOUZA, K. A. De; ABRANTES, R. S. X.; LAÍS, C.; DE, D.; SOARES, M. A.; SANTOS, C.; VINICIUS, M.; PAULO, L.; FEITOSA, M. Panorama de sistema de produção de leite no Brasil . **Informativo Técnico do Semiárido**, v. 10, n. 2, p. 57–61, 2016.

SPIERS, D. E.; ELLERSIECK, M. R.; LUCY, M. C. Strategic application of convective cooling to maximize the thermal gradient and reduce heat stress response in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 9, p. 8269–8283, 2018.

TAO, S.; ORELLANA, R. M.; WENG, X.; MARINS, T. N.; DAHL, G. E.; BERNARD, J. K. Symposium review : The influences of heat stress on bovine mammary gland function 1. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 6, p. 5642–5654, 2018.

THATCHER, W. W.; FLAMENBAUM, I.; BLOCK, J.; BILBY, T. R. Interrelationships of Heat Stress and Reproduction in Lactating Dairy Cows. In: High Plains Dairy Conference, Amarillo, Texas. **Anais**... Amarillo, Texas: 2010.

THOMPSON, I. M.; DAHL, G. E. Dry-period seasonal effects on the subsequent lactation. **The Professional Animal Scientist**, v. 28, n. 6, p. 628–631, 2012.

TRESOLDI, G.; SCHÜTZ, K. E.; TUCKER, C. B. Cooling cows with sprinklers : Spray duration affects physiological responses to heat load. **Journal of Dairy Science**, p. 1–12, 2018.

URDAZ, J. H.; OVERTON, M. W.; MOORE, D. A.; SANTOS, J. E. P. Technical Note: Effects of Adding Shade and Fans to a Feedbunk Sprinkler System for Preparturient Cows on Health and Performance. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 6, p. 2000–2006, 2006.

VASCONCELOS, J. L. M.; COOKE, R. F.; JARDINA, D. T. G.; ARAGON, F. L.; VERAS, M. B.; SORIANO, S.; SOBREIRA, N.; SCARPA, A. B. Associations among milk production and rectal temperature on pregnancy maintenance in lactating recipient dairy cows. **Animal Reproduction Science**, v. 127, n. 3–4, p. 140–147, 2011.

WANG, Y. Q.; PUNTENNEY, S. B.; BURTON, J. L.; FORSBERG, N. E. Use of gene profiling to evaluate the effects of a feed additive on immune function in periparturient dairy cattle. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 93, n. 1, p. 66–75, 2009.

WHEELOCK, J. B.; RHOADS, R. P.; VANBAALE, M. J.; SANDERS, S. R.; BAUMGARD, L. H. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows1. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 2, p. 644–655, 2010.

WOLFESON, D. Effects of Heat stress on Production in Dairy Cattle. In: Tri-State Dairy Nutrition Conference, **Anais**...2009.

Capítulo II

APLICAÇÃO DE DIFERENTES SISTEMAS DE ASPERSÃO DE ÁGUA PARA MINIMIZAR O ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS LEITEIRAS

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo verificar o efeito e a eficiência de diferentes estratégias de aspersão de água em conjunto com a ventilação nas respostas ao estresse térmico de vacas em lactação. Foram realizados cinco experimentos: (I) aspersão de 2 *vs*. 4 litros de água das 10:00 às 11:00 hs e 16:00 às 17:00 hs; (II) aspersão de 4 litros de água das 10:00 às 11:00 hs e 15:00 às 16:00 hs *vs*. 10:00 às 12:00 hs e 15:00 às 17:00 hs; (III) aspersão de 4 *vs*. 6 litros das 10:00 às 12:00 hs e 15:00 às 17:00 hs; (IV) aspersão de 4 litros de água das 10:00 às 12:00 hs e 15:00 às 17:00 hs *vs.* 8 litros das 10:00 às 11:00 hs e 15:00 às 16:00 hs; (V) aspersão de 4 litros de água das 07:00 às 09:00 hs, 11:00 às 13:00 hs e 15:00 às 17:00 hs (Tratamento 1) *vs.* 11:00 às 13:00 hs, 15:00 às 17:00 hs e 19:00 às 21:00 hs (Tratamento 2). Em todos os experimentos foram utilizadas 12 vacas ¾ Holandês-Gir multíparas lactantes e o processo de resfriamento foi realizado por ciclos de aspersão a cada 5 minutos durante 12 dias. A temperatura vaginal (TV) dos animais foi registrada a cada 10 minutos durante os 12 dias de cada experimento através de termômetros acoplados a um dispositivo intravaginal. Para todos os experimentos, o animal foi considerado a unidade experimental. Os dados foram analisados através do procedimento MIXED do SAS. No experimento I, observou-se menor TV com a aspersão de 4 litros de água (39,1 ± 0,30 °C) *vs.* 2 litros (39,3 ± 0,23 °C). No experimento II, a aspersão de 4 litros de água durante 2 horas (38,8 ± 0,22 °C) foi mais eficaz em reduzir a TV dos animais quando comparado com a aspersão de 4 litros de água por apenas 1 hora (39,0 ± 0,22 °C). O aumento da quantidade de água para 6 litros (38,79 ± 0,22 °C) no experimento III não detectou diferença comparando-se com a aspersão de 4 litros de água (38,79 ± 0,16 °C). No experimento IV, a aspersão de 4 litros de água por 2 horas (38,8 ± 0,05 °C) reduziu a TV comparando-se com a aspersão de 8 litros de água por 1 hora (39,0 ± 0,05 °C). No experimento V, observou-se maior proporção de temperatura menor que 39,1 °C com a aspersão de 4 litros de água durante 2 horas quando iniciou-se a aspersão as 7:00 hs. Conclui-se que a utilização de 4 litros de água por um período de 2 horas é mais eficaz em reduzir a temperatura vaginal de vacas lactantes. Iniciar a aspersão após a ordenha da manhã, demonstrou ser o programa mais eficiente para reduzir a proporção de tempo com temperatura acima de 39,1 °C.

Palavras-chave: bovinos leiteiros, conforto térmico, processo de resfriamento.

APPLICATION OF DIFFERENT ASPERSION STRATEGIES TO MINIMIZE HEAT STRESS IN LACTATING DAIRY COWS

ABSTRACT

The present study aimed to verify the effect and efficiency of different water spraying strategies together with ventilation on the heat stress responses of lactating cows. Five experiments were performed: (I) 2 *vs*. 4 liters water spray from 10:00 to 11:00 hs and 16:00 to 17:00 hs; (II) 4 liters water spray from 10:00 to 11:00 hs and from 15:00 to 16:00 hs *vs*. 10:00 to 12:00 hs and 15:00 to 17:00 hs; (III) 4 *vs.* 6 liters water spray from 10:00 to 12:00 hs and 15:00 to 17:00 hs; (IV) 4 liters water spray from 10:00 to 12:00 hs and 15:00 to 17:00 hs *vs*. 8 liters from 10:00 to 11:00 hs and 15:00 to 16:00 hs; (V) spraying 4 liters of water from 07:00 to 09:00 hs, 11:00 to 13:00 hs and 15:00 to 17:00 hs (Treatment 1) *vs*. 11:00 to 13:00 hs, 15:00 to 17:00 hs and 19:00 to 21:00 hs (Treatment 2). Twelve lactating multiparous Holstein-Gir cows were used in all experiments and the cooling process was performed by spraying cycles every 5 minutes for 12 days. The vaginal temperature (VT) of the animals was recorded every 10 min during the 12 days of each experiment through thermometers coupled to an intravaginal device. For all experiments, the animal was considered the experimental unit. Data were analyzed using the SAS MIXED procedure. In experiment I, a smaller VT was observed with the spray of 4 liters of water (39.1 ± 0.30 °C) *vs*. 2 liters (39.3 ± 0.23 °C). In experiment II, spraying 4 liters of water for 2 hours (38.8 ± 0.22 °C) was more effective in reducing animal VT when compared to spraying 4 liters of water for just 1 hour (39.0 ± 0.22 °C). Increasing the amount of water to 6 liters (38.79 ± 0.22 °C) in Experiment III did not detect any difference compared to spraying 4 liters of water (38.79 ± 0.16 °C). In experiment IV, spraying 4 liters of water for 2 hours (38.8 ± 0.05 °C) reduced VT compared with spraying 8 liters of water for 1 hour (39.0 ± 0.05 °C). In experiment V, a higher temperature ratio of less than 39.1 ° C was observed with 4 liters of water when spraying started at 7:00 am. In conclusion, the use of 4 liters of water for a period of 2 hours is more effective in reducing the vaginal temperature of lactating cows. Starting sprinkling after milking in the morning has proven to be the most efficient program for reducing the proportion of time over 39.1 ° C.

Keywords: cooling process, dairy cattle, thermal comfort.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui dois terços do território localizados em regiões tropicais que caracterizam-se por altas temperaturas e umidade relativa do ar, impactando negativamente o conforto térmico de vacas leiteiras (FOURNEL et al., 2017; MACCIOTTA et al., 2017). Com isso, a necessidade de melhorar o conforto térmico dos animais tem se tornado uma preocupação em países com temperatura elevada, a qual pode acarretar em um aumento da temperatura de vacas leiteiras e afetar negativamente a saúde, bem estar, e índices produtivos e reprodutivos do rebanho (NARDONE et al., 2010; WHEELOCK et al., 2010; RENAUDEAU et al., 2012; THOMPSON e DAHL, 2012; CALEGARI et al., 2014).

Em regiões onde o estresse térmico é relevante, a utilização de sistemas de resfriamento tem auxiliado e minimizado a temperatura de vacas lactantes com a finalidade de mitigar os danos ocasionados na produção (HONIG et al., 2012; CALEGARI et al., 2014; CHEN et al., 2016; DAVISON et al., 2016; TRESOLDI et al., 2018). Desse modo, o sistema de resfriamento consiste na combinação da aspersão de água seguida de ventilação forçada com a finalidade de dissipar o calor da superfície corporal, regular a temperatura dos animais e reduzir consideravelmente o estresse térmico (COLLIER et al., 2012; DAHL et al, 2016).

De modo geral, considerando que as propriedades fisiológicas e metabólicas dos animais possuem influência de ambiente específica, mais estudos que investiguem distintas utilizações dos recursos hídricos por meio de sistema de resfriamento são necessários para determinarmos a quantidade ideal de água e a duração necessária da aspersão e ventilação, aumentando assim a nossa compreensão do uso sustentável desse recurso natural nos sistemas produtivos de bovinos leiteiros. Portanto, o presente estudo teve como objetivo verificar o efeito e a eficiência de programas de aspersão em conjunto com a ventilação sobre as respostas do estresse térmico de vacas em lactação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos 5 experimentos na Estação Experimental Lageado da Universidade Estadual Paulista ´´Julio de Mesquita Filho´´, localizada em Botucatu, São Paulo, Brasil. Os animais foram tratados de acordo com práticas adequadas e protocolos experimentais aprovados pelo Comitê de Ética em Animais da FMVZ - UNESP.

