

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC  
CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR DO OESTE – CEO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA – PPGZOO**

**CLEITON MELEK**

**EFEITOS DA ADIÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS À BASE DE EUCALIPTOL E  
MENTOL NA DIETA DE VACAS JERSEY SOBRE O DESEMPENHO E A SAÚDE**

**CHAPECÓ**

**2023**

**CLEITON MELEK**

**EFEITOS DA ADIÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS À BASE DE EUCALIPTOL E  
MENTOL NA DIETA DE VACAS JERSEY SOBRE O DESEMPENHO E A SAÚDE**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Zootecnia pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.  
Orientadora: Prof. Dr. Ana Luiza Bachmann Schogor.

**CHAPECÓ**

**2023**

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da  
Biblioteca Universitária Udesc,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Melek, Cleiton  
EFEITOS DA ADIÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS À BASE  
DE EUCALIPTOL E MENTOL NA DIETA DE VACAS  
JERSEY SOBRE O DESEMPENHO E A SAÚDE / Cleiton  
Melek. -- 2023.  
69 p.

Orientadora: Ana Luiza Bachmann Schogor  
-- Selezione -- (mestrado) -- Universidade do Estado de  
Santa Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste,  
Programa de Pós-Graduação -- Selezione --, Chapecó, 2023.

1. Bovino. 2. Estresse térmico. 3. Suplementação. 4. Óleo  
essencial. I. Bachmann Schogor, Ana Luiza . II. Universidade  
do Estado de Santa Catarina, Centro de Educação Superior  
do Oeste, Programa de Pós-Graduação -- Selezione --. III.  
Título.

**CLEITON MELEK**

**EFEITOS DA ADIÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS À BASE DE EUCALIPTOL E  
MENTOL NA DIETA DE VACAS JERSEY SOBRE O DESEMPENHO E A SAÚDE**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Zootecnia pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.  
Orientadora: Prof. Dr. Ana Luiza Bachmann Schogor.

**BANCA EXAMINADORA**

Membros:

Prof. Ana Luiza Bachmann Schogor, Doutora  
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Prof. Aleksandro Scahfer da Silva, Doutor  
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

João Gabriel Rossini Almeida, Doutor  
Cargill

Chapecó, 28 de setembro de 2023.

Dedico aos meus pais, familiares, professores, amigos e colegas que contribuíram de forma direta para que esse esperado momento chegasse.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer à Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, por proporcionar a realização e execução do presente trabalho para obtenção do título de mestre em Zootecnia. Deixo também meus agradecimentos à Coordenação do Laboratório de Nutrição Animal – LANA por disponibilizar sua estrutura para a realização das análises do trabalho.

À Professora Ana Luiza Bachmann Schogor, que me orientou da melhor maneira possível na execução deste trabalho, nunca deixou de me ajudar e a acreditar na elaboração deste projeto, excelente professora que tive o prazer de ser seu aluno, bolsista e orientado em projetos de pesquisa durante a graduação e mestrado. Fica aqui meu agradecimento também aos mestrandos Lucas H. Bavaresco e Cristina Bachmann da Silva por todos os auxílios e trocas de conhecimento no laboratório de nutrição animal.

Aos meus amigos de infância, que sempre estiveram presentes nos momentos de distração, em especial ao Chrystian Cazarotto, amigo de longa data, que com todo seu entusiasmo sempre me motivou. Gostaria de agradecer à minha família, meus pais Dirceu e Cleia e aos meus irmãos Sidnei, Cleverson e Silmara, que sempre me ajudaram e me apoiaram ao longo de todo curso. A minha namorada Taeline, Zootecnista que sempre esteve comigo ao longo da graduação e mestrado, nos momentos bons e ruins sempre esteve ao meu lado. A todos os amigos e professores que contribuíram diretamente e indiretamente ao longo do curso, para a obtenção do diploma de zootecnista, grandes mestres, sempre dispostos a ajudar e auxiliar seus alunos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. À FAPESC pelo auxílio financeiro (Edital N. 30/2022, TR 2030).

Aos professores Rogério Ferreira e Aline Zampar por todo o auxílio no processamento dos dados. A granja Bavaresco por disponibilizar os animais e toda a estrutura para a execução do experimento.

“Veni, vidi, vici”.  
(Júlio César)

## RESUMO

Dada a importância do estresse térmico em bovinos leiteiros, além da evolução dos sistemas de ventilação e aspersão para resfriamento de vacas, a busca por aditivos que potencializem os métodos de controle da temperatura dos animais, para evitar principalmente hipertermia e estresse por calor, tem ganhado destaque em pesquisas pelo mundo todo e vem ao encontro do uso de óleos essenciais à base de menta e eucalipto, que têm mostrado trazer benefícios para animais não ruminantes (frangos e suínos). No entanto, a literatura dispõe de poucos trabalhos em relação a essa combinação para vacas leiteiras, categoria sabidamente exposta a fatores severos de estresse térmico, principalmente altas temperaturas no verão. São escassos os estudos realizados com óleos essenciais de menta e eucalipto, especialmente em vacas em lactação, avaliando seu efeito sobre o estresse térmico. Devido à sua esperada ação na termorregulação corpórea desses animais, o presente trabalho buscou avaliar o efeito da junção desses óleos através de um blend comercial. Para isso, foram selecionados 40 bovinos da raça Jersey de um rebanho comercial em sistema de confinamento do tipo *Compost Barn*, localizado no município de Guatambu, no estado de Santa Catarina, Brasil. Foram avaliadas medidas de produção, comportamento, parâmetros sanguíneos e hormonais. Foi possível observar que a suplementação com mentol e eucaliptol proporcionou melhoria na imunidade inata dos animais e, em situações de ITU elevado, promoveu a redução da frequência respiratória dos animais.

**Palavras-chave:** Bovino; Estresse térmico; Suplementação; Óleo essencial.

## ABSTRACT

Given the importance of thermal stress in dairy cattle, as well as the evolution of ventilation and spray systems for cow cooling, the search for additives that enhance methods of controlling animal temperature to prevent mainly hyperthermia and heat stress has gained prominence in research worldwide and aligns with the use of essential oils based on mint and eucalyptus, which have shown benefits for non-ruminant animals (chickens and pigs). However, the literature has few studies regarding this combination for dairy cows, a category known to be exposed to severe thermal stress factors, especially high temperatures in the summer. Studies on mint and eucalyptus essential oils are scarce, particularly in lactating cows, evaluating their effect on thermal stress. Due to their expected action in the thermoregulation of these animals, this study aimed to evaluate the effect of combining these oils through a commercial blend. For this purpose, 40 Jersey cattle from a commercial herd in a Compost Barn confinement system, located in Guatambu, Santa Catarina, Brazil, were selected. Production measures, behavior, blood parameters, and hormonal levels were assessed. It was observed that supplementation with menthol and eucalyptol improved the innate immunity of the animals and, in situations of elevated ITU, reduced the respiratory rate of the animals.

**Keywords:** Cattle; Thermal stress; Supplementation; Essential oil.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura química de alguns OEs monoterpenos cíclicos .....	30
Figura 2 - Níveis de lactose e ureia no leite .....	47
Figura 3 - Frequência respiratória dos animais do grupo de controle e OE avaliadas em diferentes dias do experimento, e THI dos dias de avaliação .....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de referência na hematologia bovina .....	37
Tabela 2 - Proporções de ingredientes alimentares nas dietas experimentais.....	41
Tabela 3 - Composição química da silagem de milho, pré-secado de azevém, ração comercial e dietas experimentais.....	42
Tabela 4 - Valores médios (média ± DP) das variáveis meteorológicas externas e internas do galpão, nos dias das coletas dos dados experimentais. ....	44
Tabela 5 - Perfil de leite dos animais do grupo de controle e OE.....	47
Tabela 6 - Perfil de células vermelhas e plaquetas dos animais do grupo de controle e OE .....	49
Tabela 7 - Perfil leucocitário dos animais do grupo de controle e OE .....	50
Tabela 8 - Marcadores bioquímicos e hormonais dos animais do grupo de controle e OE .....	51

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCZ	Associação Brasileira dos Criadores de Zebu
AIC	Critério de Informação de Akaike
AST	Aspartato Aminotransferase
ATP	Adenosina Trifosfato
CCS	Contagem de Células Somáticas
CHGM	Concentração de Hemoglobina Globular Média
CNA	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
DEL	Dias em Lactação
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
ECC	Escore de Condição Corporal
FA	Fosfatase Alcalina
FTIR	Infravermelho Médio com Transformada de Fourier
GGT	Gama Glutamil Transpeptidase
HGM	Hemoglobina Globular Média
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ITU	Índice de Temperatura e Umidade
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
mpm	Movimentos Respiratórios por Minuto
NUL	Nitrogênio Ureico do Leite
OE	Óleo Essencial
PARLEITE	Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa
PB	Proteína Bruta
PC	Peso Corporal
PIB	Produto Interno Bruto
PNQL	Programa Nacional de Melhoria da Qualidade do Leite
PV	Peso Vivo
RIISPOA	Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal
SRTM	Sociedade Rural do Triângulo Mineiro
tbs	Temperatura de Bulbo Seco
tpo	Temperatura de Ponto de Orvalho
TR	Temperatura Retal
TV	Temperatura Intravaginal
VGM	Volume Globular Médio

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>17</b>
2.1	BOVINOCULTURA DE LEITE NO BRASIL.....	17
<b>2.1.1</b>	<b>Bovinocultura de leite em Santa Catarina .....</b>	<b>19</b>
2.2	SISTEMA DE PRODUÇÃO <i>COMPOST BARN</i> .....	21
2.3	INFLUÊNCIA DO ESTRESSE TÉRMICO NA BOVINOCULTURA DE LEITE 23	
2.4	MÉTODOS PARA AVALIAR ESTRESSE TÉRMICOS EM BOVINOS LEITEIROS.....	25
2.5	ÓLEOS ESSENCIAIS: DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA....	29
2.6	ÓLEOS ESSENCIAIS NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES .....	30
2.7	HEMOGRAMA E A SAÚDE ANIMAL .....	34
<b>3</b>	<b>ARTIGO – EFEITOS DA ADIÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS À BASE DE EUCALIPTOL E MENTOL NA DIETA DE VACAS JERSEY SOBRE O DESEMPENHO E A SAÚDE.....</b>	<b>38</b>
3.1	RESUMO.....	38
3.2	INTRODUÇÃO .....	39
3.3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	40
<b>3.3.1</b>	<b>Localização, instalações e animais .....</b>	<b>40</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Design experimental, dieta e alimentação .....</b>	<b>41</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Amostra e coleta de dados .....</b>	<b>42</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Frequência respiratória, ITU, temperatura retal e comportamento animal .....</b>	<b>42</b>
<b>3.3.5</b>	<b>Variáveis ambientais .....</b>	<b>43</b>
<b>3.3.6</b>	<b>Análises laboratoriais .....</b>	<b>44</b>
3.3.6.1	<i>Análises dos alimentos.....</i>	44
3.3.6.2	<i>Hematológico.....</i>	44
3.3.6.3	<i>Bioquímica Sérica.....</i>	44
3.3.6.4	<i>Análises de leite .....</i>	45
<b>3.3.7</b>	<b>Análise de dados .....</b>	<b>45</b>
3.4	RESULTADOS .....	46
<b>3.4.1</b>	<b>Composição do leite .....</b>	<b>46</b>

3.4.2	Hemograma, leucograma e análises bioquímicas e hormonais.....	48
3.4.3	Frequência respiratória, temperatura intravaginal e comportamento	
	52	
4	DISCUSSÃO .....	53
5	CONCLUSÃO .....	58
	REFERÊNCIAS .....	59

## 1 INTRODUÇÃO

A bovinocultura de leite é uma das principais atividades agropecuárias no Brasil, responsável por movimentar cerca de 68 bilhões de reais no ano de 2021, com uma produção de 35,3 bilhões de litros que vem crescendo constantemente ao longo dos últimos anos. Minas Gerais é o maior produtor de leite no país, com 9,6 bilhões de litros produzidos em 2021, representando 27,22% da produção nacional no mesmo ano. Em seguida, vêm Paraná (4,41 bilhões de litros; 12,51%), Rio Grande do Sul (4,38 bilhões de litros; 12,42%) e Santa Catarina (3,16 bilhões de litros; 8,96%) (IBGE, 2021).

Toda essa evolução na cadeia produtiva da bovinocultura leiteira decorre da adoção de tecnologias e estratégias de criação que buscam aumentar a produtividade. Um exemplo disso é a adoção de diferentes sistemas de criação, como o *Compost Barn*, que consiste em criar o gado leiteiro em confinamento, em uma área reservada e coberta, com o solo revestido por serragem e esterco compostado. Os principais benefícios desse sistema são o maior controle das variáveis climáticas, como temperatura e umidade, e a redução do gasto energético devido ao menor esforço de deslocamento, aspectos que promovem uma maior produtividade (JANNI *et al.*, 2007).

Além das mudanças nos métodos de criação, outros pontos também necessitam ser observados, incluindo a nutrição animal. Além de uma dieta balanceada e rica em todos os nutrientes necessários para aumentar a produção de leite, novas pesquisas têm buscado suplementações fitoterápicas que não influenciem na qualidade do leite e que reforcem a saúde dos animais diante das diversas condições que possam afetá-los e, conseqüentemente, reduzir a sua produtividade.

Dentre as linhas de pesquisa neste âmbito, o estresse térmico, um fenômeno de superaquecimento do organismo do animal, surge como uma das principais preocupações. Esse aumento na temperatura corporal, acima do normal, afeta significativamente a quantidade e a qualidade do leite que as vacas leiteiras, sobretudo as de alto desempenho, conseguem produzir. Isso ocorre porque os animais gastam mais energia para reduzir a sua temperatura corporal, o que, por sua vez, reduz os processos metabólicos de produção do leite e interfere em seus parâmetros de qualidade, como a diminuição no teor de proteína e gordura, aumento da contagem de células somáticas, entre outros (LEES *et al.*, 2019).

Os principais métodos de redução do estresse térmico em bovinos envolvem a ventilação forçada e a aspersão de água sobre a superfície do animal, processos que auxiliam na troca de calor corporal com o ambiente. Entretanto, eles aumentam os custos de produção e são mais eficazes em sistemas de criação em confinamento. Assim, a suplementação animal para redução do estresse térmico surge como uma solução otimizada para o problema, sendo mais econômica, aplicável em qualquer tipo de sistema de criação e mais sustentável, economizando recursos naturais que seriam utilizados nos métodos tradicionais.

Entre as opções de suplementação natural para o controle do estresse térmico em bovinos, os óleos essenciais têm se destacado como uma alternativa eficaz. De acordo com Trevizani *et al.* (2019), os óleos essenciais são substâncias altamente concentradas e voláteis extraídas de plantas, como flores, folhas, caules, raízes e sementes. Essas substâncias são responsáveis pelos aromas característicos das plantas e possuem diversas aplicações, que vão desde a indústria de perfumes até a produção de medicamentos. No âmbito da alimentação animal, sua atividade bactericida, antifúngica e anti-inflamatória já é bem explorada, e pesquisas mais recentes têm sido realizadas para investigar sua capacidade de aumentar a resistência dos animais ao calor.

Neste contexto, o presente estudo trata sobre o uso de óleos essenciais, especificamente eucaliptol e mentol, na alimentação de vacas criadas no sistema *Compost Barn*, como elemento de controle do estresse térmico. A relevância desta pesquisa surge da importância de novas investigações sobre o uso de substâncias naturais para o controle de um problema que gera grandes prejuízos para a bovinocultura de leite, como é o caso do estresse térmico. O uso de óleos essenciais surge como uma solução sustentável e menos onerosa para o produtor em comparação aos métodos tradicionais (FREIRE, 2020).

É necessário destacar também a escassez de investigações sobre o uso de óleos essenciais de eucalipto e menta na redução do estresse térmico em bovinos, o que demonstra que se trata de uma pesquisa inovadora. A escolha por esses dois óleos essenciais se deve, principalmente, a pesquisas que demonstram que tais óleos apresentam benefícios para animais de criação não ruminantes, como frangos e suínos (DAL SANTO, 2021; SINHORIN *et al.*, 2017).

O objetivo do estudo foi avaliar se os óleos essenciais eucaliptol e mentol possuem efeitos benéficos como suplementação para o controle do estresse térmico

em bovinos leiteiros, da raça Jersey, em lactação, criadas no sistema *Compost Barn*. Parte-se da hipótese de que a suplementação com estes óleos essenciais contribui para a redução dos efeitos do estresse térmico, garantindo a qualidade e quantidade do leite produzido, além de colaborar para a manutenção do estado de saúde e conforto dos animais.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 BOVINOCULTURA DE LEITE NO BRASIL

A economia brasileira tem como um de seus principais pilares o agronegócio, que, em definição, são atividades voltadas para a produção no campo, envolvendo o cultivo de plantas e a criação de animais para fins comerciais. De acordo com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), em 2020, a soma de serviços e bens gerados no agronegócio brasileiro chegou a R\$ 1,98 trilhão, correspondendo a cerca de 27% do Produto Interno Bruto (PIB) do país (CNA, 2021).

Deste valor total, 70% (cerca de R\$ 1,38 trilhão) corresponde a atividades agrícolas, enquanto que o restante (R\$ 602,3 bilhões, ou 30%) é correspondente à pecuária. Especificamente, sobre a pecuária, essa atividade é definida como a criação de animais para fins comerciais, seja para a obtenção de carne ou outros produtos de origem animal (por exemplo, leite, ovo, lã, entre outros) (CNA, 2021; CARVALHO; ZEN, 2017).

Os principais tipos de pecuária praticados no Brasil são a bovinocultura (criação de bovinos), a avicultura (criação de aves) e a suinocultura (criação de suínos). Especificamente sobre a bovinocultura, trata-se da criação de bovinos e pode ser dividida entre bovinocultura de leite e bovinocultura de corte. Na bovinocultura de leite, o produtor tem interesse em produzir leite para a sua comercialização, sendo vendido tanto para o consumo, após o processo de pasteurização, quanto para a produção de derivados, como queijo e manteiga, além de ser ingrediente de inúmeros produtos alimentícios (CARVALHO; ZEN, 2017; MORAES *et al.*, 2021).

Durante mais de três séculos, a pecuária leiteira no Brasil teve pouca expressão. Foi só a partir da década de 1870, com a queda da produção de café e um cenário político mais favorável para a agricultura, que surgiu a oportunidade para modernizar as fazendas e desenvolver a pecuária (VILELA *et al.*, 2017).

Neste período, o rebanho brasileiro de bovinos era composto apenas por taurinos, animais de origem europeia. Entretanto, a sua criação no país enfrentava desafios de produtividade devido ao clima tropical. Com a introdução de raças zebuínas no final do século XIX, já adaptadas a um clima quente e úmido e, portanto, mais produtivas, a bovinocultura, anteriormente concentrada na região Sudeste,

experimentou uma significativa expansão, estendendo-se para todas as demais regiões do país (DIAS, 2012).

A partir de 1950, quando a segunda revolução industrial do país chegou ao fim, a pecuária começou a modernizar-se. O marco inicial da organização da produção de leite data de 1952, quando Getúlio Vargas aprovou o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). Isso tornou a pasteurização do leite, bem como a inspeção e o carimbo do Serviço de Inspeção Federal (SIF), obrigatórios. O regulamento também introduziu a classificação dos leites em tipos A, B e C, com base nas condições sanitárias da ordenha, processamento, comercialização e contagem microbiana (VILELA *et al.*, 2017).

Em 1967, a Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ) foi criada, substituindo a antiga Sociedade Rural do Triângulo Mineiro (SRTM) e ampliando a abrangência dos negócios para além das fronteiras do país. A ABCZ é responsável pelo registro genealógico das raças zebuínas em todo o país e possui o maior banco de dados zebuínos do mundo, com mais de 12 milhões de animais cadastrados (FERRAZA; CASTELLANIO, 2022).

Na década de 1970, todo o leite pasteurizado começou a ser embalado em embalagens descartáveis, o que reduziu as operações de recolhimento e higienização das embalagens retornáveis para consumidores e indústrias. Grandes inovações surgiram na indústria, como o lançamento de iogurtes e sobremesas lácteas em embalagens descartáveis e um novo tipo de tratamento térmico, a ultrapasteurização (DIAS, 2012).

Já na década de 1980 a produção de leite apresentou um aumento significativo de produção, passando de 7,9 milhões de toneladas em 1975 para 12 milhões de toneladas em 1985. Em 1999, a Portaria nº 56 do Ministério da Agricultura criou o Programa Nacional de Melhoria da Qualidade do Leite (PNQL), o qual implementou uma nova regulamentação da qualidade do leite nacional. Os leites tipo B e C passou a ser identificado apenas como leite cru refrigerado, e os padrões nacionais de qualidade foram alinhados aos padrões internacionais (FERRAZA; CASTELLANIO, 2022).

Em relação a evolução da produção de leite no Brasil, houve um crescimento ao longo das últimas décadas. Durante as décadas de 1970 até o final da década de 1990, a produção de leite no Brasil apresentou um crescimento significativo, com uma taxa média de crescimento anual de 3,7%. No período entre 1989 e 1999, a taxa de

crescimento anual foi ainda maior, chegando a 4,6%. Esse aumento foi atribuído principalmente ao incremento da produtividade das vacas em ordenha (VILELA *et al.*, 2017).

Entre 1995 e 1999, a produção brasileira de leite cresceu em média 4,05% ao ano, enquanto entre 2000 e 2010, o crescimento médio foi de 4,2% ao ano. Já na década de 2010, o setor registrou um crescimento anual médio de 4,5%, com exceção de 2013, quando a produção alcançou 34,3 milhões de toneladas, representando um aumento de 6% em relação a 2012, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2016. De 2013 para 2014, houve um acréscimo de 2,3% na produção, totalizando 35,1 milhões de toneladas. É esperado que o Brasil produza cerca de 47,5 milhões de toneladas de leite em 2025 (IBGE, 2016). Atualmente, a bovinocultura de leite movimenta no país cerca de R\$ 68,17 bilhões, com uma produção de 35,3 bilhões de litros, sendo Minas Gerais o maior estado produtor, com 9,6 bilhões de litros produzidos em 2021 (IBGE, 2021).

### **2.1.1 Bovinocultura de leite em Santa Catarina**

A introdução da criação de bovinos para a produção de leite em Santa Catarina é um fenômeno relativamente recente, ocorrendo na década de 1980. Historicamente, na região, os sistemas agrícolas eram caracterizados pela integração entre o cultivo de lavouras e a criação de animais, com uma ênfase especial em suínos e aves. A partir dos anos 1980, grandes empresas do setor agroalimentar começaram a concentrar a produção de matéria-prima voltada para a avicultura e suinocultura, resultando na exclusão de muitos pequenos produtores dessas cadeias produtivas (JOCHIMS; DORIGON; PORTES, 2016).

De acordo com Winckler e Molinaria (2015), essa exclusão levou ao colapso dos sistemas de produção das pequenas propriedades rurais, uma vez que os grãos produzidos eram destinados à alimentação dos animais, agregando valor e viabilidade econômica a essas unidades de produção. Além disso, os resíduos desses animais eram utilizados como adubo nas lavouras de milho, criando um ciclo sustentável de produção.

Entretanto, com a queda dos preços das *commodities*, principalmente dos grãos, muitos estabelecimentos rurais de base familiar enfrentaram uma crise. Em meio a essas dificuldades crescentes, os agricultores começaram a buscar novas

alternativas para sua subsistência. A atividade leiteira, que já estava presente em grande parte das propriedades agropecuárias, mas inicialmente voltada principalmente para consumo familiar (leite e queijo), passou a desempenhar um papel mais significativo (JOCHIMS; DORIGON; PORTES, 2016).

A partir dos anos 1990, a produção de leite se revelou como uma opção viável e tornou-se a principal fonte de renda das propriedades rurais. Esse rápido crescimento da atividade leiteira catarinense ocorreu devido à presença de pequenos rebanhos nas propriedades, que forneciam leite para o consumo familiar e a produção de queijo colonial. O excedente era vendido no mercado informal, baseado em relações de confiança entre produtores e consumidores (SANTOS; MARCONDES; CORDEIRO, 2006).

Comparativamente à suinocultura e à avicultura, a bovinocultura leiteira tinha barreiras econômicas menores para o início da atividade e permitia uma expansão gradual na escala de produção nas propriedades rurais. Além disso, era adequada ao trabalho familiar e à tradição histórico-cultural, permitindo o uso conservacionista dos recursos naturais e a utilização de terras menos nobres (JOCHIMS; DORIGON; PORTES, 2016).

Conforme Winckler e Molinaria (2015), atualmente, a atividade leiteira gera um valor agregado significativo para a agricultura e permite que a maior parte desse valor seja apropriada pelos agricultores, contribuindo para a renda mensal tanto dos agricultores quanto das pequenas cidades da região. Devido à sua extensão, a produção leiteira tem um efeito multiplicador na economia regional, com a presença de diversas etapas da indústria, desde pequenas queijarias artesanais até médias/grandes laticínios, que geram empregos e renda bem distribuídos. Assim, a bovinocultura leiteira se consolidou como uma opção econômica para a ampla maioria dos agricultores de Santa Catarina.

A produção de leite em Santa Catarina continua a crescer a taxas acentuadas e constantes, superando a observada em outros estados. Entre 2000 e 2013, por exemplo, a produção catarinense cresceu 190%. Em 2007, Santa Catarina já se tornou o quinto maior produtor nacional de leite e, em 2014, representou 8,5% da produção brasileira. O Oeste Catarinense responde por cerca de 75% do total de leite produzido no estado. Essa rápida transformação demonstra a capacidade da agricultura familiar da região de promover mudanças produtivas e organizacionais, incorporando tecnologias e inovações (EPAGRI, 2016).

Outro dado significativo é o aumento do número de vacas ordenhadas na região, que passou de 221.972 em 1990 para 729.862 em 2014, um incremento de 328%. Além disso, a produção por vaca ordenhada aumentou de 1.200 litros por ano em 1990 para mais de 3.000 litros em 2014, representando um aumento de produtividade de 247%. Essa alta produtividade contribuiu para que a Região Sul do Brasil se tornasse a mais produtiva do país, superando a Região Sudeste. O Oeste Catarinense já é a terceira maior bacia leiteira do Brasil, ficando atrás apenas das bacias leiteiras do noroeste do Rio Grande do Sul e do Triângulo Mineiro, apesar de sua evolução recente em comparação com as demais regiões (IBGE, 2015).

Atualmente, a bovinocultura de leite catarinense ocupa a quarta colocação, com uma movimentação financeira de R\$ 6,2 bilhões e uma produção de 3,1 bilhões de litros de leite. Dentro do cenário, o município de Concórdia se destaca como maior produtor de leite no estado (IBGE, 2021).

## 2.2 SISTEMA DE PRODUÇÃO *COMPOST BARN*

A forma de instalação utilizada para a bovinocultura leiteira exerce uma significativa influência nos resultados de produtividade e saúde do rebanho, bem como na qualidade do leite produzido. Ao planejar as instalações, é fundamental levar em conta diversos fatores, com foco na obtenção de conforto térmico, espaço físico adequado, área de alimentação e tipo de piso, entre outros aspectos que permitem que os animais expressem todo o seu potencial genético (MOTA; ANDRADE; LEITE, 2020).

De acordo com Muniz *et al.* (2021), no Brasil, devido à abundância de forragem disponível, os sistemas de criação de gado leiteiro têm o pasto como principal base alimentar. No entanto, a baixa produtividade é comum nesse sistema, especialmente devido à sazonalidade na produção de forragem das gramíneas tropicais. Por essa razão, os produtores de leite têm demonstrado um crescente interesse em adotar o confinamento para suas vacas, dentre eles, o sistema *Compost Barn* vem ganhando destaque.

O *Compost Barn* é um modelo de instalação que busca proporcionar máximo conforto e bem-estar aos animais, com o objetivo de aumentar a produtividade ao oferecer um local confortável e seco durante todo o ano para o rebanho. De maneira geral, esse sistema consiste em uma ampla área coberta para o descanso dos

bovinos, com o solo sendo revestido com serragem e esterco compostado (JANNI *et al.*, 2007).

O sucesso do sistema depende, principalmente, do manejo adequado do revestimento do solo, também chamado de cama, o qual requer revolvimento periódico para garantir a compostagem do esterco. Quando a compostagem da cama é realizada corretamente, a cama permanece em uma temperatura adequada com pouca umidade, evitando a proliferação de microrganismos e problemas relacionados com a higiene dos bovinos. Outros fatores a serem considerados são a escolha adequada do local da instalação para garantir boa ventilação natural, observação do deslocamento do sol e drenagem da água durante períodos chuvosos, além de evitar a superlotação do espaço (MUNIZ *et al.*, 2021).

De acordo com Silva e Sanches (2020), dentre as melhorias relatadas em comparação com o modelo de criação em pasto e outros sistemas de confinamento, é possível citar um maior conforto térmico, menor estresse físico, redução da contagem de células somáticas (CCS), aumento na produção de leite, além de melhores condições de trabalho para os produtores. Em seu estudo, os autores compararam a produção de leite de 59 vacas em sistema de criação em pasto e em *Compost Barn*. Verificou-se que a produção média diária de leite foi 13% maior neste sistema em relação à criação em pasto.

Essa elevação observada em Silva e Sanches (2020) está relacionada com o fato de que, no *Compost Barn*, o animal encontra-se protegido constantemente da radiação solar direta, além de possuir uma área confortável de repouso em termos mecânicos e térmicos, não precisar realizar grandes deslocamentos para alimentar-se, entre outros fatores ambientais que contribuem para a homeotermia e controle do estresse físico e térmico, em comparação com a criação em pasto aberto. Corroborando com essa informação, Silva *et al.* (2022), em estudo bibliométrico sobre o *Compost Barn*, observaram que inúmeras pesquisas indicam que os benefícios deste sistema incluem maior conforto, aumento na produção de leite, melhor taxas reprodutivas e redução nos problemas de casco.

Em estudo recente de revisão sistemática, Frigeri *et al.* (2023), detalharam que vacas em *Compost Barns* apresentaram sinais de estresse a partir de um Índice de Temperatura e Umidade (ITU) de 69, entrando em estado de alerta entre 70 e 74-75, de perigo entre 75-79 e de emergência a partir de 80, sendo o ITU a variável mais utilizada para avaliar o conforto térmico de vacas em lactação neste tipo de sistema

de criação. Em conclusão, os autores afirmam que este conforto térmico afeta diretamente o comportamento desses animais, uma vez que, sob condições adversas, eles visitam menos o comedouros e mais o bebedouro, ficam menos deitadas, caminham mais e apresentam maior frequência de comportamentos agonísticos e dispneia.

De acordo com Silva e Sanches (2020), apesar dos significativos benefícios que o *Compost Barn* apresenta em relação ao sistema em criação no pasto, para obter bons resultados, é essencial realizar um correto manejo da cama de compostagem, mantendo a sua umidade em um nível adequado para evitar o surgimento de doenças, como a mastite, e queda de produtividade por desconforto animal.

### 2.3 INFLUÊNCIA DO ESTRESSE TÉRMICO NA BOVINOCULTURA DE LEITE

O estresse térmico em bovinos tem sido objeto de pesquisa na indústria de bovinocultura leiteira por muitos anos, uma vez que altas temperaturas, aliadas a uma alta umidade relativa do ar, têm um impacto negativo no desempenho do gado leiteiro. Os bovinos possuem diferentes mecanismos de regulação da temperatura corporal, que incluem a condução, a convecção, a irradiação e a evaporação. No entanto, a eficácia desses mecanismos varia de acordo com as condições ambientais, e altas temperaturas e umidade podem levar a uma condição de superaquecimento corporal, conhecida como estresse térmico (LEES *et al.*, 2019).