2.1 Desenho experimental

As vacas foram mantidas em piquete com acesso *ad libitum* à água e a dieta total (1,5 m de espaço linear de cocho/vaca) durante todos os experimentos. A dieta total foi ofertada duas vezes ao dia, entre 06:00 e 07:00 hs e entre 17:00 e 18:00 hs e formulada de acordo com o NRC (2001). A dieta consistiu (base MS) de 60% de silagem de milho e 40% de concentrado (contendo minerais e vitaminas). As vacas foram ordenhadas duas vezes ao dia em sistema de ordenha lado a lado (06:00 e 17:00 hs) durante todos os períodos experimentais.

Os animais foram contidos em canzis e alimentados com 0,5 kg de milho/animal de modo a realizar os tratamentos experimentais. As vacas foram contidas em 12 canzis individuais, medindo 1,1 m x 1 m (comprimento x largura) com piso de borracha macia. O processo de resfriamento foi composto por ciclos de aspersão a cada 05 minutos e ventilação constante. A vazão de cada aspersor era de 4,0 litros por minuto. Foram utilizados 08 aspersores de água sobre a linha de alimentação para 12 animais (Pontas de Pulverização de Jato Plano de Grande Angular Turbo FloodJet®, Spraying Systems Co., Wheaton, IL) que permitiram molhar a região costal e a lateral de cada animal.

Os equipamentos de pulverização foram posicionados entre 1,5 m e 2 m acima do chão, abrangendo um raio de pulverização de 2 m com um regulador de pressão de água de 207 kPa (30 Psi, 2,1 kg/cm^2). O ventilador foi posicionado a uma altura de 2,5 m do chão e inclinados para baixo sobre a linha de alimentação (GEA-Magnum 52; Motor 1 hp; Desempenho do equipamento 53.000 m^3/h; Eficiência de consumo 54 m^3/watt; RPM 460; Hélice 132 cm). Diariamente (antes da primeira aspersão do dia), os animais foram trocados de canzil, de maneira que ao final de 12 dias, todas as vacas passaram por todos os canzis, totalizando um período experimental de 12 dias para cada experimento. Em cada experimento, os bicos foram manualmente ligados e desligados para dimensionar a quantidade de água e o tempo de aspersão.

2.2 Animais e habitação

Experimento I: Foi realizado no mês de março de 2016 com 12 vacas multíparas lactantes Holandesa x Gir (média inicial ± erro padrão; peso corporal (PC) = 618 ± 72 kg, escore de condição corporal (ECC) = 3,04 ± 0,10, dias em lactação (DEL) = 196 ± 9 dias, produção leiteira (PL) = 17,2 ± 2,7 kg/dia). Os animais foram designados a receberem aspersão de 2 *vs.*

4 litros de água, sendo a aspersão aplicada duas vezes ao dia (10:00 às 11:00 hs e 16:00 às 17:00 hs).

Experimento II: Foi realizado no mês de dezembro de 2016 com 12 vacas multíparas lactantes Holandesa x Gir (média inicial ± EP; PC = 605 ± 72 kg, ECC = 3,13 ± 0,20, DEL = 167 ± 7 dias, PL = 21,9 ± 6,7 kg/dia). Durante o período experimental os animais receberam aspersão de 4 litros de água aplicada por 1 hora ou 2 horas duas vezes ao dia (10:00 às 11:00 hs e 15:00 às 16:00 hs *vs.* 10:00 às 12:00 hs e 15:00 às 17:00 hs).

Experimento III: Foi realizado no mês de janeiro de 2017 com 12 vacas multíparas lactantes Holandesa x Gir (média inicial ± EP; PC = 589 ± 60 kg, ECC = 3,17 ± 0,25, DEL = 182 ± 10 dias, PL = 21,8 ± 4,6 kg/dia). O experimento consistiu na aspersão de 4 *vs.* 6 litros de água, sendo aplicada duas vezes por dia (10:00 às 12:00 hs e 15:00 às 17:00 hs).

Experimento IV: Foi realizado no mês de janeiro de 2017 com 12 vacas multíparas lactantes Holandesa x Gir (média inicial ± EP; PC = 600 ± 71 kg, ECC = 3,17 ± 0,25, DEL = 203 ± 8 dias, PL = 15 ± 5 kg/dia) com aspersão de 4 litros de água por 2 horas aplicado duas vezes ao dia (10:00 às 12:00 hs e 15:00 às 17:00 hs) *vs.* 8 litros de água por 1 hora aplicado duas vezes ao dia (10:00 às 11:00 hs e 15:00 às 16:00 hs).

Experimento V: Estudo realizado durante o mês de fevereiro de 2017 com 12 vacas multíparas lactantes Holandesa x Gir (média inicial ± EP; PC = 601 ± 76 kg, ECC = 3,17 ± 0,25, DEL = 208 ± 9 dias, PL = 14 ± 4,06 kg/dia). O estudo contou com a aspersão de 4 litros de água, aplicado três vezes ao dia em diferentes horários: 07:00 às 09:00 hs, 11:00 às 13:00 hs e 15:00 às 17:00 hs (Tratamento 1) *vs.* 11:00 às 13:00 hs, 15:00 às 17:00 hs e 19:00 às 21:00 hs (Tratamento 2).

2.3 Parâmetros observados

2.3.1 Índice de temperatura e umidade do ambiente (THI)

Em todos os experimentos a temperatura do ambiente e umidade relativa do ar foram registradas de hora em hora por meio do HOBO Water Temp Pro V2 (Onset Company, Bourne, MA). O dispositivo foi mantido na sombra e protegido da exposição direta do sol e do vento. A leitura dos dados foi feita por meio do *software* HOBOware Pro-Mac/Win Data Logger, o qual utilizou o seguinte modelo para calcular o índice de temperatura e umidade (THI) de acordo com (MADER; DAVIS, 2003):

$$THI = (0,8 * T\ °C) + [(UR / 100)\ (T\ °C - 14,4)] + 46,4.$$

2.3.2 Temperatura vaginal

A temperatura vaginal de cada vaca foi mensurada ao longo do período experimental por meio de termômetros (iButton DS1922L, Maxim Integrated, São José, CA) acoplados a um dispositivo intravaginal, sem hormônios (CIDR, Zoetis, São Paulo, SP, Brasil). Em todos os experimentos, a temperatura vaginal de cada animal foi registrada a cada 10 minutos ao longo de 24 horas. Os termômetros foram trocados a cada 03 dias.

2.4 Análise Estatística

Para todos os experimentos, o animal foi considerado a unidade experimental. Todos os dados foram analisados através do procedimento MIXED do SAS (versão 9.4; SAS Inst.; Cary, NC, EUA) e a aproximação *Satterthwaite* para determinar os graus de liberdade para os testes dos efeitos fixos. Nas análises de temperatura vaginal, o modelo continha os efeitos do tratamento, dia, período (manhã ou tarde), hora e as interações resultantes. O animal foi incluído como a variável aleatória e o termo específico para a medida repetida foi dia, enquanto que animal (tratamento × dia) foi incluído como o sujeito para a análise. A simetria composta foi utilizada como a estrutura de covariância já que forneceu os menores valores de AIC. Todos os resultados foram ajustados para a covariável (temperatura e produção de leite), reportados como LSM e separados usando a opção PDIFF do SAS. Significância foi determinada se $P < 0,05$ e os resultados foram apresentados de acordo com os efeitos principais se as interações não foram significativas.

3. RESULTADOS

Experimento I

A aspersão com 4 litros (39,1 ± 0,30 °C) reduziu ($P \leq 0,05$) a temperatura vaginal (TV) dos animais em relação a aspersão de 2 litros (39,3 ± 0,23 °C). Foi detectado interação tratamento x hora ($P < 0,01$) para a TV (Figura 1). Durante e por 1 hora pós aspersão foi observado o valor de THI médio de 80,3 ± 1,8, o qual excedeu o limiar de conforto térmico (≥ 68) e caracterizou o ambiente como estresse térmico.

Experimento II

A aspersão de 2 horas (38,8 ± 0,22 °C) diminuiu ($P \leq 0,05$) a TV dos animais, quando comparado a aspersão de 1 hora (39,0 ± 0,22 °C). Foi detectado interação tratamento x hora ($P < 0,01$) para a TV (Figura 2). O THI desse experimento apresentou-se acima do limiar de conforto térmico, com valor médio de 78,9 ± 3,7 durante e por 2 horas após aspersão.

Experimento III

No experimento III, a TV não diferiu ($P > 0,01$) entre os tratamentos experimentais de aspersão de 4 litros (38,79 ± 0,16 °C) *vs.* 6 litros (38,79 ± 0,22 °C) (Figura 3). O valor médio do THI (76,3 ± 4,3) durante e por 2 horas após aspersão foi menor que nos demais experimentos, porém acima do limiar de conforto térmico (≥ 68).

Experimento IV

A aspersão com 4 litros durante 2 horas (38,8 ± 0,05 °C) reduziu ($P \leq 0,05$) a TV dos animais em relação a aspersão de 8 litros durante 1 hora (39,0 ± 0,05 °C). Foi detectado a interação tratamento x hora x período ($P < 0,01$) para a TV (Figura 4). O THI apresentou valor médio de 80,6 ± 2,1 e 81,4 ± 2,7 no período da manhã e tarde, respectivamente.

Experimento V

A aspersão de 4 litros de água durante 2 horas reduziu ($P \leq 0,05$) a TV dos animais no tratamento 1 (07:00 às 09:00 hs, 11:00 às 13h:00 hs e 15h:00 às 17:00 hs) em comparação ao tratamento 2 (11:00 às 13:00 hs, 15:00 às 17:00 hs e 19:00 às 21:00 hs). Os animais submetidos ao tratamento 1 permaneceu 91,7% com a TV abaixo de ≤ 39,1°C, em comparação ao tratamento 2 (87,5%). Foi detectado interação tratamento x hora ($P < 0,01$) para a TV das vacas (Figura 5). O THI apresentou valor médio de 76,3 ± 1,7 durante o experimento.

4. DISCUSSÃO

O presente estudo demonstrou que o uso de diferentes estrategias de aspersão proporcionou diminuicao da temperatura vaginal de vacas em lactação.

O índice de temperatura e umidade (THI) durante os períodos experimentais (>68) mostrou que os animais foram expostos a condições de estresse térmico. O THI é um índice que relaciona temperatura e umidade e tem sido amplamente utilizado para estimar o impacto das condições ambientais sob o conforto e desempenho de vacas leiteiras (COLLIER et al.,

2006; FOURNEL et al., 2017; MACCIOTTA et al., 2017). Segundo De Rensis et al. (2015), THI ≤ 68 descreve um ambiente em conforto térmico para as vacas, THI entre 68 a 74 inicia-se os sinais de estresse térmico e THI ≥ 75 é classificado como ambiente de estresse térmico. Além disso, os valores de THI observados no presente estudo corroboram aos constatados por Shiao et al. (2011) e Fabris et al. (2017), em estudo com vacas submetidas a aspersão (79,8 e 77,6, respectivamente).

O aumento da temperatura e umidade pode ocasionar um ambiente prolongado de estresse e influenciar o bem estar de bovinos, além de acarretar efeitos negativos na termorregulação, produtividade e reprodução dos animais (RENAUDEAU et al., 2012; GARNER et al., 2016). Desse modo, fica claro a importância dos recentes estudos com o propósito de investigar os efeitos da aspersão e ventilação no estresse térmico de vacas leiteiras no intuito de amenizar os impactos ocasionados por meio do ambiente (CHEN et al., 2015; CALEGARI et al., 2016; TRESOLDI et al., 2018). Assim, os resultados do presente estudo sugerem que as vacas leiteiras foram expostas a um desafio constante de estresse térmico durante e após o processo de resfriamento.

No experimento I a aspersão de 4 litros apresentou melhor resultado e permaneceu abaixo da linha base (≤ 39,1 °C) por maior período de tempo em comparação ao tratamento de 2 litros de água. A TV ≥ 39.1 °C é considerada o limiar entre o conforto térmico e o estresse térmico em bovinos leiteiros (VASCONCELOS et al., 2011). Do mesmo modo, Chen et al. (2015) observaram a queda da temperatura de vacas leiteiras holandesas durante o período de resfriamento e após 30 min do término da aspersão. No entanto, os autores não relataram a TV abaixo de 39,1 °C independentemente dos tratamentos experimental. Nesse contexto, no presente estudo, as vacas que receberam maior quantidade de água durante o sistema de resfriamento possivelmente conseguiram dissipar o calor do corpo para o ambiente e mostraram estar menos estressadas durante e após o processo de resfriamento do experimento I.

No experimento II em que se avaliou o tempo de aspersão (1 *vs.* 2 hs) com o mesmo volune de água (4 litros) verificou-se que o tratamento por maior período de tempo diminuiu a temperatura média (38,8 ± 0,22 ºC), sugerindo que deve-se aumentar o máximo de tempo possível a duração da aspersão visando menor período com temperatura acima de 39,1 ºC. No estudo realizado por Berman (2010), foi observada uma diminuição da temperatura vaginal das vacas lactantes após a utilização de ciclos de resfriamento por 60 min. Assim, a permanência das vacas lactantes no processo de resfriamento de 2 horas do presente estudo contribuiu para a maior diminuição da TV dos animais, porém, este procedimento manteve a TV das vacas diminuída por maior período de tempo em relação ao limiar de estresse térmico (39,1 °C).

No experimento III foi avaliado se aumentar o volume de água por ciclo de aspersão (4 *vs.* 6) teria capacidade de diminuir a TV das vacas lactantes. Em ambos os tratamentos do experimento III, foi observado a similaridade da TV no tratamento de 4 litros de água em relação ao tratamento de 6 litros de água. Os resultados observados nesse trabalho para TV corroboram aos demonstrados por Calegari et al. (2014), onde os animais apresentaram valores semelhantes durante o processo de resfriamento. Nesse contexto, devido aos tratamentos do experimento III não diferirem, a aplicação da taxa de fluxo de 4 litros de água visa proporcionar a racionalização da utilização de água, no intuito de otimizar e mitigar o uso deste recurso natural sob a produção de vacas leiteiras.

Em acordo com os resultados dos experimentos anteriores foi realizado o experimento IV. Antes e durante a aspersão do período da manhã, em ambos os tratamentos, as vacas permaneceram em conforto térmico (TV ≤ 39,1 °C). No entanto, antes a aspersão do período da tarde os animais estavam em estresse térmico (TV ≥ 39,1 °C), o qual apenas foi amenizado até atingir o conforto térmico durante o procedimento de aspersão. Após a aspersão, em ambos os períodos (manhã e tarde), a TV dos animais aumentou rapidamente principalmente nos animais submetidos ao tratamento de 8 litros. Assim, a permanência dos animais no processo de resfriamento contribuiu positivamente para os animais dissipar o calor para o ambiente e manter a termorregulação sob condições de calor. Deste modo, os animais expostos a um processo de resfriamento de 4 litros são suficentes para reduzir os efeitos negativos do estresse térmico em vacas em lactação.

Os resultados dos experimentos anteriores ofereceram suporte para avaliação do último experimento (V), onde foi adotado hipóteses de horários para que ocorra adequação do sistema de aspersão. As vacas que foram resfriadas logo no início da manhã (07:00 hs), apresentaram temperatura vaginal média de 38,6 ± 0,02 ºC e permaneceram 91,7% com a TV abaixo de ≤ 39,1°C. Já as vacas que foram resfriadas inicialmente as 11:00 hs, apresentaram temperatura vaginal média de 38,9 ± 0,02 ºC e permaneceram 87,5% com a TV abaixo de ≤ 39,1°C. O presente estudo mostraram que o resfriamento logo após a primeira ordenha, promoveu resposta positiva na manutenção da temperatura dos animais, fazendo com que as vacas permanecessem por maior parte do tempo em conforto térmico.

Os dados observados no presente estudo corroboram Honig et al. (2012), os quais observaram temperatura corporal de 38,51 °C em vacas lactantes resfriadas inicialmente as 06:30 hs e totalizando 5 sessões de aspersão/dia. Além disso, os autores também verificaram as 15:30 hs uma temperatura média de 38,22 °C, utilizando um tratamento que constituía na aplicação de 8 sessões de resfriamento. Em estudo feito por Ortiz et al. (2011), observou-se

uma temperatura média de 38,85 °C para vacas leiteiras que foram expostas a um tratamento de aspersão na linha de alimentação.

Os resultados apresentados indicaram que o resfriamento de vacas leiteiras é uma importante ferramenta para minimizar a temperatura dos animais e consequentemente mitigar os efeitos do estresse térmico. Esse método de aspersão em conjunto a ventilação permitiu observar adequada quantidade de água de 4 litros nos horários das 07:00 a 09:00 hs, 11:00 a 13:00 hs e 15:00 a 17:00 hs, sem que haja utilização inadequada dos recursos hídricos. Com estas estratégias de melhorar o conforto dos animais provavelmente terá melhor resposta ao manejo nutricional e reprodutivo otimizando a produtividade do sistema de produção.

5. CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo demonstraram que as vacas lactantes no verão apresentaram indícios de estresse térmico, no entanto, o uso do sistema de resfriamento composto por aspersão e ventilação na área de alimentação resultou na diminuição da temperatura vaginal. Além disso, os resultados sugerem que a utilização de 4 litros de água durante ciclos de 5 minutos em um período de 6 horas diárias, fracionada em 3 horários diferentes ao longo do dia, sendo a primeira aspersão imediatamente após a ordenha da manhã, o método mais eficiente e sustentável no intuito de reduzir a temperatura vaginal de vacas lactantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERMAN, A. Forced heat loss from body surface reduces heat flow to body surface. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 1, p. 242–248, 2010.

CALEGARI, F.; CALAMARI, L.; FRAZZI, E. Fan cooling of the resting area in a free stalls dairy barn. **International Journal of Biometeorology**, v. 58, n. 6, p. 1225–1236, 2014.

CALEGARI, F.; CALAMARI, L.; FRAZZI, E. Cooling systems of the resting area in free stall dairy barn. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, n. 4, p. 605–614, 2016.

CHEN, J. M.; SCHÜTZ, K. E.; TUCKER, C. B. Dairy cows use and prefer feed bunks fitted with sprinklers. **Journal of Dairy Science**, p. 1–11, 2013.

CHEN, J. M.; SCHÜTZ, K. E.; TUCKER, C. B. Cooling cows efficiently with sprinklers: Physiological responses to water spray. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 10, p. 6925–6938, 2015.

CHEN, J. M.; SCHÜTZ, K. E.; TUCKER, C. B. Cooling cows efficiently with water spray: Behavioral, physiological, and production responses to sprinklers at the feed bunk. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 6, p. 4607–4618, 2016.

COLLIER, R. J.; DAHL, G. E.; VANBAALE, M. J. Major Advances Associated with Environmental Effects on Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 4, p. 1244–1253, 2006.

COLLIER, R. J.; HALL, L. W.; RUNGRUANG, S.; ZIMBLEMAN, R. B. Quantifying heat stress and its impact on metabolism and performance. **MidSouth Ruminant Nutrition Conference**, n. November, p. 74–84, 2012.

DAHL, G. E.; TAO, S.; MONTEIRO, A. P. A. Effects of late-gestation heat stress on immunity and performance of calves 1. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 4, p. 3193–3198, 2016.

DAVISON, T. M.; JONSSON, N. N.; MAYER, D. G.; GAUGHAN, J. B.; EHRLICH, W. K.; MCGOWAN, M. R. Comparison of the impact of six heat-load management strategies on thermal responses and milk production of feed-pad and pasture fed dairy cows in a subtropical environment. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, n. 12, p. 1961–1968, 2016.

DE RENSIS, F.; GARCIA-ISPIERTO, I.; LÓPEZ-GATIUS, F. Seasonal heat stress: Clinical implications and hormone treatments for the fertility of dairy cows. **Theriogenology**, v. 84, n. 5, p. 659–666, 2015.

FABRIS, T. F.; LAPORTA, J.; CORRA, F. N.; TORRES, Y. M.; KIRK, D. J.; MCLEAN, D. J.; CHAPMAN, J. D.; DAHL, G. E. Effect of nutritional immunomodulation and heat stress during the dry period on subsequent performance of cows. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 8, p. 6733–6742, 2017.

FOURNEL, S.; OUELLET, V.; CHARBONNEAU, É. Practices for alleviating heat stress of dairy cows in humid continental climates: A literature review. **Animals**, v. 7, n. 5, p. 1–23, 2017.

GARNER, J. B.; DOUGLAS, M. L.; WILLIAMS, S. R. O.; WALES, W. J.; MARETT, L. C.; NGUYEN, T. T. T.; REICH, C. M.; HAYES, B. J. Genomic selection improves heat tolerance in dairy cattle. **Scientific Reports**, v. 6, n. September, p. 1–9, 2016.

HONIG, H.; MIRON, J.; LEHRER, H.; JACKOBY, S.; ZACHUT, M.; ZINOU, A.; PORTNICK, Y.; MOALLEM, U. Performance and welfare of high-yielding dairy cows subjected to 5 or 8 cooling sessions daily under hot and humid climate. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 7, p. 3736–3742, 2012.