Conforme Dal Más *et al.* (2020), na bovinocultura leiteira, o conforto térmico do rebanho é de grande relevância, pois o estresse térmico pode afetar negativamente a função biológica e a saúde dos animais, prejudicando diretamente a produtividade. O estresse térmico está associado a prejuízos significativos na indústria, uma vez que causa efeitos negativos de ordem qualitativa (qualidade do leite) e quantitativa (volume produzido), portanto, é fundamental monitorar as condições de conforto térmico dos animais, garantindo seu bem-estar e aumentando a eficiência produtiva.

A zona de conforto térmico de bovinos situa-se entre 5 a 25 °C. Dentro dessa faixa, eles produzem calor metabólico basal sem incorrer em custos fisiológicos adicionais para a produção de leite e para outros processos fisiológicos. No entanto, quando os animais são expostos a ambientes com um ITU acima de 72 ou temperaturas superiores a 25°C, começam a demonstrar sinais de estresse térmico,

incluindo um aumento na temperatura retal e na frequência respiratória (KADZERE *et al.*, 2002; ZIMBELMAN *et al.*, 2009).

Em bovinos leiteiros de alta produtividade, a produção de leite pode ser afetada antes mesmo de o animal demonstrar sinais de estresse térmico, a partir de um ITU de 68. De modo a lidar com o excesso de calor corporal, os animais reduzem os processos metabólicos relacionados à síntese de leite, priorizando a atividade de termorregulação do organismo. Além disso, o estresse térmico durante o período pré-parto pode resultar em redução do tempo de gestação, menor peso dos bezerros ao nascimento e diminuição da produção de leite na lactação subsequente (ZIMBELMAN *et al.*, 2009; TAO *et al.*, 2011).

Em complemento, Baumgard *et al.* (2015) comentam que o aumento da temperatura corporal das vacas direciona o fluxo sanguíneo para a pele, facilitando a dissipação de calor e reduzindo a produção de calor metabólico. Esse processo leva, além da redução na produção de leite, a uma diminuição da atividade do sistema imunológico, da ingestão de alimentos e da eficiência reprodutiva. Para melhorar a dissipação de calor e otimizar o resfriamento ativo dos animais, é possível utilizar diferentes métodos, como o uso de ventiladores e a aspersão de água.

Ainda em relação aos métodos para melhorar a dissipação de calor em bovinos, a utilização de vasodilatadores, como a niacina, ou formulações compostas por vários ingredientes, que inclui dióxido de silício, cervejeiros, levedura desidratada, niacina, vitamina B12, riboflavina-5-fosfato, d-pantotenato de cálcio, cloreto de colina, biotina, monohidrato de tiamina, cloridrato de piridoxina, bissulfato de menadiona dimetilpirimidinol, ácido fólico, aluminossilicato de sódio, terra de diatomáceas, carbonato de cálcio, casca de arroz e óleo mineral (Omnigen®), estão sendo avaliados (DI COSTANZO *et al.*, 1997; DAL MÁ S *et al.*, 2016).

A busca por aditivos alimentares que potencializem os métodos de controle de temperatura dos animais, especialmente para evitar a hipertermia e o estresse por calor, coincide com o uso de óleos essenciais à base de menta e eucalipto, que têm demonstrado eficácia em animais não ruminantes, como frangos e suínos (DAL SANTO *et al.*, 2021; SINHORIN *et al.*, 2017). No entanto, ainda não existem estudos sobre o uso desses produtos em vacas leiteiras, uma categoria que enfrenta notáveis desafios de estresse térmico, especialmente durante as altas temperaturas no verão.

## 2.4 MÉTODOS PARA AVALIAR ESTRESSE TÉRMICOS EM BOVINOS LEITEIROS

O desenvolvimento de metodologias para avaliar o estresse térmico em bovinos leiteiros tem sido objeto de estudos ao longo das últimas décadas e encontra-se em constante evolução. Um dos principais parâmetros para se avaliar a condição térmica destes animais é por meio da mensuração temperatura corporal, a qual pode ser verificada via temperatura retal (TR), temperatura intravaginal (TV), temperatura do rúmen, temperatura do tecido subcutâneo e temperatura através do canal auditivo.

Conforme citam Ferreira *et al.* (2006), além da temperatura corporal, outros parâmetros podem ajudar na identificação do estresse térmico em animais, como a frequência respiratória e mudanças no comportamento. No entanto, para determinar que essas alterações são provenientes de estresse térmico, elas precisam estar correlacionadas com os índices climáticos do ambiente em que o bovino se encontra, uma vez que outros elementos, sobretudo patologias, também podem modificá-los. Assim, para definir se o estresse térmico está presente, é fundamental garantir que as alterações identificadas nos animais ocorrem em condições ambientais propícias para a ocorrência do fenômeno, excluindo também outras possíveis causas.

Dentre os índices climáticos relacionados ao estresse térmico, a temperatura ambiental e a umidade relativa do ar destacam-se como os principais. Isso ocorre porque temperaturas elevadas causam acúmulo de calor nos animais, enquanto alta umidade relativa do ar reduz a eficiência de seus mecanismos de dissipação de calor, levando ao estresse térmico. Para avaliar as condições ambientais relacionadas ao conforto térmico, o principal parâmetro é o já mencionado ITU, um índice formado pela temperatura ambiente e umidade relativa do ar (DAL MÁ S *et al.*, 2020).

A partir da escala do ITU, foram geradas as chamadas zonas de conforto térmico para bovinos, sendo que, para bovinos tropicalizados, um ITU de até 71 indica conforto térmico; entre 72 e 79, há estresse térmico leve; de 80 a 89, há estresse térmico moderado; e um ITU de 90 ou mais indica estresse térmico severo (GHIZZI *et al.*, 2018). Neste ponto, cabe salientar que tais zonas podem se alterar conforme a zona climática da região de criação e a raça do bovino, já que algumas raças possuem maior resistência ao calor e umidade do que outras (FERREIRA *et al.*, 2006).

Segundo Dál Mas *et al.* (2020), o ITU está diretamente relacionado à temperatura corporal do animal, sendo que quanto maior o ITU no ambiente, maior

será a temperatura corporal do bovino. A faixa fisiológica de temperatura corporal normal para bovinos leiteiros é entre 38°C e 39,3°C, com pequenas variações dependendo da raça. Para medir a temperatura corporal, podem ser usados métodos tradicionais, como a medição manual com termômetros de mercúrio ou eletrônicos (sensores de temperatura). A TR e TV em bovinos são muito próximas, permitindo a escolha entre uma dessas duas vias de medição.

Outro método de medição de temperatura é o uso de termômetros automáticos *data loggers*, conhecidos como *iButtons*, que, acoplados a dispositivos intravaginais usados para a indução de cio em bovinos, fazem a aferição automática do TV. Esses dispositivos permitem programar a medição da temperatura em intervalos específicos e enviar os valores diretamente para um *software* que pode ser acessado por dispositivos móveis ou computadores, proporcionando um acompanhamento em tempo real, sem a necessidade de medição manual. O registro da temperatura fica armazenado no aparelho receptor, sendo possível construir gráficos de temperatura por períodos de tempo (COSTA *et al.*, 2019).

Em estudo realizado por Mayens *et al.* (2018), foi avaliada a correlação entre a temperatura corporal monitorada por termômetros *data loggers iButton* (Thermochron®), acoplados em dispositivos intravaginais e a temperatura retal medida manualmente com termômetros digitais. Na pesquisa, realizada com 10 novilhas, a coleta de temperatura foi feita a cada quatro horas pelos dois métodos. Os resultados demonstraram que a TR medida manualmente por termômetros digitais e a TV monitorada por *iButton* possuem alta correlação e eram estatisticamente semelhantes ( $p < 0,05$ ), validando a eficácia do *iButton* como método de verificação da temperatura corporal de bovinos.

Outra opção para medir a temperatura corporal na bovinocultura leiteira, de acordo com Leão *et al.* (2015), é a termografia infravermelha, um método não invasivo que utiliza câmeras com sensores infravermelhos para medir a temperatura superficial do corpo dos animais. Em relação ao estresse térmico, essa tecnologia é mais eficaz na avaliação das condições ambientais em que o animal se encontra, permitindo determinar se ele está em conforto térmico. Dada as suas características, esse método é particularmente útil em sistemas de criação em confinamento, como o *Compost Barn* e o *Free Stall*.

Além da temperatura corporal, outro parâmetro utilizado para avaliar o estresse térmico em bovinos é a frequência respiratória. De acordo com Ferrazza *et al.* (2017),

a frequência respiratória de vacas sob estresse térmico tende a aumentar antes mesmo que a temperatura corporal se eleve, pois os animais tentam dissipar calor por meio do aumento da respiração.

Em condições de conforto térmico, a frequência respiratória de bovinos varia entre 15 e 30 movimentos respiratórios por minuto (mpm). Entre 45 e 65 mpm, considera-se que os animais estão em estresse térmico leve a moderado, e acima de 70 mpm, estão em estresse térmico severo. O ITU está diretamente relacionado ao aumento da frequência respiratória, com uma relação de 1:2 (cada ponto de aumento no ITU eleva a frequência respiratória em dois) (DAL MÁZ *et al.*, 2020).

Existem diversos métodos para medir a frequência respiratória de bovinos. O método mais simples é a contagem manual, no qual um observador conta o número de movimentos respiratórios do animal durante um período de tempo. No entanto, esse método pode ser pouco preciso, já que depende unicamente da qualidade da observação. Outra opção é o uso do estetoscópio, que é colocado na região torácica do animal para auscultar os sons associados à respiração. Embora mais preciso, pode ser complexo dependendo do comportamento do animal, sobretudo em condições de estresse térmico, em que há irritabilidade (ZERO *et al.*, 2015).

Uma solução mais tecnológica é o uso de sensores específicos para medir automaticamente a frequência respiratória. Esses sensores podem ser máscaras equipadas com sensores de fluxo/pressão de ar ou dispositivos com várias funções, implementados sob a pele do animal. Ainda, existem dispositivos cervicais capazes de estimar a frequência respiratória do animal por meio de sensores (RESENDE *et al.*, 2021; CASTRO JUNIOR *et al.*, 2021; LEMMENS *et al.*, 2023).

Outro parâmetro que pode ajudar na identificação do estresse térmico é o comportamento do animal ou do rebanho. Nos bovinos, as atividades diárias podem ser divididas em três comportamentos básicos: atividade, ruminação e ócio. A duração de cada um desses comportamentos pode ser afetada pelo estresse térmico. O aumento da temperatura corporal devido ao estresse térmico pode levar a sintomas como apatia, letargia, perda de apetite e fraqueza, resultando em alterações nos padrões de comportamento, como períodos de atividade em horários que normalmente seriam de ruminação ou ócio (BARRETO *et al.*, 2020).

Portanto, o comportamento dos animais, combinado com informações sobre as condições ambientais, pode servir como indicativo de estresse térmico. A observação manual do comportamento animal é um método tradicional, porém trabalhoso e menos

preciso. O videomonitoramento é outra opção disponível no mercado, permitindo que os criadores observem os animais à distância e gravem seu comportamento para análises posteriores (CARVALHO *et al.*, 2015).

Segundo Garcia *et al.* (2017), uma abordagem tecnológica mais recente para avaliar o comportamento dos bovinos é o uso de coleiras eletrônicas. Esses dispositivos são colocados na região cervical do animal e registram sua movimentação ao longo do dia. Os dados coletados pelos dispositivos são processados por software, gerando gráficos que mostram quanto tempo o animal gasta em cada um dos comportamentos básicos por dia e em que horários, o que ajuda na identificação de estresse térmico.

Essas coleiras eletrônicas funcionam com base em acelerômetros triaxiais, que medem o ângulo de inclinação em relação à Terra e a quantidade de aceleração dinâmica. Esses dados são interpolados e usados para determinar a posição do animal em relação ao solo, sua velocidade e direção de movimento, possibilitando a identificação do comportamento em tempo real e em diferentes momentos do dia (COSTA; CANTOR; NEAVE, 2020).

Sobre o uso dessa tecnologia para avaliação do estresse térmico em bovinos, Barreto *et al.* (2020), em estudo, utilizaram um dispositivo cervical para registrar o comportamento dos animais diante do estresse térmico em dois tipos de sistema de criação em pastagem: em pleno sol e arborizada. Os resultados demonstraram que, embora os tempos destinados em cada comportamento não tenham se alterado, os que foram criados em pleno sol apresentaram maior tempo de deslocamento à noite e ao amanhecer e menor tempo de descanso nos mesmos períodos, hábitos criados para evitar o estresse térmico durante o dia. Os autores salientam que essa mudança no ciclo circadiano, por sua vez, acarreta em menor desempenho do rebanho.

No que diz respeito à tecnologia disponível no mercado para monitorar o estresse térmico em bovinos leiteiros, os dispositivos cervicais vêm ganhando destaque, a exemplo do SenseHub®, da marca AllFlex, C-Tec HealthyCow®, da Chip Inside, e o CowMed Monitoramento®, da CowMed. Estes dispositivos são equipados com vários sensores, capazes de indicar o estado de saúde geral do animal, incluindo a frequência respiratória, fornecendo um alerta quando uma possível condição de estresse térmico é detectada (GARCIA *et al.*, 2017; LEMMENS *et al.*, 2023).

É importante observar que a bovinocultura leiteira está constantemente evoluindo, com tecnologias disponíveis para monitorar diversas condições dos

animais, incluindo o estresse térmico. O uso dessas tecnologias pode melhorar o bem-estar e a saúde dos bovinos, contribuindo para uma maior eficiência na produção leiteira.

## 2.5 ÓLEOS ESSENCIAIS: DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA

O óleo essencial (OE) é uma substância sintetizada pelas plantas, altamente voláteis e podem ser obtidos através da destilação a vapor ou por processos mecânicos. Também existem óleos produzidos por outros métodos de extração, como a utilização de solventes orgânicos ou dióxido de carbono supercrítico, que não são considerados óleos essenciais verdadeiros, sendo classificados como resinas ou oleorresinas. Em uma única espécie de planta, podem ser encontrados vários compostos, e sua composição pode variar de acordo com o tipo de solo, estação do ano, localização geográfica e idade da planta (PAULI; KUBECZKA, 2010).

De acordo com Reis *et al.* (2020), os OEs são complexas substâncias naturais, com características voláteis, lipofílicas e aromáticas, que ocorrem em plantas aromáticas e apresentam uma ampla gama de propriedades biológicas e funcionais. Eles desempenham um papel crucial na emissão de odores característicos das plantas e são compostos por uma variedade de componentes químicos, como álcoois simples, terpenos, aldeídos, fenóis, cetonas, ésteres, óxidos, peróxidos, ácidos orgânicos, cumarinas, lactonas e compostos contendo enxofre. Essa composição química distingue os óleos essenciais dos óleos vegetais comuns, que consistem principalmente em ácidos graxos.

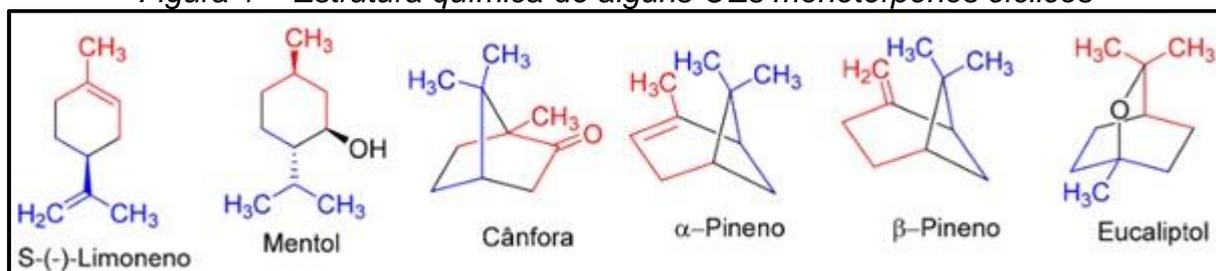
Também conhecidos como óleos voláteis, óleos etéreos ou essências, os OEs compartilham a característica de serem solúveis em solventes orgânicos apolares, como o éter, embora sua solubilidade em água possa ser limitada. Além disso, os métodos de extração de óleos essenciais variam dependendo da planta de origem e podem incluir técnicas como destilação a vapor, enfloração, extração com solventes orgânicos, CO<sub>2</sub> supercrítico e prensagem (CAVALARI; OLIVEIRA, 2017; TREVIZIANI *et al.*, 2019).