MACCIOTTA, N. P. P.; BIFFANI, S.; BERNABUCCI, U.; LACETERA, N.; VITALI, A.; AJMONE-MARSAN, P.; NARDONE, A. Derivation and genome-wide association study of a principal component-based measure of heat tolerance in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 6, p. 4683–4697, 2017.

MADER, T. L.; DAVIS, M. S. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle 1 , 2. **Global Environmental Change**, p. 712–719, 2003.

NARDONE, A.; RONCHI, B.; LACETERA, N.; RANIERI, M. S.; BERNABUCCI, U. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. **Livestock Science**, v. 130, n. 1–3, p. 57–69, 2010.

ORTIZ, X. A.; SMITH, J. F.; BRADFORD, B. J.; HARNER, J. P.; ODDY, A. Effect of complementation of cattle cooling systems with feedline soakers on lactating dairy cows in a desert environment. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 2, p. 1026–1031, 2011.

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

SHIAO, T. F.; CHEN, J. C.; YANG, D. W.; LEE, S. N.; LEE, C. F.; CHENG, W. T. K. Feasibility assessment of a tunnel-ventilated, water-padded barn on alleviation of heat stress for lactating Holstein cows in a humid area1. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 11, p. 5393–5404, 2011.

THOMPSON, I. M.; DAHL, G. E. Dry-period seasonal effects on the subsequent lactation. **The Professional Animal Scientist**, v. 28, n. 6, p. 628–631, 2012.

TRESOLDI, G.; SCHÜTZ, K. E.; TUCKER, C. B. Cooling cows with sprinklers : Spray duration affects physiological responses to heat load. **Journal of Dairy Science**, p. 1–12, 2018.

WHEELOCK, J. B.; RHOADS, R. P.; VANBAALE, M. J.; SANDERS, S. R.; BAUMGARD, L. H. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows1. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 2, p. 644–655, 2010.

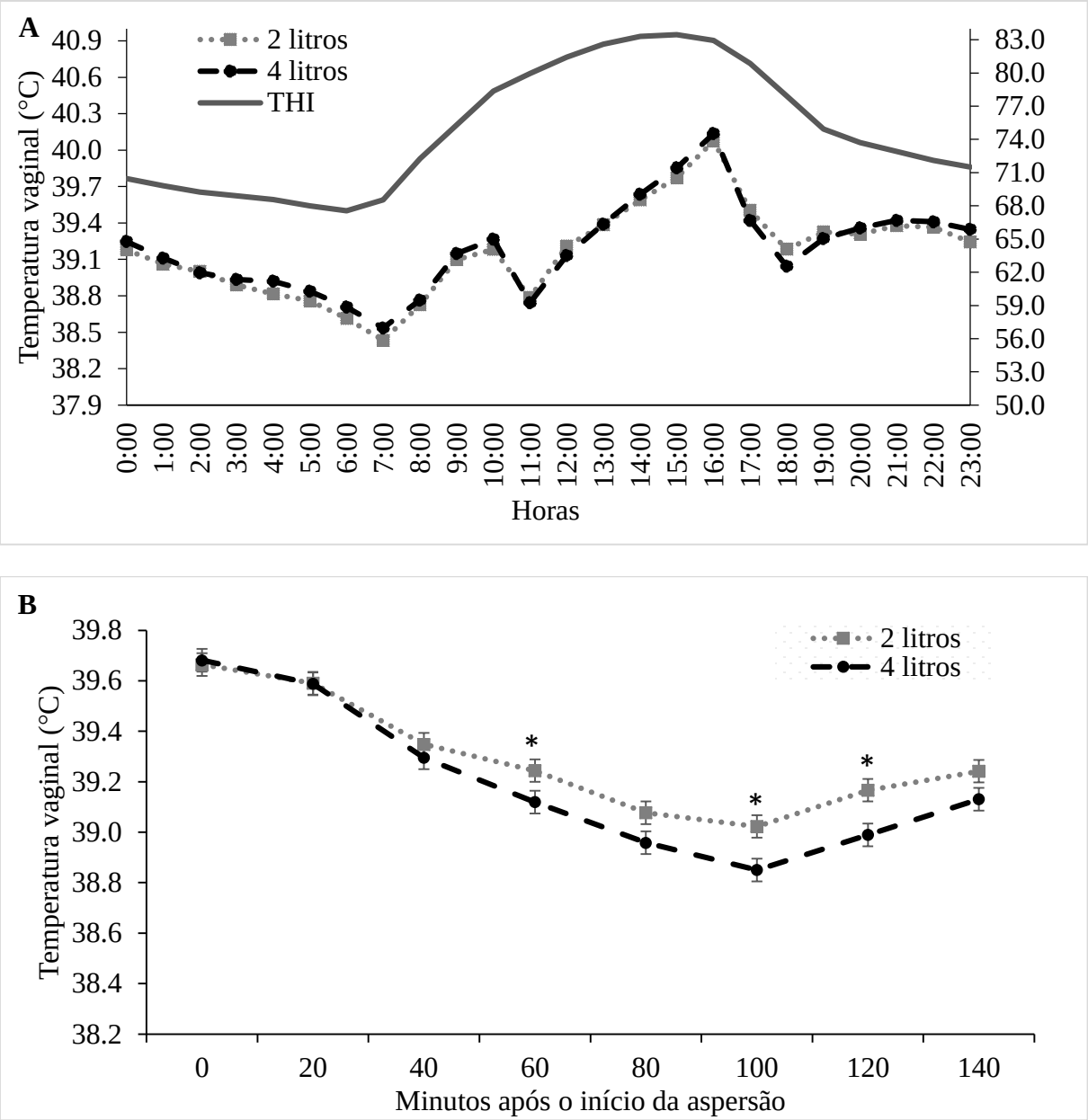


Figura 1. Índice de temperatura e umidade (THI) e temperatura vaginal (TV) de vacas leiteiras lactantes submetidas a aspersão de 2 *vs.* 4 litros de água, duas vezes ao dia (10:00 a 11:00 hs e 16:00 a 17:00 hs). A aspersão com 4 litros (39,1 ± 0,30 °C) reduziu ($P < 0,05$) a TV dos animais em relação a aspersão de 2 litros (39,3 ± 0,23 °C) (Painel A). Temperatura vaginal das vacas durante a aspersão (0, 20, 40 e 60 min) e após a aspersão (80, 100, 120 e 140 min) de 2 *vs.* 4 litros de água. Foi detectado interação tratamento x hora ($P < 0,01$) para a temperatura vaginal (Painel B).

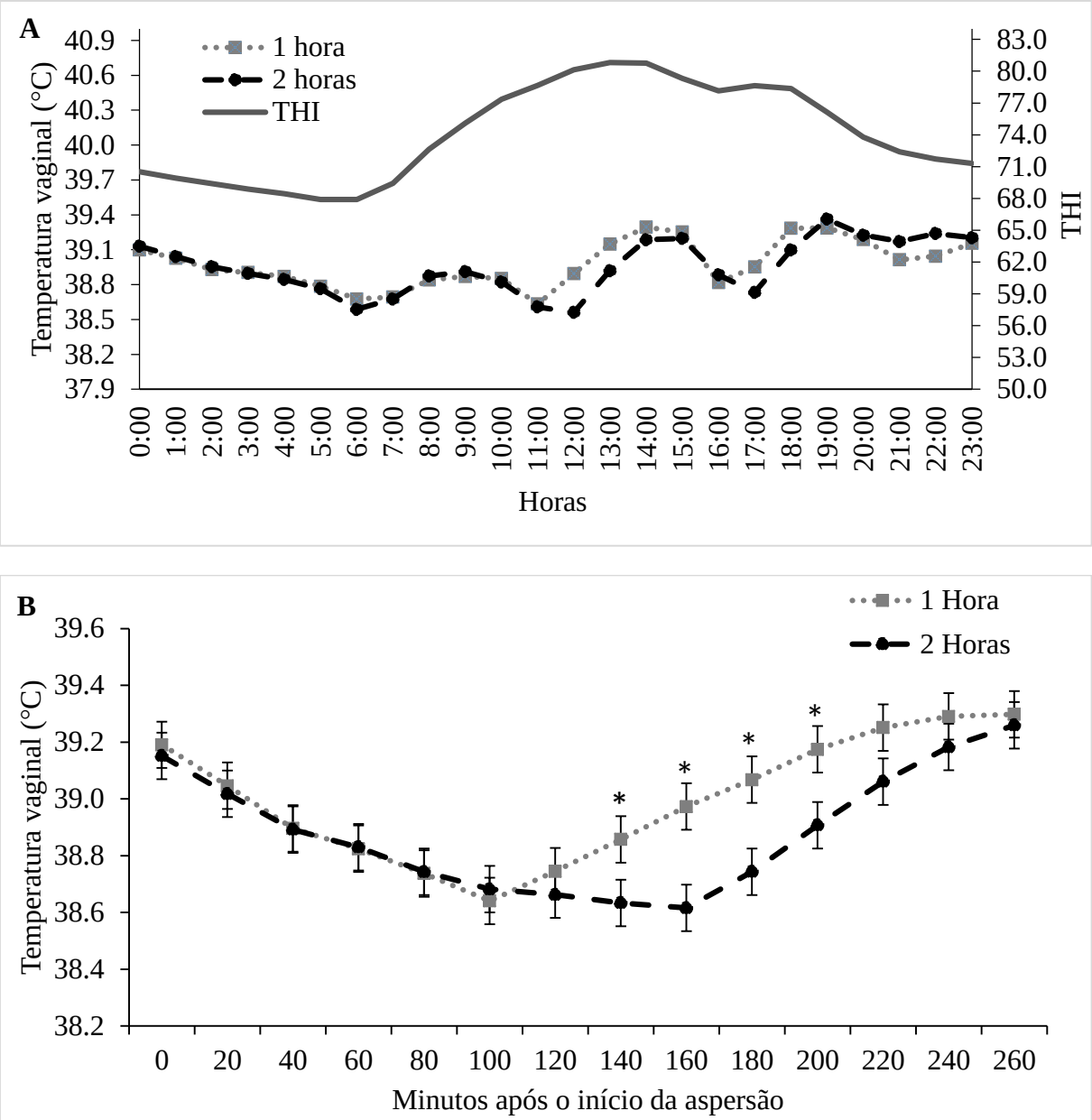


Figura 2. Índice de temperatura e umidade (THI) e temperatura vaginal (TV) de vacas leiteiras lactantes submetidas a 1 *vs.* 2 horas de aspersão de água, duas vezes ao dia (10:00 a 11:00 hs e 15:00 a 16;00 hs *vs*. 10:00 a 12:00 hs e 15:00 a 17:00 hs). A aspersão de 2 horas (38,8 ± 0,22 °C) diminuiu ($P < 0,05$) a TV dos animais, quando comparado a aspersão de 1 hora (39,0 ± 0,22 °C) (Painel A). Temperatura vaginal das vacas durante a aspersão (0, 20, 40, 60, 80, 100 e 120 min) e após a aspersão (140, 160, 180, 200, 220, 240 e 260 min) de 1 *vs.* 2 horas. Foi detectado interação tratamento x hora ($P < 0,01$) para a temperatura vaginal (Painel B).

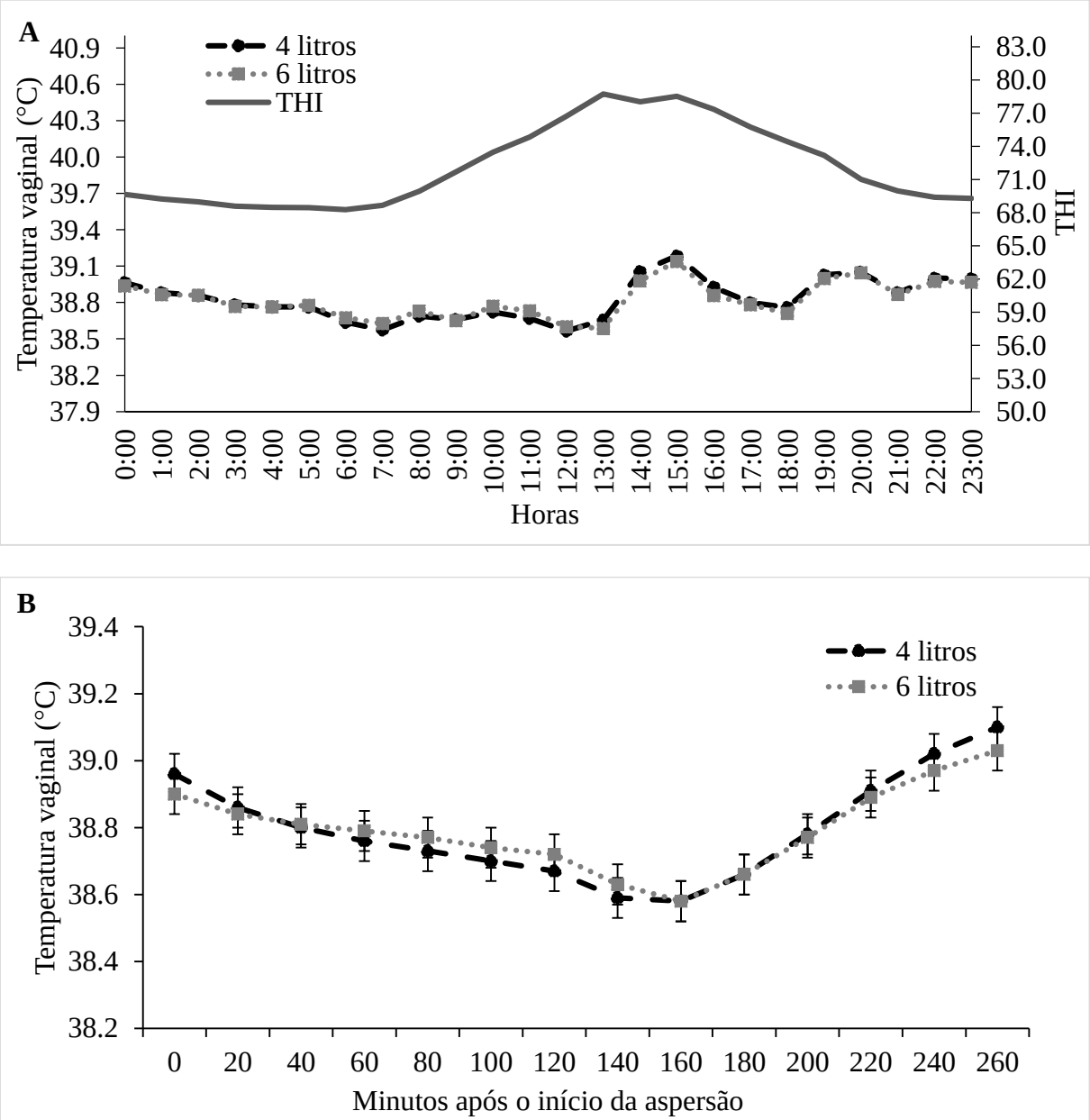
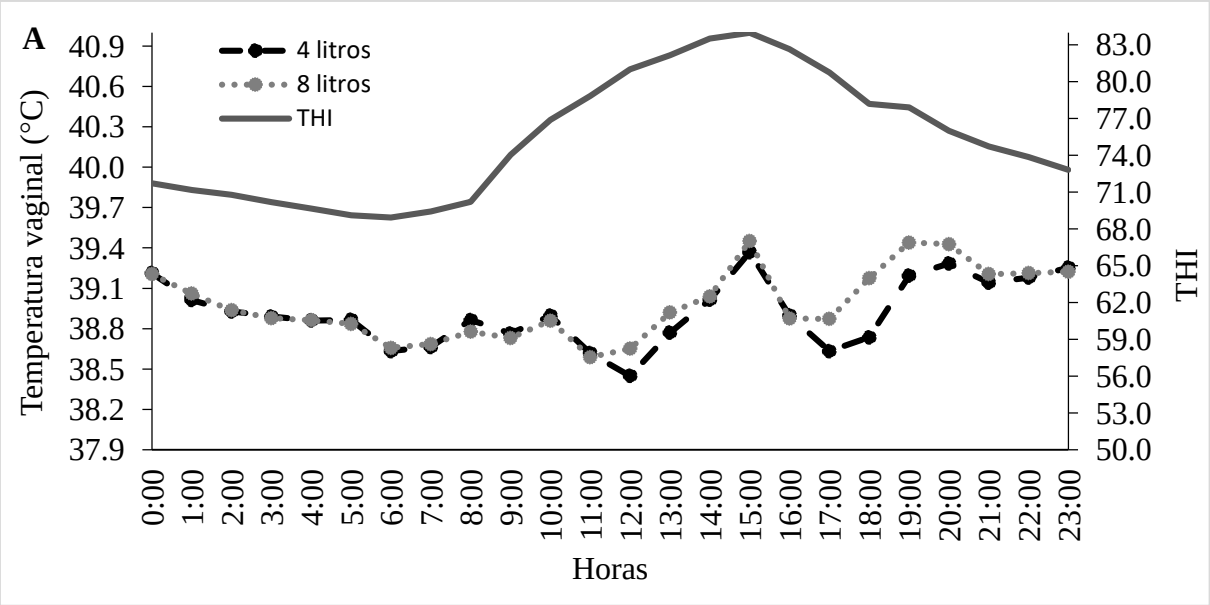
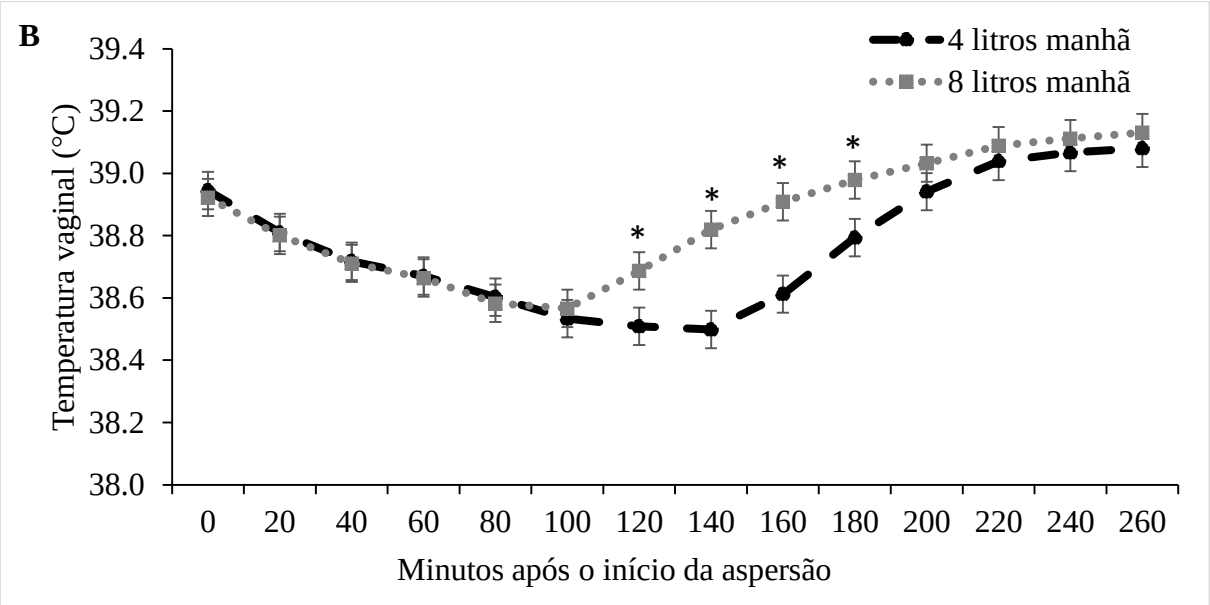


Figura 3. Índice de temperatura e umidade (THI) e temperatura vaginal (TV) de vacas leiteiras lactantes submetidas a aspersão de 4 *vs*. 6 litros de água, duas vezes ao dia (10:00 a 12:00 hs e 15:00 a 17:00 hs). A aspersão de 4 litros (38,79 ± 0,16 °C) *vs*. 6 litros (38,79 ± 0,22 °C) foram semelhantes em diminuir a TV dos animais (Painel A). Temperatura vaginal das vacas durante a aspersão (0, 20, 40, 60, 80, 100 e 120 min) e após a aspersão (140, 160, 180, 200, 220, 240 e 260 min) de 4 *vs*. 6 litros de água (Painel B).