Existem na natureza uma grande diversidade de OEs, sendo conhecidos cerca de 3000 compostos, dos quais 300 são considerados comercialmente importantes. Essas substâncias desempenham uma função significativa na aromaterapia como ferramenta terapêutica, além de serem utilizados para inúmeros outros processos,

como, por exemplo, aditivos conservantes de alimentos. Essas substâncias podem se concentrar em órgãos vegetais específicos, como folhas, ramos, raízes, rizomas, sementes, frutos, flores e caules. No entanto, a sua concentração tende a ser mais elevada em estruturas verdes, devido às vias metabólicas da fotossíntese (RANASINGHE *et al.*, 2013; SOARES, 2020).

Esses compostos são separados de acordo com sua estrutura química em dois grandes grupos: os terpenos e os fenilpropanos, ambos com baixo peso molecular. Também existem OEs alcaloides, que são aminas cíclicas com um átomo de nitrogênio e apresentam uma menor volatilidade em comparação com os outros grupos. Devido a esse baixo peso molecular dos OEs, muitas vezes é necessário realizar técnicas de conservação para que não sofram interação com o ambiente. (AKTHAR *et al.*, 2014). Na Figura 1 são apresentadas a estrutura químicas de alguns tipos de OEs monoterpênicos cíclicos, como o mentol e o eucaliptol.

Figura 1 – Estrutura química de alguns OEs monoterpênicos cíclicos



Fonte: Adaptado de Forezi *et al.* (2022)

## 2.6 ÓLEOS ESSENCIAIS NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

Alguns OEs já possuem uma ampla aplicação na alimentação de ruminantes, como o carvacrol, cinamaldeído, eugenol e capsaicina. Contudo, ainda se faz necessário conduzir estudos adicionais para aprofundar nossa compreensão sobre como essas substâncias são utilizadas, tanto de forma individual quanto quando combinadas. É relevante ressaltar que podem ocorrer interações entre os OEs, sendo necessário uma melhor avaliação destes compostos no seu uso em conjunto (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

O carvacrol, de acordo com Nostro e Papalia *et al.* (2010) é um monoterpêno encontrado em diversas plantas aromáticas, a exemplo do orégano (*Origanum compactum*) e do tomilho (*Thymus vulgaris L.*). Esse óleo essencial tem como principal característica a sua atividade antibacteriana, devido a sua alta interação com a

membranas celulares de diferentes microrganismos, principalmente bactérias *Gram-negativas*, como a *Escherichia coli* e a *Salmonella typhimurium*. Alguns estudos também relatam que essa substância possui atividade antifúngicas, inseticidas, anti-inflamatórias e contra o estresse oxidativo.

Dentre os mecanismos já relatados para o carvacrol, estão a alteração da força próton-motriz das atividades celulares, levando ao vazamento de componentes intracelulares vitais, a ruptura da camada de lipopolissacarídeos em bactérias gram-negativas e, conseqüentemente, a redução nos níveis de Adenosina Trifosfato (ATP) intracelular e aumento de ATP extracelular, além da redução na produção de enzimas, afetando a síntese de componentes estruturais da célula (JUVEN *et al.*, 1994; HELANDER *et al.*, 1998; ULTEE *et al.*, 2000).

No contexto de bovinos leiteiros, o carvacrol demonstrou potencial para reduzir a produção de metano ruminal, melhorar a eficiência alimentar, aumentar a produção de gordura do leite, reduzir as concentrações de butirato e isobutirato no rúmen, diminuir a concentração de nitrogênio ureico no leite e apresentar atividade anti-inflamatória (TEKIPPE *et al.*, 2011; HRISTOV *et al.*, 2013; LIMA *et al.*, 2013).

O cinamaldeído (3-fenil-2-propenol fenol) pertence ao grupo dos fenilpropanos e é encontrado principalmente em árvores de canela (*Cinnamomum spp.*). De acordo com Bae *et al.* (1992), o cinamaldeído possui características antimicrobianas devido à  $\alpha$  e  $\beta$  insaturação em sua cadeia lateral, que se mostrou determinante para sua atividade antibacteriana.

Em bezerras leiteiras, o cinamaldeído promoveu melhorias na saúde e no aproveitamento de nutrientes no trato digestivo, conforme observado por Chapman *et al.* (2016). Além disso, em novilhos de corte suplementados com dietas contendo o OE, Yang *et al.* (2010) constataram um aumento no consumo de matéria seca, sem alterações nas características de carcaça dos animais.

A capsaicina é possivelmente o composto mais utilizado e estudado em ruminantes. A atividade antimicrobiana dessa molécula está relacionada principalmente ao composto fenólico em sua composição química, além de possuir um alta taxa de absorção intestinal (SURESH; SRINIVASAN, 2010).

Em ruminantes, a ação da capsaicina foi inicialmente relatada como insignificante, no entanto, estudos recentes destacam seus efeitos pós-ruminais. Além disso, a capsaicina possui uma característica notável: seu efeito sobre a temperatura corporal. Isso ocorre porque esse composto desencadeia respostas

termorreguladoras, incluindo vasodilatação periférica, transpiração e salivação simultaneamente à supressão da resposta de defesa contra o frio (WALL; BRAVO, 2016; STELWAGEN *et al.*, 2016; HORI, 1984).

Outro óleo essencial relevante é o de eucalipto, cujo os resultados dos estudos até o momento têm sido controversos. Pinski *et al.* (2016), em pesquisa, não observaram efeito do óleo de eucalipto na dose de 500 mg/L de fluido de cultivo sobre a produção de metano *in vitro*. No entanto, é importante considerar que o conteúdo ruminal utilizado nesse estudo foi coletado de vacas leiteiras Holandesas alimentadas com uma dieta contendo 55% de volumoso. Por outro lado, Tatsuoka *et al.* (2008) observaram que o óleo de eucalipto na dose de 40 mg reduziu a produção de metano em 40%, diminuiu o número de protozoários e aumentou a produção de ácidos graxos voláteis totais, melhorando a proporção de ácido propiônico *in vitro*. Nesse caso, o fluido ruminal foi obtido de gado leiteiro em dieta com 50% de volumoso.

Além disso, Cobellis *et al.* (2016) avaliaram o efeito de diferentes OEs na dose de 1,125 ml/L de cultura *in vitro* e observaram que o óleo essencial de eucalipto reduziu a produção total de gás em 6% e a produção de metano em 18%. Sallan *et al.* (2009) avaliaram diferentes níveis (25, 50, 100 e 150 µl) de óleo essencial de eucalipto na fermentação ruminal e na produção de metano *in vitro*. Os autores observaram uma diminuição na produção de metano e nitrogênio amoniacal com o aumento da dose do óleo, sem afetar a degradação da matéria orgânica. Cabe salientar que esse resultado é positivo no âmbito da redução do impacto ambiental na criação de bovinos, uma vez que o metano e o nitrogênio amoniacal são gases correlacionados com o processo de aquecimento global e tem a bovinocultura como uma das principais fontes de suas gerações.

Murray *et al.* (2021) demonstraram que o mentol tem se mostrado uma alternativa eficaz como suplemento antibiótico para ruminantes, atuando contra bactérias tanto gram-negativas quanto gram-positivas. Em seu estudo, os autores investigaram a eficácia do mentol, zinco e a combinação entre mentol e zinco na alimentação de novilhos. Os resultados indicaram que tanto o mentol isolado quanto a combinação de mentol e zinco apresentaram atividade antimicrobiana contra as bactérias *Escherichia coli* e *Enterococcus* spp., por meio de análises fecais, sem gerar resistência antibiótica. O uso isolado de zinco foi associado ao aumento da resistência à eritromicina e a outros macrolídeos.

Em contrapartida, Aperce *et al.* (2016) conduziram um estudo para determinar se a suplementação de mentol nas dietas de bovinos em confinamento reduziria a prevalência de bactérias multirresistentes nas fezes. O mentol foi incluído nas dietas dos novilhos em uma proporção de 0,3% da matéria seca da dieta, ao longo de quatro semanas, com análises fecais semanais. Os resultados revelaram que a suplementação de mentol não teve efeito na contagem total de coliformes e, na verdade, houve um aumento na prevalência de *Escherichia coli* resistente à tetraciclina. Assim, a adição de mentol pode ter um impacto na resistência antimicrobiana em bactérias intestinais.

Já Geiger *et al.* (2020) buscaram compreender se o mentol pode auxiliar na estimulação da absorção de cálcio em ruminantes. Os autores justificam que a hipocalcemia, ou seja, níveis reduzidos de cálcio no sangue no início da lactação de ruminantes, é uma condição relativamente comum. Embora possa não apresentar sinais clínicos, ela aumenta a suscetibilidade a doenças secundárias e pode levar a uma baixa produtividade de leite. Os resultados do estudo demonstraram que a alimentação enriquecida com mentol foi eficaz na estimulação da absorção de cálcio no rúmen, sendo, portanto, uma alternativa para prevenir a hipocalcemia em vacas leiteiras.

Especificamente sobre o uso de mentol na alimentação na bovinocultura leiteira, o estudo de Possenti (2014) avaliou a ação antioxidante dessa substância em eritrócitos de vacas leiteiras com mastite. A mastite é uma doença comum que afeta o gado leiteiro e causa grandes prejuízos ao produtor, além de gerar estresse oxidativo, causando danos nas biomoléculas do animal. A pesquisa foi realizada com 75 vacas leiteiras, divididas em 3 grupos: 25 animais saudáveis; 25 animais com mastite e sem tratamento prévio com antibiótico; e, 25 animais com mastite e tratados com antibiótico. Os resultados demonstram que o mentol foi eficaz na redução do estresse oxidativo, principalmente nas vacas saudáveis e nas vacas com mastite e sem tratamento prévio com antibiótico, indicando que pode ser uma alternativa como aditivo alimentar na bovinocultura leiteira. Devido aos resultados contraditórios encontrados na literatura, torna-se necessário realizar novos estudos, especialmente em ambientes *in vivo*, para desenvolver e avaliar formas de uso do óleo de eucalipto e do mentol (POSSENTI, 2014).

## 2.7 HEMOGRAMA E A SAÚDE ANIMAL

Existem três tipos de células sanguíneas, os eritrócitos (hemácias ou glóbulos vermelhos), leucócitos (glóbulos brancos) e plaquetas (trombócitos). As hemácias, também conhecidas como eritrócitos ou glóbulos vermelhos, desempenham um papel fundamental como as unidades morfológicas da série vermelha do sangue. A sua principal função, mediada pela hemoglobina, é o transporte de oxigênio dos pulmões para os tecidos e, reciprocamente, o transporte de dióxido de carbono dos tecidos de volta para os pulmões (SILVA, 2017).

A energia das hemácias é dedicada principalmente à manutenção da morfologia celular, integridade da membrana, atividades enzimáticas e outras funções que garantem o fornecimento de oxigênio aos tecidos. Recentemente, foi descoberto que as hemácias também desempenham um papel na resposta imunológica, incluindo ação antimicrobiana da hemoglobina, modulação da proliferação de linfócitos T e produção de citocinas. No entanto, sua função primordial continua sendo proteger e transportar a hemoglobina para garantir o transporte eficiente de gases (THRALL *et al.* 2015).

Os leucócitos, também conhecidos como glóbulos brancos, são uma parte essencial do sistema imunológico e desempenham papéis cruciais na resposta imunológica, tanto na resposta imune inata quanto na resposta imune adaptativa. Essas células estão presentes no sangue, na linfa, em órgãos linfoides e vários tecidos conjuntivos, atuando na defesa contra infecções bacterianas, virais, fúngicas e parasitárias, na identificação e eliminação de células doentes ou anormais, na regulação da resposta imunológica e no reparo de tecidos danificados. Os leucócitos são divididos em diferentes subpopulações, a saber os neutrófilos, os linfócitos, os monócitos, os eosinófilos e os basófilos (SCHALM *et al.*, 2010).

Os neutrófilos são os leucócitos mais abundantes no sangue e desempenham um papel central na defesa contra infecções bacterianas. Eles realizam a fagocitose, que envolve a ingestão e destruição de bactérias, vírus e outros patógenos invasores. Além disso, os neutrófilos são atraídos por substâncias químicas liberadas por células infectadas ou danificadas, em um processo chamado quimiotaxia, o que permite que se movam em direção às áreas de infecção para protegê-las (THRALL *et al.* 2015).

Os linfócitos, por sua vez, são células brancas do sangue que desempenham um papel fundamental na resposta imunológica adaptativa. Existem dois principais

tipos de linfócitos: os linfócitos T, que coordenam a resposta imunológica celular, identificando e destruindo células infectadas por vírus e auxiliando na regulação da resposta imune, e os linfócitos B, que são responsáveis pela resposta imunológica humoral, através da produção de anticorpos. Essas proteínas se ligam aos patógenos, facilitando sua identificação, neutralização e eliminação (SILVA, 2017).

Os monócitos são leucócitos que circulam no sangue, mas podem migrar para os tecidos e se transformar em células conhecidas como macrófagos. Assim como os neutrófilos, os monócitos realizam fagocitose e também atuam como apresentadores de antígenos, exibindo fragmentos de patógenos às células T, desencadeando uma resposta imunológica mais específica. Os eosinófilos agem na resposta imunológica contra parasitas e na modulação de reações alérgicas. Suas principais funções incluem a destruição de parasitas multicelulares, como vermes, e a modulação de respostas alérgicas, liberando substâncias que reduzem a inflamação (THRALL *et al.*, 2015).

Os basófilos, embora menos numerosos, desempenham um papel importante na resposta alérgica, liberando histamina e outras substâncias que causam inflamação. Em conjunto, os leucócitos constituem um sistema de defesa eficaz do organismo contra uma variedade de ameaças à saúde, desempenhando um papel vital na manutenção da saúde e na proteção contra infecções e outras condições adversas (SILVA, 2017).

As plaquetas, também conhecidas como trombócitos, são pequenos fragmentos citoplasmáticos originados de uma célula mãe encontrada na medula óssea, denominada megacariócito. A principal função das plaquetas reside na formação de coágulos sanguíneos, desempenhando um papel crucial na hemostasia primária, responsável por interromper temporariamente o sangramento até que ocorra a estabilização do coágulo. Além dessa função essencial, as plaquetas desempenham diversas outras funções, como a manutenção da integridade vascular, a modulação da resposta inflamatória e a promoção da cicatrização de feridas após lesões teciduais (SCHALM *et al.*, 2010).

No contexto de avaliação laboratorial, a diminuição no número de plaquetas é denominada trombocitopenia (ou plaquetopenia), enquanto o aumento é chamado de trombocitose (ou plaquetose). A trombocitopenia é uma alteração hematológica comum em medicina veterinária e pode resultar da redução na produção de plaquetas

(trombocitopoiese), aumento da destruição ou consumo dessas células, ou do sequestro ou perda de plaquetas (THRALL *et al.*, 2015).

Além das alterações numéricas, as plaquetas também podem apresentar disfunções funcionais, conhecidas como trombocitopatias. Essas condições podem ser congênitas, mais raras na medicina veterinária, ou adquiridas devido à ação de agentes infecciosos. Além das informações quantitativas sobre as plaquetas, são descritas alterações morfológicas, como a presença de plaquetas gigantes ou agregados plaquetários (SCHALM *et al.*, 2010).

Segundo Birgel Junior *et al.* (2001), os valores de referência determinados para o leucograma (série branca) de vacas Jersey criadas no estados de São Paulo, expressos em números absolutos, são os seguintes: leucócitos -  $11.847 \pm 3.374$  células/mm<sup>3</sup>; neutrófilos bastonete -  $80 \pm 122$  células/mm<sup>3</sup>; neutrófilos segmentado -  $2.457 \pm 1.311$  células/mm<sup>3</sup>; total de neutrófilos -  $2.537 \pm 1.354$  células/mm<sup>3</sup>; eosinófilos -  $335 \pm 415$  células /mm<sup>3</sup>; basófilos -  $84 \pm 108$  células/mm<sup>3</sup>; linfócitos -  $8.716 \pm 3.028$  células/mm<sup>3</sup>; monócitos -  $174 \pm 132$  células/mm<sup>3</sup>.