A
4 litros
8 litros
THI
Temperatura vaginal (°C)
THI
Horas
40.9
40.6
40.3
40.0
39.7
39.4
39.1
38.8
38.5
38.2
37.9
83.0
80.0
77.0
74.0
71.0
68.0
65.0
62.0
59.0
56.0
53.0
50.0
0:00
1:00
2:00
3:00
4:00
5:00
6:00
7:00
8:00
9:00
10:00
11:00
12:00
13:00
14:00
15:00
16:00
17:00
18:00
19:00
20:00
21:00
22:00
23:00


B
4 litros manhã
8 litros manhã
Temperatura vaginal (°C)
Minutos após o início da aspersão
39.4
39.2
39.0
38.8
38.6
38.4
38.2
38.0
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
*
*
*
*

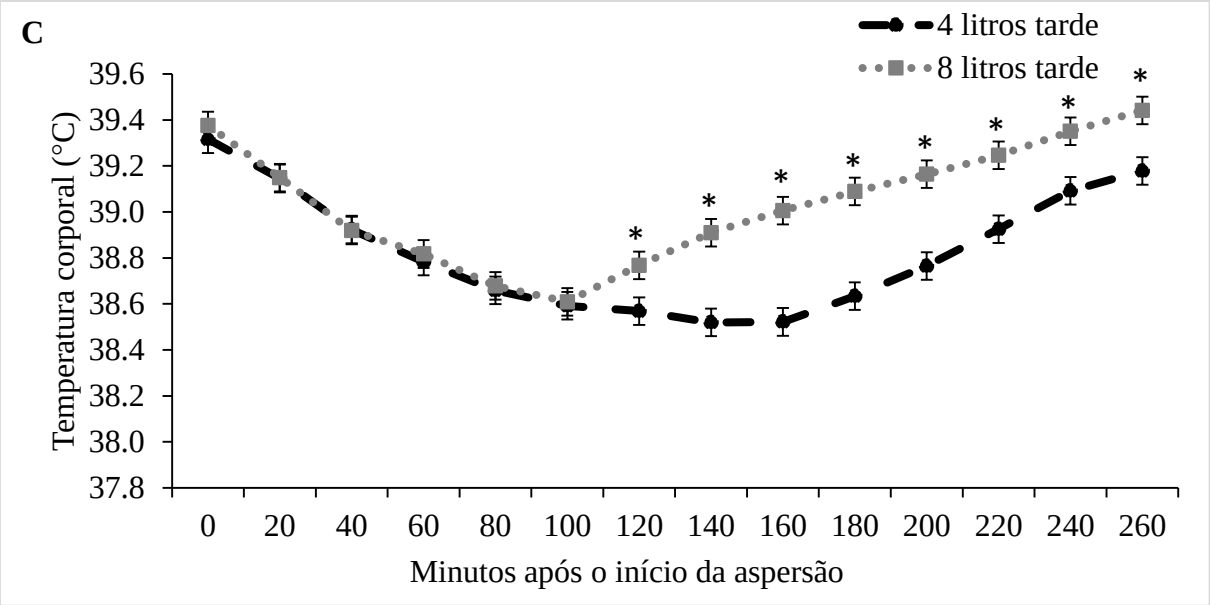


Figura 4. Índice de temperatura e umidade (THI) e temperatura vaginal (TV) de vacas leiteiras lactantes submetidas a aspersão de 4 *vs.* 8 litros de água (10:00 a 12:00 hs e 15:00 a 17:00 hs *vs.* 10:00 a 11:00 hs e 15:00 a 16:00 hs) A aspersão com 4 litros durante 2 horas (38,8 ± 0,05 °C) reduziu ($P < 0,05$) a TV dos animais em relação a aspersão de 8 litros durante 1 hora (39,0 ± 0,05 °C) (Painel A). Temperatura vaginal das vacas durante a aspersão (0, 20, 40, 60, 80, 100 e 120 min) e após a aspersão (140, 160, 180, 200, 220, 240 e 260 min) no período da manhã (Painel B). Temperatura vaginal das vacas durante a aspersão (0, 20, 40, 60, 80, 100 e 120 min) e após a aspersão (140, 160, 180, 200, 220, 240 e 260 min) no período da tarde (Painel C). Foi detectado interação tratamento x hora x período ($P < 0,01$) para a temperatura vaginal (Painel B e C).

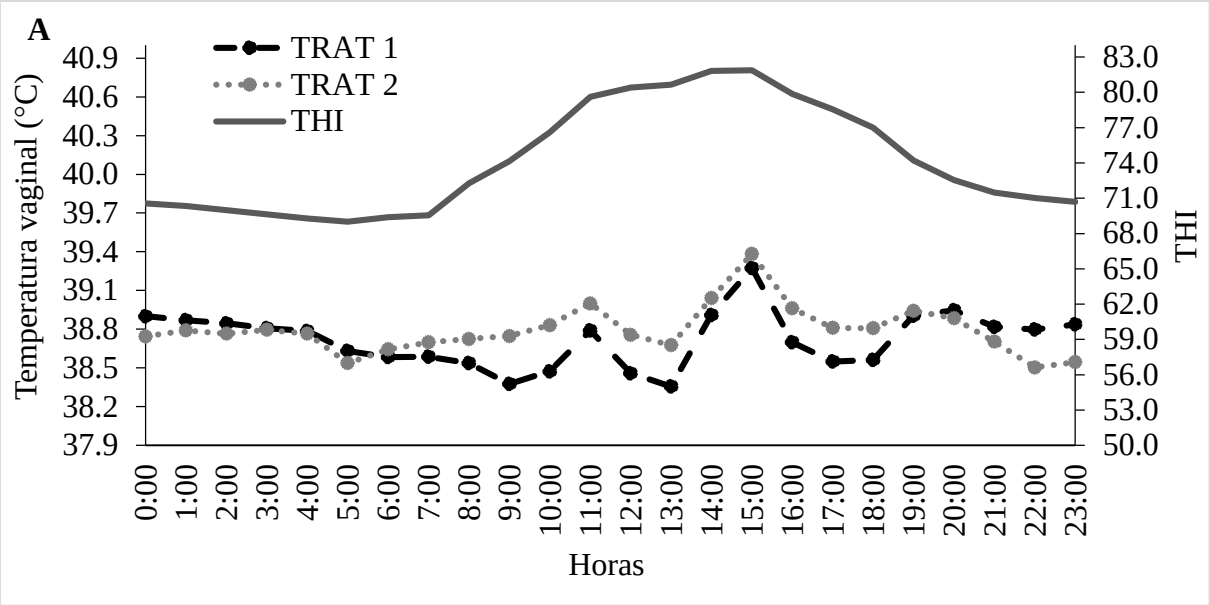


Figura 5. Índice de temperatura e umidade (THI) e temperatura vaginal (TV) de vacas leiteiras lactantes submetidas a aspersão de 4 litros de água durante 2 horas em diferentes horários. A aspersão de 4 litros de água durante 2 horas reduziu ($P < 0,05$) a TV dos animais no tratamento 1 (07:00 às 09:00 hs, 11:00 às 13h:00 hs e 15h:00 às 17:00 hs) em comparação ao tratamento 2 (11:00 às 13:00 hs, 15:00 às 17:00 hs e 19:00 às 21:00 hs). Os animais submetidos ao tratamento 1 permaneceu 91,7% com a TV abaixo de ≤ 39,1°C, em comparação ao tratamento 2 (87,5%). Foi detectado interação tratamento x hora ($P < 0,01$) para a TV das vacas.

Capítulo III

EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE UM IMUNOMODULADOR NA TEMPERATURA VAGINAL E PRODUÇÃO DE LEITE DE VACAS LEITEIRAS DURANTE O VERÃO

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo investigar os efeitos da suplementação do imunomodulador I.C.E® (*Internal Cooling Elements* - Cargill) nos parâmetros de temperatura vaginal e produção de leite de vacas leiteiras lactantes expostas ao estresse térmico. Vinte e quatro vacas ¾ Holandês-Gir multíparas lactantes foram divididas em dois grupos experimentais: controle (CONT; n = 12); tratamento com 50g de I.C.E® diariamente (TRAT; n = 12). Durante o período experimental (70 dias), as vacas foram mantidas em um único piquete com acesso *ad libitum* a água e dieta total, sendo ordenhadas duas vezes ao dia (05:00 e 17:00 hs). A produção de leite e o índice de temperatura ambiente umidade (THI) foram avaliados diariamente. A temperatura vaginal (TV) foi registrada em 5 períodos de 6 dias cada: Período 1: d 8 a 13; Período 2: d 22 a 27; Período 3: d 36 a 41; Período 4: d 50 a 55; Período 5: d 64 a 69. Os dados foram analisados através do procedimento MIXED do SAS. Para todas avaliações, o animal foi considerado a unidade experimental. Observou-se interação entre tratamento x período para a TV, sendo que no período 2 o tratamento com I.C.E reduziu ($P < 0,01$) a TV comparando-se com os animais do grupo controle. Foi detectado interação tratamento x hora para TV nos horários entre as 17:00 e 20:00 hs, onde os animais do grupo TRAT apresentaram menor TV ($P < 0,05$) em comparação ao grupo controle. A produção de leite não diferiu ($P > 0,05$) entre os tratamentos experimentais. Conclui-se que a utilização do suplemento I.C.E® demonstrou ser eficaz para reduzir a hipertermia em sistemas leiteiros onde os animais são expostos ao estresse térmico.

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

EFFECT OF SUPPLEMENTING AN IMMUNOMODULATORY FEED INGREDIENT ON VAGINAL TEMPERATURE AND MILK PRODUCTION OF LACTATING DAIRY COWS DURING SUMMER

ABSTRACT

The present study aimed to investigate the effects of I.C.E® (Internal Cooling Elements - Cargill) immunomodulator supplementation on vaginal temperature and milk yield parameters of lactating dairy cows exposed to heat stress. Twenty-four lactating multiparous Holstein-Gir cows were divided into two experimental groups: control (CONT; n = 12); treatment with 50g I.C.E® daily (TRAT; n = 12). During the experimental period (70 days), the cows were kept in a single paddock with ad libitum access to water and total diet, being milked twice a day (05:00 and 17:00 hs). Milk yield and room temperature humidity index (THI) were evaluated daily. Vaginal temperature (VT) was recorded in 5 periods of 6 days: Period 1: d 8 to 13; Period 2: d 22 to 27; Period 3: d 36 to 41; Period 4: d 50 to 55; Period 5: d 64 to 69. Data were analyzed using the SAS MIXED procedure. For all evaluations, the animal was considered the experimental unit. There was an interaction between treatment x period for VT, and in period 2 the treatment with I.C.E reduced ($P < 0.01$) VT compared to the animals of the control group. Treatment-hour interaction for VT was detected at times between 5:00 pm and 8:00 pm, where animals in the TRAT group had lower VT ($P < 0.05$) compared to the control group. Milk yield did not differ ($P > 0.05$) between experimental treatments. In conclusion, the use of the supplement I.C.E® has been shown to be effective to reduce hyperthermia in dairy systems where animals are exposed to heat stress.

Keywords: dairy cattle, heat stress, milk production.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de melhora do conforto térmico dos animais tem se tornado uma preocupação em países de clima tropical, onde as temperaturas ambientais elevadas são um problema recorrente nas granjas leiteiras (NARDONE et al., 2010). Os elementos climáticos estão relacionados com fatores limitantes da eficiência produtiva do animal (RENAUDEAU et al., 2012), sendo o conjunto da temperatura e umidade relativa do ar as principais responsáveis em ocasionar o estresse térmico (DAHL, 2010).

O estresse térmico representa grande impacto econômico na atividade leiteira por afetar significativamente a produção de leite (WHEELOCK et al., 2010). As perdas econômicas anuais são da ordem de $ 810 milhões de dólares quando os animais são mantidos em ambientes inadequados para seu conforto (FERREIRA et al., 2016). A hipertermia é definida como qualquer combinação de condições ambientais que tornem a temperatura efetiva do ambiente mais elevada que a faixa de temperatura da zona termoneutra do animal (THATCHER et al., 2010).