Roland *et al.* (2014) realizaram um levantamento sobre os valores de referência para hemograma em bovinos, cujos os resultados estão dispostos na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Valores de referência na hematologia bovina

Parâmetro	Unidade	Madeira e Quiroz-Rocha (2010) **	Kraft e Dürr (2005)***	George et al. (2010)****
Eritrócitos	10 <sup>6</sup> /μl	4,9–7,5	5–10	5,1–7,6
Hematócrito	%	21–30	28–38	22–33
Hemoglobina	g/dl	8,4–12,0	9–14	8,5–12,2
Volume corpuscular médio	FL	36–50	46–65	38–50
Hemoglobina corpuscular média	pág.	14–19	11–17	14–18
Concentração média de hemoglobina corpuscular	g/dl	38–43	31–34	36–39
Largura da distribuição das células vermelhas	%	16–20	*	15,5–19,7
Reticulócitos	10 <sup>3</sup> /μl	0	*	*
Leucócitos	10 <sup>3</sup> /μl	5,1–13,3	5–10	4,9–12,0
Neutrófilos segmentadoS	10 <sup>3</sup> /μl	1,7–6,0	1,0–3,5	1,8–6,3
Neutrófilos de banda	10 <sup>3</sup> /μl	0–0,2	0,0–0,2	Cru
Linfócitos	10 <sup>3</sup> /μl	1,8–8,1	2,5–5,5	1,6–5,6
Monócitos	10 <sup>3</sup> /μl	0,1–0,7	0–0,3	0–0,8
Eosinófilos	10 <sup>3</sup> /μl	0,1–1,2	0,3–1,5	0–0,9
Basófilos	10 <sup>3</sup> /μl	0–0,2	0–0,1	0–0,3
Plaquetas	10 <sup>3</sup> /μl	160–650	300–800	193–637
Volume médio de plaquetas	FL	4,6–7,4	N / D	4,5–7,5

\*não disponível; \*\* Intervalos de referência para o analisador hematológico ADVIA 120 de 99 vacas clinicamente saudáveis, 50% na primeira lactação, todas ordenhadas por 30 a 150 dias, de 10 fazendas em Ontário, Canadá; \*\*\* Baseado principalmente em vários artigos de pesquisa originais alemães;\*\*\*\* Intervalos de referência para o analisador hematológico ADVIA 120 de 58 vacas holandesas leiteiras adultas saudáveis no meio da lactação (pelo menos 18 semanas de lactação) e produzindo 50–70 libras de leite por dia em 4 rebanhos na Califórnia.

Fonte: Adaptado de Roland *et al.* (2014)

Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a suplementação de vacas Jersey em lactação com OEs à base de menta e eucalipto, quanto à quantidade e qualidade do leite produzido. Além disso, também buscou-se avaliar os parâmetros fisiológicos, hematológicos, hormonais e comportamentais, com o intuito de compreender o efeito desses óleos essenciais sobre a saúde e sobre a redução do estresse térmico nas vacas.

### 3 ARTIGO – EFEITOS DA ADIÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS À BASE DE EUCALIPTOL E MENTOL NA DIETA DE VACAS JERSEY SOBRE O DESEMPENHO E A SAÚDE

Os resultados desta dissertação são apresentados na forma de artigo, com a seções de acordo com as orientações da Revista *Journal of Thermal Biology*.

#### 3.1 RESUMO

O estresse térmico é um dos principais desafios na bovinocultura leiteira em regiões tropicais, dado os altos prejuízos que causa na produção e qualidade do leite. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar se a suplementação dietética com *blend* de óleos essenciais eucaliptol e mentol possuem efeitos benéficos para o controle do estresse térmico em bovinos leiteiros, da raça Jersey, em lactação, criadas no sistema *Compost Barn*. O estudo foi realizado com 40 bovinos da raça Jersey, criados em *Compost Barn*, em uma unidade de produção localizada no município de Guatambu, no estado de Santa Catarina, Brasil. Os animais foram divididos em dois grupos iguais, sendo um suplementado com *blend* de óleos essenciais (Grupo OE) e outro com dieta padrão (Grupo de Controle), por 21 dias. As variáveis analisadas abrangeram aspectos fisiológicos, comportamentais, ambientais, hematológicas, de composição do leite, bioquímicos e hormonais, com coleta de dados nos dias 0, 15 e 21 do experimento e análise estatística com nível de significância  $P < 0,05$ . Os resultados demonstraram que a adição do *blend* de óleos essenciais de mentol e eucaliptol demonstrou-se benéfico para os animais. Em comparação, o Grupo OE apresentou melhoria na imunidade inata, por meio da elevação, dentro dos padrões fisiológicos, da quantidade de leucócitos. Além disso, em situações de Índice de Temperatura e Umidade (ITU) elevado, o Grupo OE também apresentou uma frequência respiratória menor. Assim, foi possível concluir que a adição dos óleos essenciais mentol e eucaliptol na dieta de bovinos em lactação contribuiu para uma melhoria da resposta imunológica e para aumentar a resistência dos animais ao estresse térmico.

### 3.2 INTRODUÇÃO

A bovinocultura de leite é uma das principais atividades agropecuárias no Brasil, com crescimento constante no volume produzido no país nos últimos anos. Parte desta evolução está ligada com a implementação de novas tecnologias e desenvolvimento das técnicas de manejo, as quais envolvem mudanças no sistema de criação, melhorias na dieta, maior preocupação com o conforto e bem-estar animal, entre outros fatores que contribuem não apenas para a quantidade de leite produzido, mas também a sua qualidade (MELO *et al.*, 2016; CARVALHO; GALAN; VENTURINI, 2016).

Dentre tais aspectos, o estresse térmico, fenômeno de superaquecimento do organismo do bovino, surge como uma preocupação constante, já que tal fenômeno prejudica diretamente a produtividade animal. Isso ocorre, pois, para lidar com o excesso de calor corporal, os animais reduzem os processos metabólicos relacionados à síntese de leite, priorizando a atividade de termorregulação do organismo (TAO *et al.*, 2011).

De acordo com Ghizzi *et al.* (2018), a zona de conforto térmico de bovinos situa-se entre 5 a 25 °C. Dentro dessa faixa, eles produzem calor metabólico basal para manter sua temperatura corporal entre 38°C e 39,3°C, sem incorrer em custos fisiológicos adicionais. Animais expostos a ambientes com um Índice de Temperatura e Umidade (ITU) acima de 72 ou temperaturas superiores a 25°C, passam a sofrer estresse térmico, o que acarreta em diversas consequências dada a necessidade de se resfriar, incluindo a perda de desempenho na produção de leite.

Para melhorar a dissipação de calor e otimizar o resfriamento ativo dos animais em estresse térmico, é possível utilizar diferentes métodos, sendo os mais comuns o uso de ventiladores e a aspersão de água sobre a superfície corporal do animal. Outra possibilidade que vem sendo estudada mais recentemente é a suplementação com óleos essenciais, para melhorar a capacidade do animal em realizar a regulação de sua temperatura interna, tornando-o mais resistente a condições de alta temperatura e umidade (DAL MÁ S *et al.*, 2020; MIN *et al.*, 2019).

Alguns estudos têm demonstrado a possibilidade de utilizar essas substâncias como redutores do estresse térmico em ruminantes. Kalaitidis *et al.* (2021) conduziram uma pesquisa para avaliar o efeito de uma dieta enriquecida com óleos essenciais de orégano e tomilho no desempenho de ovelhas leiteiras mestiças Chios

durante o verão, período em que os animais são mais afetados pelo estresse térmico. Os resultados indicaram que essa suplementação aumentou a produção de leite por ovelha durante esse período, além de reduzir a oxidação lipídica e proteica nas amostras de leite avaliadas. Portanto, concluiu-se que o uso desses óleos essenciais tem o potencial de melhorar o desempenho de ovelhas mestiças Chios de alto rendimento criadas sob estresse térmico.

Outro estudo realizado por Reza-Yazdi *et al.* (2014) teve como objetivo determinar o efeito da suplementação de um composto formado por óleos essenciais de canela, hortelã-pimenta, coentro, cominho e capim-limão na composição do leite e na fermentação do rúmen de vacas leiteiras durante a exposição ao calor. Os autores observaram que o grupo de vacas suplementadas com o composto de óleos essenciais apresentou uma produção de leite superior, bem como um maior consumo de massa seca. Isso sugere a existência de benefícios no uso dessa estratégia para reduzir o estresse térmico em vacas durante o período de lactação.

No entanto, poucos estudos foram realizados até o momento com óleos essenciais de menta e eucalipto, especialmente em vacas em lactação, ao passo que algumas pesquisas observaram que essas substâncias apresentam benefícios para animais não ruminantes, como frango e suínos (FREIRE, 2020; DAL SANTO, 2021; SINHORIN *et al.*, 2017). Assim, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar se os óleos essenciais eucaliptol e mentol possuem efeitos benéficos como suplementação para o controle do estresse térmico em bovinos leiteiros, da raça Jersey, em lactação, criadas no sistema *Compost Barn*.

### 3.3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Udesc, sob protocolo CEUA nº 544825102.

#### 3.3.1 Localização, instalações e animais

Para conduzir o experimento, foram selecionadas 40 bovinos da raça Jersey de um rebanho comercial localizado no município de Guatambu, no estado de Santa Catarina. Todos os animais encontravam-se em sistema de confinamento do tipo *Compost Barn*. Cada animal possuía um espaço médio de 12 metros quadrados. A

média de peso vivo (PV) dos animais no início do período experimental era de 428 kg, determinado por uso de fita métrica de pesagem, e a produção média diária de leite foi de 23 litros.

### 3.3.2 Design experimental, dieta e alimentação

Os 40 animais foram divididos em dois grupos de 20. Um grupo recebeu a suplementação com o *blend* de óleos essenciais (Grupo OE), enquanto o outro seguiu a dieta padrão (Grupo Controle). O arranjo experimental utilizado foi o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com medidas repetidas no tempo. Foi utilizado um período de adaptação de 14 dias e sete dias de coleta de dados para cada grupo. As coletas foram realizadas no dia 0 (início do experimento), dia 15 (final da adaptação) e dia 21 (último dia de avaliação).

A dieta dos animais foi formulada com o auxílio do *software* AMTS<sup>®</sup>, conforme manejo da granja comercial, levando em consideração os seguintes parâmetros: peso corporal (PC) de 475 kg; escore de condição corporal (ECC) de 3,5 (em uma escala de 1 a 5); dias em lactação (DEL) de 101; consumo de matéria seca (CMS) diária previsto pelo programa de 16,15 kg; produção de leite de 23 kg/dia, com 4,4% de gordura e de 3,5% de proteína na composição. A dieta consistia em silagem de milho, pré-secado de azevém, ração comercial com 24% de proteína bruta (PB), milho moído, núcleo mineral e água (Tabela 2 e 3).

*Tabela 2 - Proporções de ingredientes alimentares nas dietas experimentais*

Ingredientes, kg/dia	Tratamentos	
	Controle	OE
Silagem de milho (MS)	5,6	5,6
Pré-secado de azevém (MS)	2,7	2,7
Ração 24% PB (MS)	7,136	7,136
Milho moído (MS)	1,312	1,312
Núcleo (MS) <sup>1</sup>	0,248	0,248
Água (L)	4,0	3,996
OE (mentol + eucaliptol) (ml)	0	3,62

<sup>1</sup> Cálcio (Máx.) 220,00 g/kg; Cálcio (Min.) 160,00g/kg; Fósforo (Min.) 40,00g/kg; Magnésio (Min.) 6,00 g/kg; Sódio (Min.) 85,00g/kg; Enxofre (Min.) 12,00g/kg; Cobalto (Min.) 20,00 mg/kg; Cobre (Min.) 520,00 mg/kg; Iodo (Min.) 25,00 mg/kg; Manganês (Min.) 650,00 mg/kg; Selênio (Min.) 10,00 mg/kg; Zinco (Min.) 2.000,00 mg/kg; Flúor (Máx.) 400,00 mg/kg.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

*Tabela 3 - Composição química da silagem de milho, pré-secado de azevém, ração comercial e dietas experimentais*

<b>Composição química (%)</b>	Silagem de milho	Pré-secado de azevém	Ração comercial
Matéria seca	36,00	21,00	91,66
Matéria mineral	4,44	-	6,60
Extrato etéreo	3,19	3,67	4,06
Proteína bruta	8,66	11,57	25,00
FDN	42,77	69,30	-
FDA	28,80	45,30	-
Lignina	4,88	-	-
Amido	21,61	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Para realizar a suplementação com o *blend* de óleos essenciais de eucalipto e mentol, cujo princípios ativos são óleos essenciais de eucalipto (eucaliptol) e menta (mentol), foi utilizado produto comercial na concentração de 1,8 mg de princípios ativos por quilo de PV. Esta dose equivaleu a 3,62 ml de produto comercial por animal/dia (considerando PV de 450 kg), a qual foi diluída em água, utilizada como veículo para adicionar o aditivo.

A aplicação do aditivo foi realizada diretamente no vagão de mistura, em que o produto (72,4 ml, para 20 animais) foi diluído em 9 litros de água e adicionado à dieta durante o processo de mistura, utilizando um regador. Este processo era realizado duas vezes por dia, sendo o horário dos tratos às 06:30 e 17:30.

### **3.3.3 Amostra e coleta de dados**

Para realizar a análise, foram feitas coletas de amostras de leite e sangue no dia 0, dia 15 e dia 21. As coletas de leite aconteceram na ordenha da manhã, realizada entre as 05:00 e 07:00 horas, e as coletas de sangue aconteceram entre as 07:00 e 09:00 horas da manhã.

### **3.3.4 Frequência respiratória, ITU, temperatura retal e comportamento animal**

A frequência respiratória foi medida nos dias 15, às 15:00 e 18:00 horas, e no dia 16, às 09:00 e 12:00 horas, com o mesmo procedimento repetido nos dias 20 e 21

do experimento. A frequência respiratória foi estimada contando os movimentos do flanco dos animais durante um período cronometrado de 15 segundos e multiplicando o resultado por quatro para obter a frequência respiratória por minuto. Esse procedimento foi realizado em duplicata para cada animal em todos os períodos avaliados.

A temperatura intravaginal foi avaliada por meio de *dataloggers* (Maxim Integrated, modelo DS1922T) fixados a um implante intravaginal, programados para medir a temperatura em intervalos de 30 minutos. Os implantes eram inseridos após a ordenha da manhã, no dia anterior à data programada para a coleta. Após 24 horas de avaliação, os dispositivos eram retirados após a ordenha do dia seguinte. Os dias considerados para a avaliação foram os dias zero, 15 e 21 do experimento.

Os animais foram equipados com coleiras de monitoramento que possuem um acelerômetro integrado no sistema, permitindo a medição automática do tempo de ruminação, ócio e o tempo em atividade (CowMed®). O sistema conta com um *software* para o armazenamento e processamento dos dados.

### **3.3.5 Variáveis ambientais**

O índice ITU foi gerado por meio da coleta de temperatura e umidade internas no centro da instalação, com intervalos de 30 minutos, usando um coletor de dados (modelo HOBO U12-013). Este registrador foi posicionado entre os lotes a uma altura de 1,3 metros, fixado no poste de sustentação da cerca elétrica que dividia os lotes, localizado no centro da largura do barracão. O ITU foi calculado de acordo com a fórmula de Thom (1959), que é a seguinte:  $ITU = tbs + 0,36t_{po} + 41,5$ , onde  $tbs$  representa a temperatura de bulbo seco (°C) e  $t_{po}$  representa a temperatura de ponto de orvalho (°C). Embora tenha sido originalmente desenvolvido para humanos, este índice foi adaptado para bovinos (PIRES; CAMPOS, 2008). As médias das variáveis meteorológicas externas e internas do galpão nos dias da coleta dos dados experimentais estão apresentadas na Tabela 4.

*Tabela 4 - Valores médios (média  $\pm$  DP) das variáveis meteorológicas externas e internas do galpão, nos dias das coletas dos dados experimentais.*

Dias de coleta do experimento	Exterior do galpão			Interior do galpão		
	Temperatura do ar (°C)	UR (%)	ITU	Temperatura do ar (°C)	UR (%)	ITU
Dia 0	21,54	57,59	67,25	18,58	64,37	64,29
Dia 15	17,03	82,21	63,53	18,25	80,60	65,09
Dia 21	18,85	76,80	65,62	17,61	78,81	64,06

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

### 3.3.6 Análises laboratoriais

#### 3.3.6.1 Análises dos alimentos

Amostras de ração, silagem de milho e pré-secado de aveia, bem como da ração total misturada, foram coletadas no dia zero e dos dias 15 a 21 e, posteriormente, agrupadas para formar uma amostra composta. Em seguida, foram submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por 48 horas e depois moídas em um moinho tipo Willey com uma peneira de crivo de 1 mm. As amostras foram analisadas por meio de espectroscopia de infravermelho próximo (NIR, Spectrastar 2600XT1, Unity) para estimar a composição química (ver Tabela 3).

#### 3.3.6.2 Hematológico

A contagem total de eritrócitos, leucócitos e plaquetas, a concentração de hemoglobina e o percentual de hematócrito foram realizados com auxílio de aparelho hematológico eletrônico (SIEMENS®, ADVIA 60®) e de kits comerciais (Vytra diagnósticos®).

#### 3.3.6.3 Bioquímica Sérica

As variáveis de bioquímica sérica (proteínas totais, albumina, glicose e ureia) e os parâmetros de sobrecarga hepática (GTT e AST) foram analisados. Os níveis de globulina foram calculados como a diferença entre a proteína total e a albumina. Todas as análises foram conduzidas usando kits semiautomáticos (Respons® 910, DiaSys®)

e um kit comercial (Kovalent®), de acordo com as metodologias especificadas pelos fabricantes. As análises de Insulina, Cortisol e T4 foram realizadas de forma automatizada com a ajuda do equipamento DXI 800 da Beckman Coulter.

#### 3.3.6.4 *Análises de leite*

As amostras contendo bronopol® foram enviadas ao laboratório da Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa (PARLEITE, da APCBRH) para análise de gordura, proteína, lactose, sólidos totais, nitrogênio ureico no leite e contagem de células somáticas. As análises foram conduzidas utilizando espectrometria de infravermelho médio com transformada de Fourier (FTIR, equipamento B 2300 Combi, Bentley) e citometria de fluxo.

#### 3.3.7 **Análise de dados**

Os dados foram inicialmente verificados quanto à normalidade dos resíduos e à homogeneidade de variância. Em seguida, realizou-se uma análise de variância em um delineamento inteiramente casualizado, com medidas repetidas ao longo do tempo (1, 15 e 21 dias) para verificar a interação entre o dia e o tratamento. Quando não foi observada interação significativa, avaliou-se a significância do efeito do tratamento (controle vs. óleo essencial).

O efeito dos tratamentos sobre as variáveis contínuas que se repetiram ao longo do tempo foi determinado por meio de modelos mistos para dados repetidos, considerando a vaca como a unidade experimental e os dias do experimento como unidades de repetição. Foram determinados os efeitos fixos do tratamento, do tempo e da interação entre tratamento e tempo. Diferentes estruturas de covariância foram testadas e utilizadas no modelo final para cada variável dependente, escolhendo aquela que apresentou o menor Critério de Informação de Akaike (AIC). Diferenças entre tratamentos em momentos específicos foram avaliadas pelo teste de Tukey-HSD.

Outras variáveis contínuas que não se repetiram ao longo do tempo foram analisadas por meio de ANOVA. A normalidade e a homogeneidade foram verificadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Todas as análises foram

realizadas utilizando o pacote estatístico JMP Pro (*JMP Statistical Discovery LLC.*), adotando um nível de significância de  $P < 0,05$ , e tendência de  $P < 0,10$ .

### 3.4 RESULTADOS

#### 3.4.1 Composição do leite

As variáveis relacionadas à composição do leite estão apresentadas na Tabela 5 e na Figura 2. Houve uma interação significativa entre tratamento e dia ao longo do experimento em duas variáveis: ureia e lactose (Figura 2). Os animais que receberam a dieta contendo OE mantiveram um comportamento estável no teor de lactose, enquanto o grupo controle apresentou variações nos dias 15 e 21 do experimento ( $P < 0,05$ ). No que diz respeito ao nitrogênio ureico do leite (NUL), foi observada uma interação significativa entre tratamento e dia, considerando o mesmo tratamento ( $P < 0,05$ ). Essa interação acompanhou as variações identificadas na proteína plasmática (Tabela 6). Entretanto, não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos para o NUL ( $P = 0,6494$ ) e para a lactose ( $P = 0,3073$ ). Quanto às demais variáveis quantitativas, como produção de leite, gordura, proteína, sólidos totais e CCS, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos ( $P > 0,05$ ).

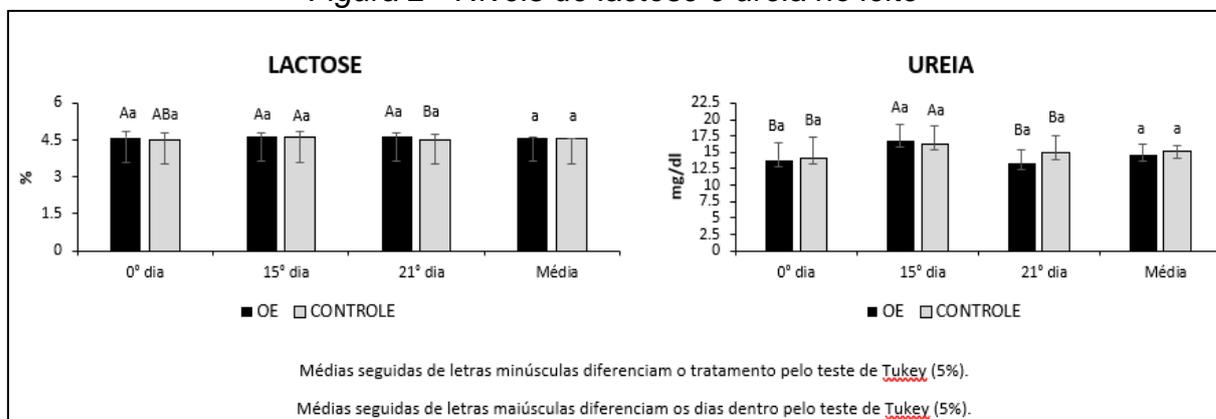
Tabela 5 - Perfil de leite dos animais do grupo de controle e OE

Itens	Tratamentos		P – values	
	Controle	OE	Trat	Trat x Dia
Produção de leite (Kg)			0,7155	0,4436
d 1	23,38	24,27		
d 15	23,82	23,55		
d 21	23,26	23,36		
Média	23,49	23,74		
Gordura (%)			0,7609	0,1293
d 1	-	-		
d 15	4,10	4,33		
d 21	4,02	3,93		
Média	4,06	4,13		
Proteína (%)			0,3476	0,4555
d 1	3,31	3,41		
d 2	3,31	3,35		
d 3	3,37	3,39		
Média	3,33	3,38		
Sólidos totais (%)			0,4143	0,4608
d 1	12,17	12,41		
d 15	12,97	13,26		
d 21	12,84	12,90		
Média	12,66	12,85		
CCS (mil células/ml)			0,7808	0,2791
d 1	111,53	80,40		
d 15	89,05	291,47		
d 21	162,00	113,05		
Média	118,82	160,24		

Médias seguidas de letras minúsculas nas linhas se diferenciam pelo teste de Tukey (5%). Médias seguidas de letras maiúsculas nas colunas se diferenciam pelo teste de Tukey (5%).

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 2 - Níveis de lactose e ureia no leite



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

### 3.4.2 Hemograma, leucograma e análises bioquímicas e hormonais

Não houve diferença entre os tratamentos para hemácias (ou eritrócitos), hemoglobina, hematócrito (volume globular), volume globular médio (VGM), hemoglobina globular média (HGM) e concentração de hemoglobina globular média (CHGM) ( $P > 0,05$ ).

Houve interação entre tratamento x dia e efeito do tratamento para plaquetas (Tabela 6). Para a linhagem de células brancas (Tabela 7), observou-se diferença nas células responsáveis pela imunidade inata, uma vez que foram registrados maiores valores para neutrófilos totais, assim como para neutrófilos segmentados e bastonetes ( $P < 0,05$ ). Esse comportamento refletiu no aumento dos leucócitos totais ( $P < 0,05$ ).

As variáveis bioquímicas e hormonais são apresentadas na Tabela 8. Em relação à albumina, foi observada uma interação entre dia x tratamento, na qual o grupo controle não apresentou oscilação durante os dias de experimento, o que não foi observado no grupo OE. Quanto à proteína total, no dia zero, houve uma diferença significativa entre os grupos, porém esse padrão não se manteve durante o período de experimentação. Em relação à ureia no sangue, também houve interação entre dia x tratamento, o mesmo ocorrendo com a ureia presente no leite (Figura 2).

Para a aspartato aminotransferase (AST), observou-se diferença significativa nas médias dos grupos durante o período experimental. Quanto às demais variáveis, fosfatase alcalina (FA) e gama glutamil transpeptidase (GGT), não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ). Não foram observadas diferenças hormonais significativas entre os grupos de tratamento e controle para insulina, cortisol e tiroxina ( $P > 0,05$ ).

*Tabela 6 - Perfil de células vermelhas e plaquetas dos animais do grupo de controle e OE*

Série vermelha	Tratamentos		P – values	
	Controle	OE	Trat	Trat x Dia
Hemáceas (milhões/mm <sup>3</sup> )			0,3719	0,1887
d 1	6,25	6,30		
d 15	6,26	6,22		
d 21	6,19	6,46		
Média	6,24	6,32		
Hematócrito (%)			0,8974	0,1986
d 1	32,04	31,28		
d 15	31,07	30,71		
d 21	29,72	30,61		
Média	30,97	30,87		
Hemoglobina (g/dL)			0,7541	0,2273
d 1	10,82	10,66		
d 15	10,47	10,41		
d 21	9,90	10,29		
Média	10,41	10,46		
Volume globular médio (fL)			0,4754	0,8129
d 1	51,64	49,87		
d 2	49,83	49,35		
d 3	48,03	47,39		
Média	49,86	48,90		
Hemoglonina corpuscular média (pg)			0,6878	0,7761
d 1	17,44	17,00		
d 15	16,80	16,72		
d 21	16,00	15,94		
Média	16,76	16,56		
Concentração hemoglobina corpuscular (g/dL)				
d 1	33,78	34,09		
d 15	33,70	33,92		
d 21	33,30	33,62		
Média	33,60	33,88		
Plaquetas (mm <sup>3</sup> )			0,0026	0,0001
d 1	480150a	488300a		
d 15	547400a	438850b		
d 21	516210a	484578a		
Média	514559b	470338a		

Médias seguidas de letras minúsculas nas linhas se diferenciam pelo teste de Tukey (5%). Médias seguidas de letras maiúsculas nas colunas se diferenciam pelo teste de Tukey (5%).

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Tabela 7 - Perfil leucocitário dos animais do grupo de controle e OE

Série branca	Tratamentos		P – values	
	Controle	OE	Trat	Trat x Dia
Leucócitos totais (mm <sup>3</sup> )			0,0370	0,3153
d 1	7505	7910		
d 15	7420	8510		
d 21	7384	7883		
Média	7437b	8104a		
Neutrófilos totais (mm <sup>3</sup> )			0,0056	0,0033
d 1	3018,35a	3834,25a		
d 15	3155,35b	3885,80a		
d 21	3559,79a	3593,63a		
Média	3239,15b	3774,24a		
Neutrófilos - Bastonetes (mm <sup>3</sup> )			0,0422	0,9767
d 1	24,40	64,80		
d 15	83,90	99,55		
d 21	89,00	104,32		
Média	65,37b	89,30a		
Neutrófilos - Segmentados (mm <sup>3</sup> )			0,0067	0,0036
d 1	2993,95a	3769,45a		
d 15	3071,45b	3786,25a		
d 21	3470,79a	3489,32a		
Média	3173,78b	3684,93a		
Monócitos (mm <sup>3</sup> )			0,5279	0,0134
d 1	269,15A	287,85A		
d 15	231,70A	196,15B		
d 21	152,58B	213,95AB		
Média	218,91	232,97		
Eosinófilos (mm <sup>3</sup> )			0,3323	0,5003
d 1	169,75	201,90		
d 15	206,65	221,00		
d 21	182,00	232,89		
Média	186,27	218,35		
Linfócitos totais (mm <sup>3</sup> )			0,6238	0,0533
d 1	4047,75	3586,00		
d 15	3826,30	4207,05		
d 21	3499,42	3843,26		
Média	3796,10	3879,37		

Médias seguidas de letras maiúsculas nas colunas se diferenciam pelo teste de Tukey (5%).

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

*Tabela 8 - Marcadores bioquímicos e hormonais dos animais do grupo de controle e OE*

Itens	Tratamentos		P – values	
	Controle	OE	Trat	Trat x Dia
Albumina(g/dL)			0,7271	0,0047
d 1	3,63A	3,36		
d 15	3,29B	3,34		
d 21	3,44AB	3,58		
Média	3,45	3,42		
Proteína total (g/dL)			0,2102	0,0189
d 1	7,59a	7,06b		
d 15	7,20a	7,25a		
d 21	7,20a	7,30a		
Média	7,33	7,20		
Ureia (mg/dL)			0,7131	0,0008
d 1	60,53	60,26A		
d 15	52,78	47,32B		
d 21	49,44	52,69A		
Média	54,33	53,44		
GGT (UI/L)			0,1372	0,7486
d 1	28,21	30,88		
d 15	28,32	31,05		
d 21	25,49	29,80		
Média	27,37	30,59		
AST (UI/L)			0,0120	0,0703
d 1	115,21	120,84		
d 15	99,51	112,86		
d 21	101,83	130,27		
Média	105,58b	121,17a		
Insulina (mcU/mL)			0,0840	0,2120
d 1	26,21	24,95		
d 15	21,94	21,01		
d 21	22,47	20,73		
Média	23,56	22,26		
Cortisol (mcg/dL)			0,1656	0,5058
d 1	0,90	0,81		
d 15	0,76	0,61		
d 21	0,89	0,77		
Média	0,85	0,73		
Tiroxina (mcg/dL)			0,1494	0,1808
d 1	5,71	5,16		
d 15	5,70	5,62		
d 21	5,79	5,66		
Média	5,73	5,48		

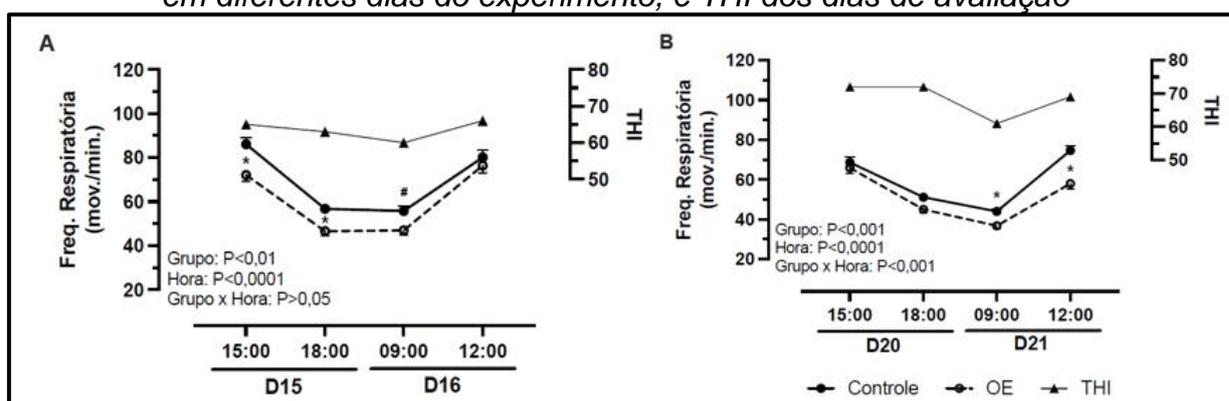
Médias seguidas de letras minúsculas nas linhas se diferenciam pelo teste de Tukey (5%). Médias seguidas de letras maiúsculas nas colunas se diferenciam pelo teste de Tukey (5%).