Em situações de estresse térmico, o bom funcionamento do sistema imunológico pode ser comprometido, tornando o animal susceptível a diversas enfermidades (DAS et al., 2016). Portanto, estratégias de manejo que aliviem o aumento da temperatura vaginal de vacas em lactação são necessárias para alcançar o sucesso produtivo em sistemas de produção de leite (FLAMENBAUM, 2010). Além do uso de técnicas que amenizem o aumento da temperatura ambiental, a utilização de imunomodulador na dieta de vacas em lactação pode ser uma boa estratégia de suporte ao sistema imune do animal pela ação dos antioxidantes (WANG et al., 2009).

Resultados recentes têm demonstrado que o fornecimento de um suplemento imunomodulador pode aumentar a produção de leite, diminuir a temperatura vaginal e a frequência respiratória de vacas leiteiras lactantes e não lactantes (HALL et al., 2014; BRANDÃO et al., 2016; FABRIS et al., 2017; LEIVA et al., 2017). Dentro desse contexto, o objetivo do presente estudo foi investigar os efeitos da suplementação de I.C.E® nos parâmetros de temperatura e produção de vacas leiteiras lactantes expostas ao estresse térmico durante o verão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido de Fevereiro a Abril de 2018 na Estação Experimental de Lageado da Universidade Estadual Paulista ´´Julio de Mesquita Filho´´, localizada em Botucatu, São Paulo, Brasil. Os animais foram tratados de acordo com práticas aceitáveis e protocolos experimentais revisados e aprovados pelo Comitê de Ética em Animais da FMVZ - UNESP (CEUA 0003/2017).

2.1 Animais e dieta

Vinte e quatro vacas Holandesas × Gir lactantes, multíparas (média inicial ± desvio padrão: peso corporal (PC) de 599 ± 15 kg; escore da condição corporal (ECC) de 3,02 ± 0,08; dias em lactação (DEL) de 183 ± 9,0; paridades 1,6 ± 0,2; produção de leite (PL) de 23,51 ± 1,02 kg/dia) foram utilizadas no presente estudo. No d -3, as vacas foram classificadas por paridade, DEL, PC, ECC e PL (WILDMAN et al., 1982) em ordem decrescente e alternadas para receber os tratamentos experimentais divididos em dois grupos: controle (CON; n = 12) e tratamento com 50 g vaca/dia do I.C.E® (*Internal Cooling Elements* - Cargill) no período de d 0 ao 70 (TRAT; n = 12).

Durante o período experimental as vacas foram mantidas em um único curral com acesso *ad libitum* à água e à dieta total (1,5 m de espaço linear de cocho/vaca). A dieta total consistiu (base na MS) de 589,0 g/kg de silagem de milho e 411,0 g/kg de concentrado formulado com o Spartan Dairy Ration Evaluator/Balancer (versão 3.0; Michigan State University, East Lansing, MI) para produzir 25 kg de leite/dia. Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, no período da manhã entre 06:00 e 07:00 hs e no período da tarde entre 17:00 e 18:00 hs. As vacas foram ordenhadas duas vezes ao dia em um sistema de ordenha lado a lado (05:00 e 17:00 hs) durante o experimento.

Do d 0 ao 70, as vacas TRAT receberam individualmente 50 g de I.C.E® misturado com 300 g de milho finamente moído (com base na dieta total), dividido em duas vezes após as ordenhas. O I.C.E® foi oferecido na quantidade recomendada pelo fabricante (Cargill). Os animais do grupo CON receberam apenas 300 g de milho moído finamente (com base na dieta total). O cocho de alimentação contendo os canzis não eram cobertos, mas continham um sistema de resfriamento de ventilador e aspersor. O sistema de resfriamento foi composto por 12 baias individuais, medindo 1,1 m por 1 m (comprimento x largura) e com processo de resfriamento por ciclos de pulverização de água e ventilação forçada constante a cada 10

minutos, logo após a ordenha da manhã e da tarde. Foram utilizados 8 aspersores de água para 12 animais (1,5 animais/aspersor) com 4,0 L/min (Pontas de Pulverização de Jato Plano de Grande Angular Turbo FloodJet®, Spraying Systems Co., Wheaton, IL).

2.2 Parâmetros avaliados

2.2.1 Índice de temperatura e umidade do ambiente

A temperatura ambiente, umidade relativa e THI (Willard et al., 2003) foram registrados e mensurados por meio de dois registradores de dados HOBO Water Temp Pro V2 (Onset Company, Bourne, MA) durante todo o período experimental. O dispositivo foi mantido na sombra e protegido da exposição direta do sol e do vento, localizado na instalação da estação de alimentação individual. Para leitura dos dados foi utilizado o *software* HOBOware Pro-Mac/Win Data Logger. Os dados foram expressos (média ± EP) como THI diário e THI horário entre os dias.

2.2.2 Temperatura vaginal

A temperatura vaginal (TV) de cada animal foi aferida por termômetros (registradores de temperatura iButton DS1922L, Maxim Integrated, São José, CA) acoplados a um dispositivo intravaginal (CIDR) (Zoetis, São Paulo, SP, Brasil) que não continham hormônios. A temperatura vaginal foi registrada a cada 10 min e descrito ao longo de 24 horas por 6 dias sendo dividida em 5 períodos de observação (Período 1: d 8 a 13; Período 2: d 22 a 27; Período 3: d 36 a 41; Período 4: d 50 a 55; Período 5: d 64 a 69). Os termômetros foram trocados todos os dias até completar os 6 dias de coleta de cada período com o objetivo de assegurar melhor eficiência no dados coletados.

2.2.3 Produção do leite

A produção individual de leite foi registrada diariamente ao longo dos 70 dias de experimento.

2.3 Analise estatística

O animal foi utilizado como unidade experimental, os dados foram analisados através do procedimento MIXED do SAS (versão 9.4; SAS Inst.) e a aproximação Satterthwaite para determinar os graus de liberdade para os testes dos efeitos fixos. Na análise de temperatura vaginal, o modelo continha os efeitos do tratamento, períodos, dia e as interações resultantes. Na análise de produção de leite, o modelo continha os efeitos de tratamento, dia e a interação resultante. O animal foi incluído como a variável aleatória e o termo específico para a medida repetida foi dia, enquanto que animal (tratamento × dia) foi incluído como o sujeito para a análise. A simetria composta foi utilizada como a estrutura de covariância já que forneceu os menores valores de AIC. Todos os resultados foram ajustados para a covariável (temperatura e produção de leite), reportados como LSM e separados usando a opção PDIFF do SAS. Significância foi determinada se $P \leq 0,05$. Os resultados foram apresentados de acordo com os efeitos principais se as interações não foram consideradas significativas.

3. RESULTADOS

Foi detectado interação tratamento x hora para a temperatura vaginal (TV), sendo que entre 17:00 e 20:00 hs, os animais do grupo I.C.E (TRAT) apresentaram menor TV ($P < 0,05$) em comparação aos animais do grupo controle (CONT) (39,1 *vs.* 39,3 °C, respectivamente) (Figura 1).

Foi detectado interação tratamento x período ($P < 0,01$) para TV. No período 2, correspondente aos dias 22 ao 27 do estudo, a TV das vacas que receberam o tratamento I.C.E (TRAT) diminuiu ($P < 0,05$) em relação ao grupo controle (CONT) (39,2 *vs.* 39,4 °C, respectivamente) (Figura 2).

A produção de leite não diferiu ($P > 0,05$) entre os tratamentos, onde o valor médio do TRAT e CONT foram 20,9 ± 2,3 e 19,6 ± 2,7 kg/dia.

O valor de THI médio foi de 72,4 ± 0,4, excedendo o limiar de conforto térmico (≥ 68) e caracterizando a exposição ao estresse térmico.

4. DISCUSSÃO

O presente estudo demonstrou que a suplementação com o I.C.E de vacas leiteiras durante o período de lactação expostas a condições de estresse termico tem efeito na redução da temperatura vaginal desses animais. A determinação da exposição ao estresse térmico foi determinada através da obtenção do THI, sendo o estudo dividido em 5 períodos experimentais, nos quais todos tiveram THI > 68, que é descrito como limite inferior para determinar condições ambientais que propiciam o estresse térmico em bovinos (ZIMBLEMAN et al., 2009).

Diferenças de tratamento para a temperatura vaginal foram mais evidentes durante o período 2 (d 22 a 27) de avaliação. Esse resultado pode ser atribuído ao maior THI observado durante esse período (75,6 ± 1,25) em relação aos demais períodos (Período 1 – 71,6 ± 1,5; Período 3 - 72,6 ± 1,8; Período 4 - 71,8 ± 0,6; Período 5 - 70,5 ± 1,3) do experimento, mostrando que a suplementação de I.C.E melhorou a hipertermia de vacas leiteiras em condições de maior THI. Semelhante ao observado neste estudo, Hall et al. (2014), relataram que a suplementação de um imunomodulador reduziu a temperaturas de vacas em lactação expostas a condições de estresse térmico (THI > 68). O mesmo resultado não foi observado quando as vacas foram expostas a ambiente termoneutro (THI ≤ 68). Resultados semelhantes também foram relatados por Fabris et al. (2017), os quais avaliaram vacas leiteiras não-lactantes expostas ou não a condições de estresse térmico e suplementadas ou não com o I.C.E.

Não foi detectado interação tratamento × período × hora para temperatura vaginal, mostrando que, dentro dos diferentes períodos, os animais responderam ao estresse térmico de forma semelhante. A interação tratamento x hora detectado para temperatura vaginal demonstra que a suplemantacao com I.C.E melhorou a hipertermia no momento 5 que compreende os horários (17:00 as 20:00 hs), o que pode provavelmente ser explicado pelo processo de resfriamento que os animais passaram logo antes desse período, mostrando a eficácia do produto em potencializar o processo de resfriamento. As diferenças entre os tratamentos na temperatura vaginal não foram suficientes para afetar os parâmetros de produção de leite (20,9 ± 2,3 *vs.* 19,6 ± 2,7 kg/dia). No estudo de Hall et al. (2014) também não foi detectado efeito com o uso de imunomodulador na produção de leite em vacas leiteiras lactantes sob estresse térmico.

5. CONCLUSÃO

O oferecimento de I.C.E para vacas expostas a condições de estresse térmico foi eficiente na redução da hipertermia. Vacas suplementadas com I.C.E não apresentaram melhoria na produção de leite. Os mecanismos exatos pelos quais este ingrediente modula a termorregulação em vacas leiteiras ainda são desconhecidos e merecem investigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANDÃO, A. P.; COOKE, R. F.; CORRÁ, F. N.; PICCOLO, M. B.; GENNARI, R.; LEIVA, T.; VASCONCELOS, J. L. M. Physiologic, health, and production responses of dairy cows supplemented with an immunomodulatory feed ingredient during the transition period. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 7, p. 5562–5572, 2016.

DAHL, G.E. Efeito do estresse térmico durante o período seco no desempenho pós-parto. In:14º Curso Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos. **Anais...**Uberlândia: Conapec Jr. p.357-62, 2010.

DAS, R.; SAILO, L.; VERMA, N.; BHARTI, P.; SAIKIA, J.; IMTIWATI; KUMAR, R. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. **Veterinary World**, v. 9, n. 3, p. 260–268, 2016.

FABRIS, T. F.; LAPORTA, J.; CORRA, F. N.; TORRES, Y. M.; KIRK, D. J.; MCLEAN, D. J.; CHAPMAN, J. D.; DAHL, G. E. Effect of nutritional immunomodulation and heat stress during the dry period on subsequent performance of cows. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 8, p. 6733–6742, 2017.

FERREIRA, F. C.; GENNARI, R. S.; DAHL, G. E.; DE VRIES, A. Economic feasibility of cooling dry cows across the United States. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 12, p. 9931–9941, 2016.

FLAMENBAUM, I. Management of Heat Stress to Improve Fertility in Dairy Cows in Israel. **The journey of reproduction and development**. v.56, p. 36-41, 2010.

HALL, L. W.; VILLAR, F.; CHAPMAN, J. D.; MCLEAN, D. J.; LONG, N. M.; XIAO, Y.; COLLIER, J. L.; COLLIER, R. J. An evaluation of an immunomodulatory feed ingredient in heat-stressed lactating Holstein cows: Effects on hormonal, physiological, and production responses. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 8, p. 7095–7105, 2014.

LEIVA, T.; COOKE, R. F.; BRANDÃO, A. P.; SCHUBACH, K. M.; BATISTA, L. F. D.; MIRANDA, M. F.; COLOMBO, E. A.; RODRIGUES, R. O.; JUNIOR, J. R. G.; CERRI, R. L. A.; VASCONCELOS, J. L. M. Supplementing an immunomodulatory feed ingredient to modulate thermoregulation, physiologic, and production responses in lactating dairy cows under heat stress conditions. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 6, p. 4829–4838, 2017.

NARDONE, A.; RONCHI, B.; LACETERA, N.; RANIERI, M. S.; BERNABUCCI, U. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. **Livestock Science**, v. 130, n. 1–3, p. 57–69, 2010.

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

THATCHER, W. W.; FLAMENBAUM, I.; BLOCK, J.; BILBY, T. R. Interrelationships of Heat Stress and Reproduction in Lactating Dairy Cows. In: High Plains Dairy Conference, Amarillo, Texas. **Anais**... Amarillo, Texas: 2010.

WANG, Y. Q.; PUNTENNEY, S. B.; BURTON, J. L.; FORSBERG, N. E. Use of gene profiling to evaluate the effects of a feed additive on immune function in periparturient dairy cattle. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 93, n. 1, p. 66–75, 2009.

WHEELOCK, J. B.; RHOADS, R. P.; VANBAALE, M. J.; SANDERS, S. R.; BAUMGARD, L. H. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows1. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 2, p. 644–655, 2010.

ZIMBLEMAN, R. B., R. P. RHOADS, L. H. BAUMGARD, AND R. J. COLLIER. Revised temperature humidity index (THI) for high producing dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 92, p. 347. (Abstr.), 2009.

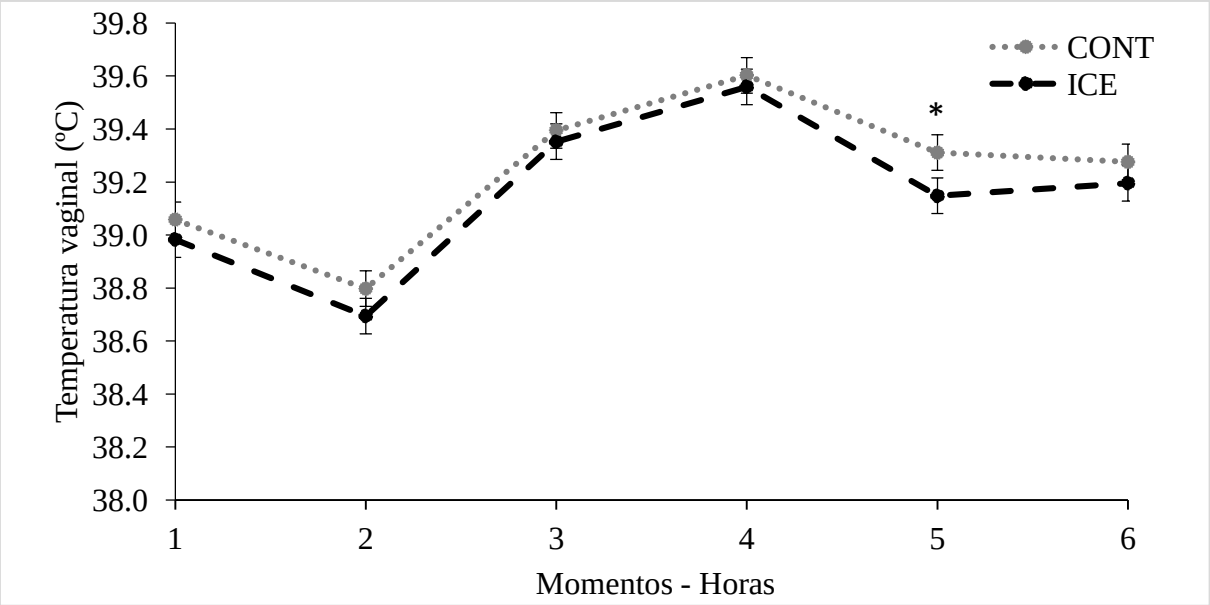


Figura 1. Temperatura vaginal de vacas leiteiras lactantes durante os diferentes horários avaliados. Momento-hora 1 (01h00 a 04h00), momento-hora 2 (05h00 a 08h00), momento-hora 3 (09h a 12h00), momento-hora 4 (13h00 a 16h00), momento-hora 5 (17h00 a 20h00) e momento-hora 6 (21h00 a 00h00). *Diferença significativa ($P \leq 0,05$).

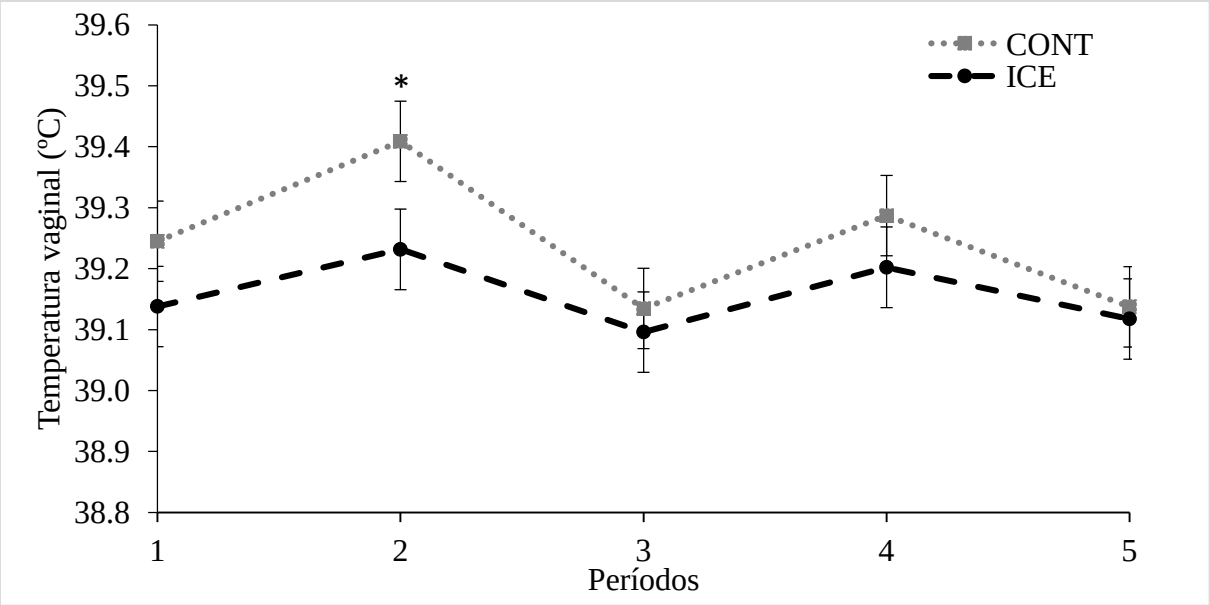


Figura 2. Temperatura vaginal de vacas leiteiras lactantes durante os 70 dias de experimento, dividido em 5 períodos, sendo esses: Período 1 (d 8 a 13), Período 2 (d 22 a 27), Período 3 (d 36 a 41), Período 4 (d 50 a 55) e Período 5 (d 64 a 69). *Diferença significativa (P≤ 0,05).

IMPLICAÇÕES

A presente dissertação teve como objetivo determinar estratégias que reduzam os efeitos do estresse térmico em vacas leiteiras, devido os efeitos negativos do estresse térmico sobre a saúde, bem estar, produção e fertilidade nestes animais, ocasionando perdas econômicas para o produtor.

O primeiro estudo visou determinar o melhor protocolo de aspersão de água que proporcione conforto térmico para vacas lactantes. Com os resultados obtidos, concluiu-se que a aspersão de 4 litros de água por 2 horas é capaz de manter a temperatura corporal por maior período de tempo dentro da zona de conforto térmico (<39,1ºC), proporcionando o bem estar animal. A implementação desse sistema de aspersão associado à ventilação em fazendas leiteiras pelo Brasil pode ajudar o produtor a melhorar os parâmetros produtivos e reprodutivos do rebanho, reduzindo as perdas econômicas ocasionados pelo estresse térmico. Atualmente, a maioria das propriedades produtoras de leite já possuem aspersores e ventiladores instalados. Portanto, a implementação do protocolo determinando no presente estudo é simples e sem maiores investimentos.

O segundo estudo visou determinar os efeitos da suplementação de 50 g/dia do imunomodulador I.C.E®. Como resultado, observou-se redução da temperatura vaginal dos animais. Mesmo que a produção de leite não tenha sido diferente entre os grupos, o tratamento é válido por proporcionar conforto térmico aos animais e tem potencial de melhorar a produtividade de vacas leiteiras.

Tendo em vista o exposto, ambos os resultados apresentam utilizadade prática para produtores de leite em áreas tropicais e subtropicais, onde os animais sofrem com a exposição ao estresse térmico durante os meses mais quentes do ano.