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

### 3.4.3 Frequência respiratória, temperatura intravaginal e comportamento

Para a frequência respiratória, houve um efeito significativo entre os tratamentos, pois houve um efeito de grupo para ambos os períodos avaliados (Figura 3). Entre os dias 15 e 16, às 15:00 horas, a frequência respiratória do grupo controle foi significativamente superior à do grupo OE ( $P > 0,05$ ). Essa diferença manteve-se também às 18:00 horas. No dia 16, às 09:00 horas, a frequência tendeu a ser maior no grupo controle, porém, às 12:00 horas, os grupos não apresentaram diferença. Entre os dias 20 e 21 de coleta de dados, houve um efeito do tratamento, observado às 09:00 e 12:00 horas. Pode-se observar que o ITU observado nos dias 20 e 21 foi ligeiramente superior aos dos dias 15 e 16. Foi observada uma interação entre grupos e horário de avaliação nos dias 20 e 21.

Figura 3 - Frequência respiratória dos animais do grupo de controle e OE avaliadas em diferentes dias do experimento, e THI dos dias de avaliação



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Quanto às variáveis comportamentais determinadas pelo uso de coleiras, não foram observadas diferenças entre os tratamentos para o tempo em atividade ( $P = 0,4892$ ), tempo em ócio ( $P = 0,7866$ ) e tempo de ruminação ( $P = 0,2749$ ). Salienta-se que, a partir dos dados obtidos das coleiras de monitoramento, para este trabalho, os valores de ruminação e "ofegação" dados pelo sistema foram somados.

A temperatura intravaginal, determinada pelo uso de *iButton*, registrou temperaturas abaixo do padrão fisiológico para bovinos. Assim, os dados foram desconsiderados na presente pesquisa.

## 4 DISCUSSÃO

Em relação as variáveis de composição do leite, não foram observadas variações entre Grupo de Controle e Grupo OE, fato este que pode estar relacionado com os mesmos padrões comportamentais detectados entre os grupos pelas coleiras de monitoramento, principalmente ligados à ruminação e ao ócio. Durante o período experimental, a mesma dieta foi fornecida a ambos os grupos (sendo a adição do *blend* no Grupo OE a única diferença), na mesma quantidade e sem sobras no comedouro. Pode-se inferir que a adição de OE não teve influência sobre a digestibilidade da dieta.

Para a contagem de células somáticas, não houve diferença significativa entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ), também não havendo interação tratamento x dia. A CCS na espécie bovina é usada como um parâmetro de verificação da sanidade do rebanho, compreendendo células de descamação do epitélio mamário e células de defesa (leucócitos) que se deslocam até a glândula mamária com o intuito de combater os agentes causadores da mastite, variando de acordo com o animal, genética, ambiente e manejo.

Assim, a CCS também serve como medida para prevenção e controle de mastite, sendo uma ferramenta bastante utilizada para o monitoramento de perdas na produção do rebanho (WINDIG *et al.*, 2005). Segundo Langoni (2000), as vacas devem apresentar CCS entre 50.000 e 200.000 células/mL de leite para serem consideradas saudáveis; acima disso, é considerada mastite subclínica. Sendo assim, é possível considerar que os animais se mantiveram em estado adequado de sanidade durante o período do experimento.

Em relação as plaquetas, elas atuam no controle da hemostasia celular, promovendo o tampão plaquetário, impedindo a perda de sangue (SMITH, 2010). O aumento das plaquetas pode ser uma resposta transitória à adrenalina (exercício, estresse, excitação, entre outros), processo que mobiliza as plaquetas presentes no baço. Todavia, ficou dentro dos parâmetros fisiológicos para a espécie, que é de  $200 - 800 \times 10^3$ .

Não houve diferença entre os tratamentos para hemácias, hemoglobina, hematócrito, VCM, HCM e CHCM ( $P > 0,05$ ), além de estarem dentro dos limites fisiológicos para bovinos, que é de 39 a 52 fl para VCGM, 14 a 19 para HCM e de 31 a 34 para CHCM (WOOD; QUIROZ-ROCHA, 2010; ROLAND *et al.*, 2014),

demonstrando que os animais apresentavam um funcionamento adequado da medula óssea na síntese de eritrócitos (linhagem vermelha) e que não estava ocorrendo destruição dos eritrócitos ou perda dessas células.

Os leucócitos, da linhagem branca, são células fundamentais para a resposta imune dos animais, dividida em imunidade inata e imunidade adaptativa. A subpopulação dos neutrófilos promove a primeira linha de defesa do organismo. Os neutrófilos são divididos em neutrófilos bastonetes, os quais são células imaturas (neutrófilos imaturos) liberadas na corrente sanguínea para combater possíveis infecções, enquanto os neutrófilos segmentados já estão prontos na circulação, migrando diretamente para o local onde há o agente invasor. Os resultados sugerem que a primeira linha de defesa estava pronta para possíveis contaminações, pois os valores encontrados estavam dentro dos níveis fisiológicos (ROLAND *et al.*, 2014; BIRGEL JUNIOR *et al.*, 2001).

As diferenças encontradas nos resultados para leucócitos, bastonetes, segmentados e neutrófilos indicam uma primeira linha de defesa preparada para possíveis contaminações, pois ainda estão dentro dos níveis fisiológicos (ROLAND *et al.*, 2014; BIRGEL JUNIOR *et al.*, 2001). Os neutrófilos são os leucócitos mais abundantes no sangue e desempenham um papel central na defesa contra infecções bacterianas, realizando a fagocitose, que envolve a ingestão e destruição de bactérias, vírus e outros patógenos invasores (THRALL *et al.*, 2015).

Os bastonetes são células imaturas (neutrófilos imaturos) liberadas na corrente sanguínea para combater possíveis infecções, enquanto os neutrófilos segmentados já estão prontos na circulação. Os monócitos são leucócitos que circulam no sangue, mas podem migrar para os tecidos e se transformar em células conhecidas como macrófagos. Assim como os neutrófilos, os monócitos realizam a fagocitose e atuam como apresentadores de antígenos, exibindo fragmentos de patógenos às células T, desencadeando uma resposta imunológica mais específica (SCHALM *et al.*, 2010).

Os eosinófilos agem na resposta imunológica contra parasitas e na modulação de reações alérgicas. Suas principais funções incluem a destruição de parasitas multicelulares, como vermes, e a modulação de respostas alérgicas, liberando substâncias que reduzem a inflamação (THRALL *et al.*, 2015). Os valores indicam que pode ter ocorrido uma melhoria na resposta para a defesa inata das vacas.

O efeito do estresse térmico em bovinos leiteiros também é influenciado pelo genótipo, saúde e estado imunológico de cada animal (PRAGNA *et al.*, 2017).

Segundo Yadav *et al.* (2016), o CMS é afetado pelo estresse térmico, resultando em uma redução na absorção de nutrientes e, como consequência, uma depressão do sistema imunológico, diminuindo assim a resposta inflamatória. No presente trabalho, não foi possível identificar variação no consumo, devido ao mesmo ter sido realizado em uma fazenda comercial, onde a rotina não permitiu o monitoramento. Cabe salientar que o manejo alimentar dos animais foi projetado para não haver sobras.

Bagath *et al.* (2019) destacam que o estresse térmico tem uma influência negativa na resposta imune inata, promovendo o aumento do cortisol no organismo, o qual afeta a capacidade de resposta do sistema imunológico como um todo, inclusive diminuindo a resposta imune inata e aumentando a vulnerabilidade do animal perante a ação de agentes agressores ao organismo. Com base nos resultados, podemos apontar uma possível melhoria na resiliência ao estresse térmico dos animais alimentados com OE. Apesar de o período não ter sido tão desafiador para os animais, foi possível observar uma melhoria ou um menor declínio na resposta imunológica inata.

Os linfócitos, por sua vez, são células brancas do sangue que desempenham um papel fundamental na resposta imunológica adaptativa, caracterizando-se pela produção de anticorpos direcionados a antígenos específicos e possuindo memória imunológica, permitindo uma resposta rápida e eficiente em exposições posteriores (CARROL; FORSBERG, 2007). Existem dois principais tipos de linfócitos: os linfócitos T, que coordenam a resposta imunológica, identificando e destruindo células infectadas por vírus e auxiliando na regulação da resposta imune, e os linfócitos B, que são responsáveis pela produção de anticorpos. Essas proteínas se ligam aos patógenos, facilitando sua neutralização e eliminação (SILVA, 2017). Os dados mostram que não houve diferença para esta linhagem celular.

A insulina é um marcador energético, o cortisol um marcador do estresse, e a tiroxina está relacionada a uma melhor adaptação frente ao estresse térmico. A similaridade nos níveis de insulina para ambos os grupos (Grupo de controle e Grupo OE) indica um status energético semelhante entre eles.

A proteína total, a albumina e a ureia encontram-se dentro dos valores fisiológicos, demonstrando que a funcionalidade hepática e a suplementação proteica estão adequadas. Os valores de ureia também podem ser relacionados com a adequada funcionalidade renal. Pode-se observar um comportamento semelhante entre os dados da ureia no soro e no leite (NUL). De acordo com o observado por Gao

*et al.* (2017), o estresse térmico pode influenciar na quantidade de nitrogênio ureico no sangue, leite e urina. Isso pode explicar a variação observada para a ureia no sangue e no leite durante os períodos de coleta, onde em alguns momentos tiveram ITU moderados, o que pode ter ocasionado essas diferenças.

A produção de cortisol durante períodos de estresse agudo atua como um estimulador do sistema imunológico. No entanto, se for por um longo período, o cortisol tem sido associado à supressão imunológica e utilizado como indicador de estresse térmico (BAGATH *et al.*, 2019). Os valores não se diferenciaram significativamente entre os tratamentos e estão dentro dos níveis esperados, assim como os níveis de tiroxina. Os resultados obtidos para fosfatase alcalina, GGT e AST também estão dentro dos esperados.

Com base nos biomarcadores hormonais e metabólicos analisados, não foi possível concluir que os animais estavam em estado de estresse térmico, uma vez que as variáveis observadas se mantiveram dentro do esperado. Ao contrário do observado por Ferreira *et al.* (2009), onde houve aumento no número de eritrócitos, concentração de hemoglobina, hematócrito, proteínas totais, ureia e cortisol durante o período de estresse calórico ( $P < 0,05$ ).

Segundo Yan *et al.* (2021), a frequência respiratória é um indicador precoce de estresse térmico, que pode ser medido de forma não invasiva. O grupo tratado com OE obteve uma frequência respiratória significativamente inferior ao grupo de controle, o que, somado ao fato de o ITU médio dos períodos avaliados ter sido moderado, denota que se trata de um indicador mais sensível para entender o estado de conforto térmico dos animais. Vale destacar que o ITU nos dias 14 e 15 tiveram picos de até 72 e de 73 para os dias 20 e 21, horários próximos à contagem da FR.

A zona de conforto térmico de bovinos situa-se entre 5 a 25 °C. Dentro dessa faixa, eles produzem calor metabólico basal sem incorrer em custos fisiológicos adicionais para a produção de leite e outros processos fisiológicos. No entanto, quando os animais são expostos a ambientes com um ITU acima de 72 ou temperaturas superiores a 25°C, começam a demonstrar sinais de estresse térmico, incluindo um aumento na temperatura retal e na frequência respiratória (KADZERE *et al.*, 2002; ZIMBELMAN *et al.*, 2009).

Em bovinos leiteiros de alta produtividade, a produção de leite pode ser afetada antes mesmo de o animal demonstrar sinais de estresse térmico, a partir de um ITU de 68. De modo a lidar com o excesso de calor corporal, os animais reduzem os

processos metabólicos relacionados à síntese de leite, priorizando a atividade de termorregulação do organismo (BAUMGARD *et al.*, 2015; TAO *et al.*, 2011; ZIMBELMAN *et al.*, 2009). Esse efeito não foi visualizado no presente estudo, possivelmente porque os animais ficaram expostos a ITU acima de 68 por períodos curtos.

De acordo com Ferrazza *et al.* (2017), a frequência respiratória de vacas sob estresse térmico tende a aumentar antes mesmo que a temperatura corporal se eleve, pois os animais tentam dissipar calor por meio do aumento da respiração. Segundo Dal Más *et al.* (2020), em condições de conforto térmico, a frequência respiratória de bovinos varia entre 15 e 30 movimentos respiratórios por minuto (mpm). Entre 45 e 65 mpm, considera-se que os animais estão em estresse térmico leve a moderado, e acima de 70 mpm, estão em estresse térmico severo.

No momento da contagem da FR, os animais em vários momentos apresentaram valores superiores a 45 mpm. Acredita-se que, como o ITU médio nos dias de realização do estudo foi moderado, apresentando poucos picos de intensidade durante o período, foi possível observar apenas uma alteração da FR, não influenciando significativamente na produção, parâmetros hormonais e sanguíneos. No entanto, foi possível observar o efeito benéfico dos OEs sobre a FR dos animais, mesmo em uma condição climática amena. Isso abre perspectivas para um potencial efeito do aditivo sobre o controle do FR em uma situação mais desafiadora.

## 5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados encontrados sobre a suplementação de óleos essenciais à base de eucalipto e menta em relação ao desempenho e a saúde de vacas Jersey em lactação, foi possível observar uma sutil melhoria na resposta imunológica inata dos animais, juntamente com a redução da frequência respiratória. Dadas as condições experimentais, essa combinação pode ser uma alternativa para amenizar os efeitos do estresse térmico em bovinos leiteiros, além de possivelmente promover melhorias imunológicas.

## REFERÊNCIAS

- AKTHAR, M. S. *et al.* Antimicrobial activity of essential oils extracted from medicinal plants against the pathogenic microorganisms: A review. **J. Issues ISSN**, v. 2350, p. 1588, 2014. Disponível em: <https://journalissues.org/wp-content/uploads/sites/6/2014/01/Akthar-et-al.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2023.
- APERCE, C. C. *et al.* Effects of menthol supplementation in feedlot cattle diets on the fecal prevalence of antimicrobial-resistant *Escherichia coli*. **PLoS One**, v. 11, n. 12, p. e0168983, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168983>. Acesso em: 01 ago. 2023.
- BAE K. H. *et al.* The antibacterial component from *Cinnamomi cortex* against a cariogenic bacterium *Streptococcus mutans* OMZ 176. **Archives of Pharmacal Research**, v. 15, p. 239–241, 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF02974062>. Acesso em: 23 mai. 2023.
- BAGATH, M. *et al.* The impact of heat stress on the immune system in dairy cattle: A review. **Research in veterinary science**, v. 126, p. 94-102, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2019.08.011>. Acesso em: 10 set. 2023.
- BARRETO, A. N. *et al.* Thermal comfort and behavior of beef cattle in pasture-based systems monitored by visual observation and electronic device. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 253, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2022.105687>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- BAUMGARD, L. H. *et al.* Effects of heat stress on the immune system, metabolism and nutrient partitioning: implications on reproductive success. **Rev. Bras. Reprod. Anim.**, v. 39, 173–183, 2015. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vti-12848>. Acesso em: 20 ago. 2023.
- BIRGEL JUNIOR, E. H. *et al.* Valores de referência do leucograma de bovinos da raça Jersey criados no Estado de São Paulo. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 38, p. 136-141, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-95962001000300008>. Acesso em: 16 jun. 2023
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Pecuária. Instrução Normativa n. 76, de 26 de novembro de 2018. **Estabelece o regulamento para fixar a identidade e as características de qualidade que devem apresentar o leite cru refrigerado, o leite pasteurizado e o leite pasteurizado tipo A**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2018. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/inspleite/files/2019/04/INSTRU%C3%87%C3%83O-NORMATIVA-N%C2%BA-76-DE-26-DE-NOVEMBRO-DE-2018-Di%C3%A1rio-Oficial-da-Uni%C3%A3o-Imprensa-Nacional.pdf>. Acesso em: 08 set. 2023.
- CARROLL, J. A.; FORSBERG, N. E. Influence of stress and nutrition on cattle immunity. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 23, n. 1, p. 105-149, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.01.003>. Acesso em: 10 set. 2023.

CARVALHO, B. C. *et al.* Uso de tecnologias de precisão na reprodução de bovinos leiteiros. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, nº 79, p. 29 – 40, 2015. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1037867/1/Cnpgl2015CadTecVetZootUso.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2023.

CARVALHO, M. P.; GALAN, V. B.; VENTURINI, C. E. P. Cenários para pecuária de leite no Brasil. *In*: VILELA, V.; FERREIRA, R. de P.; FERNANDES, E. N.; JUNTOLLI, F. V. **A pecuária de leite no Brasil: cenários e avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

CARVALHO, T. B.; ZEN, S. A cadeia de Pecuária de Corte no Brasil: evolução e tendências. **Revista iPecege**, v. 3, n. 1, p. 85-99, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.22167/r.ipecege.2017.1.85>. Acesso em: 21 jul. 2023.

CASTRO JUNIOR, S. L. *et al.* Produção animal 4.0: conceitos, aplicações e tendências. **Revista Multidisciplinar do Vale do Jequitinhonha-Revivale**, v. 1, n. 1, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.56386/2764-300X202124>. Acesso em: 02 ago. 2023.

CAVALARI, T. G. F.; OLIVEIRA, A. C. Óleo essencial de melaleuca. **Revista Saúde em Foco**, n. 9, 2017. Disponível em: [https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/06/065\\_essencialdemelaleuca.pdf](https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/06/065_essencialdemelaleuca.pdf). Acesso em: 23 ago. 2023.

CHAPMAN, C. E. *et al.* Short communication: Cinnamaldehyde taste preferences of weaned dairy heifers. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 3607–3611, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10582>. Acesso em: 15 mai. 2023.

CNA. **Panorama do Agro**. Sítio eletrônico CNA Institucional, 2021. Disponível em: <https://cnabrasil.org.br/cna/panorama-do-agro>. Acesso em: 24 jul. 2023.

COBELLIS, G. *et al.* Critical evaluation of essential oils as rumen modifiers in ruminant nutrition: A review. **Science of the Total Environment**, v. 545, p. 556-568, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.103>. Acesso em: 13 ago. 2023.

COSTA, H. J. F. *et al.* Efeitos do estresse térmico sobre parâmetros fisiológicos e vascularização de estruturas ovarianas em animais com valores genéticos distintos para termotolerância – resultados preliminares. *In*: Workshop de Iniciação Científica da Embrapa Gado de Leite, 14., 2019, Juiz de Fora. **Anais eletrônicos** [...] Juiz de Fora: Embrapa, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/201742/1/18-Efeitos-do-estresse-termico.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2023.

COSTA, J. H. C.; CANTOR, M. C.; NEAVE, H. W. Symposium review: Precision technologies for dairy calves and management applications. **Journal of dairy science**, v. 104, n. 1, p. 1203-1219, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17885>. Acesso em: 02 ago. 2023.

DAL MÁZ, F. E. *et al.* Estresse térmico em bovinos leiteiros–Impactos, avaliação e medidas de controle. **Revista Veterinária em Foco**, v. 17, n. 2, 2020. Disponível em: <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/veterinaria/article/view/5522>. Acesso em: 02 ago. 2023.

DAL SANTO, A. *et al.* Avaliação da utilização de óleos essenciais de canela, orégano e eucalipto via água de bebida para frangos de corte. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e11210817007-e11210817007, 2021. Acesso em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/17007>. Acesso em: 02 ago. 2023.

DI COSTANZO, A. *et al.* Supplementation of nicotinic acid for lactating Holstein cows under heat stress conditions. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 6, p. 1200-1206, 1997. Disponível em: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76048-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76048-X). Acesso em: 21 mai. 2023.

DIAS, J. C. **As raízes leiteiras do Brasil**. 11<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Barleus, 2012.

EPAGRI, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2014/2015**. EPAGRI, 2016. Disponível em: [https://docweb.epagri.sc.gov.br/website\\_cepa/publicacoes/Estudo\\_Cadeia\\_do\\_leite.pdf](https://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/Estudo_Cadeia_do_leite.pdf). Acesso em: 02 ago. 2023.

FERRAZZA, R. A. *et al.* Thermoregulatory responses of Holstein cows exposed to experimentally induced heat stress. **Journal of Thermal Biology**, n. 66, p. 68-80, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.03.014>. Acesso em: 02 ago. 2023.

FERRAZZA, R. A.; CASTELLANI, E. Análise das transformações da pecuária brasileira: um enfoque na pecuária leiteira. **Ciência Animal Brasileira**, v. 22, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-6891v22e-68940>. Acesso em: 23 jul. 2023.

FERREIRA, F. *et al.* Parâmetros clínicos, hematológicos, bioquímicos e hormonais de bovinos submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 769-776, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352009000400002>. Acesso em: 10 set. 2023.

FERREIRA, F. *et al.* Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, p. 732-738, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352006000500005>. Acesso em: 02 ago. 2023.

FOREZI, L. S. M. *et al.* Aqui Tem Química: parte IV. **Rev. Virtual Quim.**, p. 1-20, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20220055>. Acesso em: 07 set. 2023.

FREIRE, M. M. **Composição e atividade antifúngica do óleo essencial de hortelã-pimenta (Mentha piperita L.)**. Timburi, SP: Cia do eBook, 2020.

- FREITAS JÚNIOR, J. E. de *et al.* Parâmetros sanguíneos de vacas leiteiras suplementadas com diferentes fontes de gordura. **Ciência Rural**, v. 40, p. 950-956, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010005000039>. Acesso em: 10 set. 2023.
- FRIGERI, K. D. *et al.* Effect of heat stress on the behavior of lactating cows housed in compost barns: a systematic review. **Applied Sciences**, v. 13, n. 4, p. 2044, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app13042044>. Acesso em: 23 ago. 2023.
- GAO, S. T. *et al.* The effects of heat stress on protein metabolism in lactating Holstein cows. **Journal of dairy science**, v. 100, n. 6, p. 5040-5049, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11913>. Acesso em: 10 set. 2023.
- GARCIA, A. R. *et al.* Comportamento de fêmeas bovinas de corte em pastagens sem arborização, avaliado por sistema wireless de monitoramento. **Circular Técnica**, v. 82, p. 9, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1100677/comportamento-de-femeas-bovinas-de-corte-em-pastagens-sem-arborizacao-avaliado-por-sistema-wireless-de-monitoramento>. Acesso em: 16 jun. 2023.
- GEIGER, S. *et al.* Menthol stimulates calcium absorption in the rumen but not in the jejunum of sheep. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 3, p. 3067-3081, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19372>. Acesso em: 01 ago. 2023.
- GHIZZI, L. G. *et al.* Effects of functional oils on ruminal fermentation, rectal temperature, and performance of dairy cows under high temperature humidity index environment. **Animal Feed Science and Technology**, v. 246, p. 158-166, 2018. Disponível em; <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.10.009>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- HELANDER, I. M. *et al.* Characterization of the action of selected essential oil components on gram-negative bacteria. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 3590–3595, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf980154m>. Acesso em: 11 ago. 2023.
- HORI, T. Capsaicin and central control of thermoregulation. **Pharmacology & Therapy**, v. 26, p. 389–416, 1984. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0163-7258\(84\)90041-x](https://doi.org/10.1016/0163-7258(84)90041-x). Acesso em: 10 mai. 2023.
- HRISTOV, A. N. *et al.* Effect of *Origanum vulgare* L. leaves on rumen fermentation, production, and milk fatty acid composition in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 1189–1202, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5975>. Acesso em: 23 ago. 2023.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da pecuária municipal e censo agropecuário**. Rio de Janeiro: Sidra, 2016. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=94&z=p&o=29>. Acesso em: 24 jul 2023.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Pecuária Municipal 2003-2014**. Sítio eletrônico IBGE, 2015. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=74&z=t&o=24>. Acesso em: 02 jun. 2023.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de leite 2021**. Sítio eletrônico IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/leite/sc>. Acesso em: 17 jul. 2023.

JANNI, K. *et al.* Compost dairy barn layout and management recommendations. **Applied engineering in agriculture**, v. 23, n. 1, p. 97-102, 2007. Disponível em: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=22333>. Acesso em: 01 ago. 2023.

JOCHIMS, F.; DORIGON, C.; PORTES, V. M. O leite para o Oeste Catarinense. **Agropecuária Catarinense**, v. 29, n. 3, p. 18-21, 2016. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/67>. Acesso em: 04 ago. 2023.

JUVEN, B. J. *et al.* Factors that interact with the antibacterial action of thyme essential oil and its active constituents. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 76, p. 626–631, 1994. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1994.tb01661.x>. Acesso: 23 ago. 2023.

KADZERE, C. T. *et al.* Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock production science**, v. 77, n. 1, p. 59-91, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00330-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00330-X). Acesso em: 23 jun. 2023.

KALAITSIDIS, K. *et al.* Effects of cornus and its mixture with oregano and thyme essential oils on dairy sheep performance and milk, yoghurt and cheese quality under heat stress. **Animals**, v. 11, n. 4, p. 1063, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani11041063>. Acesso em: 07 set. 2023.

LANGONI, H. Tendências de modernização do setor lácteo: monitoramento da qualidade do leite pela contagem de células somáticas. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP**, v. 3, n. 3, p. 57-64, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.36440/recmvz.v3i3.3332>. Acesso em: 10 set. 2023.

LEÃO, J. M. *et al.* **Uso da termografia infravermelha na pecuária de precisão**. Embrapa: Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia, n. 79, 2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1037882/1/Cnpgl2015CadTecVetZootUsodatermografia.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2023.

LEES, A. *et al.* The impact of heat load on cattle. **Animals**, v. 9, n. 6, p. 322, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani9060322>. Acesso em: 02 ago. 2023.

LEMMENS, Lena *et al.* The combined use of automated milking system and sensor data to improve detection of mild lameness in dairy cattle. **Animals**, v. 13, n. 7, p.

1180, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani13071180>. Acesso em: 23 mai. 2023.

LIMA, M. D. S. *et al.* Anti-inflammatory effects of carvacrol: Evidence for a key role of interleukin-10. **European Journal of Pharmacology**, v. 699, p. 112–117, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2012.11.040>. Acesso em: 10 mai. 2023.

MAYENS, M. C. *et al.* Monitoramento da temperatura corporal através de termômetro intravaginal em bovinos, uma técnica promissora. In: Congresso de Iniciação Científica, 17., 2018, Pelotas. **Anais eletrônicos [...]** Pelotas: UFPEL, 2018. Disponível em: [https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2018/CA\\_02192.pdf](https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2018/CA_02192.pdf). Acesso em: 02 ago. 2023.

MELO, Aurélio Ferreira *et al.* Efeitos do estresse térmico na produção de vacas leiteiras: Revisão. **Pubvet**, v. 10, p. 721-794, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.22256/pubvet.v10n10.721-730>. Acesso em: 21 ago. 2023.

MIN, L. *et al.* Nutritional strategies for alleviating the detrimental effects of heat stress in dairy cows: a review. **International Journal of Biometeorology**, v. 63, p. 1283-1302, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01744-8>. Acesso em: 27 ago. 2023.

MORAES, D. A *et al.* A relação da pecuária na economia brasileira. **ETEC Padre José Nunes Dias**, 2021.

MOTA, V. C.; ANDRADE, E. T.; LEITE, D. F. Sistema de confinamento Compost Barn: interações entre índices de conforto, características fisiológicas, escore de higiene e claudicação. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, Umuarama, v. 23, n. 1cont, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.25110/arqvet.v23i1cont.2020.6969>. Acesso em: 01 ago. 2023.

MUNIZ, E. B. *et al.* Unidade demonstrativa de confinamento Compost Barn em pequena propriedade de atividade leiteira, no município de Douradina-MS. **RealizAção**, v. 8, n. 16, p. 82-96, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.30612/realizacao.v8i16.14579>. Acesso em: 01 ago. 2023.

MURRAY, S. A. *et al.* Effects of the antibiotic alternatives zinc and menthol on phenotypic antimicrobial resistance of *E. coli* and *Enterococcus* spp. in beef cattle. **Animals**, v. 11, n. 259, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.20944/preprints202012.0210.v1>. Acesso em: 01 ago. 2023.

NOSTRO, A.; PAPALIA, T. Antimicrobial activity of carvacrol: current progress and future perspectives. **Recent patents on anti-infective drug discovery**, v. 7, n. 1, p. 28-35, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.2174/157489112799829684>. Acesso em: 18 ago. 2023.

NUNES, A. S. *et al.* Condição hepática de cordeiros mantidos com dietas contendo torta de dendê proveniente da produção de biodiesel. **Revista Brasileira de**

**Zootecnia**, v. 39, p. 1825-1831, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000800027>. Acesso em: 10 set. 2023.

OLIVEIRA, H. B. N. *et al.* Desempenho de vacas em lactação consumindo dietas contendo misturas de óleos essenciais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, p. 670-678, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbspa/a/zBVNmXyXhHrtHwdxHwb3wTG/?lang=pt>. Acesso em: 18 ago. 2023.

PAULI, A.; KUBECZKA, K. Antimicrobial properties of volatile phenylpropanes. **Natural product communications**, v. 5, n. 9, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1934578X1000500910>. Acesso em: 02 jul. 2023.

PINSKI, A. *et al.* The effects of essential oil and condensed tannin on fermentation and methane production under *in vitro* conditions. **Animal Production Science**, v.56, p.1707-1713, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/AN15069>. Acesso em: 11 mai. 2023.

PIRES, M. F. A.; CAMPOS, A. T. **Conforto Animal para maior produção de leite**. Viçosa-MG: CPT, 2008.

POSSENTI, C. G. R. **Avaliação da ação antioxidante do extrato de *Mentha arvensis* L. em eritrócitos de vacas leiteiras com mastite**. 2014. 73 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural) – Universidade de Cruz Alta, Cruz Alta-RS, 2014. Disponível em: <https://home.unicruz.edu.br/wp-content/uploads/2017/01/Cecilia-Gabriela-Rubert-Possenti-AVALIACAO-DA-ACAO-ANTIOXIDANTE-DO-EXTRATO-DE-Mentha-arvensis-L.-EM-ERITROCITOS-DE-VACAS-LEITEIRAS-COM-MA.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2023.

PRAGNA, P. *et al.* Heat stress and dairy cow: impact on both milk yield and composition. **International Journal of Dairy Science**, v. 12, n. 1, p. 1-11, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3923/ijds.2017.1.11>. Acesso em: 09 set. 2023.

RANASINGHE, P. *et al.* Medicinal properties of 'true' cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*): a systematic review. **BMC complementary and alternative medicine**, v. 13, n. 1, p. 1-10, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1472-6882-13-275>. Acesso em: 23 mai. 2023.

REIS, J. B. *et al.* Avaliação da atividade antimicrobiana dos óleos essenciais contra patógenos alimentares. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 3, n. 1, p. 342-363, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34119/bjhrv3n1-025>. Acesso em: 22 ago. 2023.

RESENDE, B. I. *et al.* Impacto dos efeitos ambientais na produção de leite e parâmetros clínicos na raça Holandesa. **Pubvet**, v. 15, p. 180, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.31533/pubvet.v15n11a954.1-8>. Acesso em: 02 ago. 2023.

REZA-YAZDI, K. *et al.* Effects of specific essential oil compounds on, feed intake, milk production, and ruminal environment in dairy cows during heat exposure. **Int. J.**

**Biol. Biomol. Agric. Food Biotechnol. Eng**, v. 8, p. 1394-1397, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20220055>. Acesso em: 07 set. 2023.

ROLAND, L. *et al.* Hematology as a diagnostic tool in bovine medicine. **Journal of Veterinary Diagnostic Investigation**, v. 26, n. 5, p. 592-598, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/10406387145464>. Acesso em: 10 set. 2023.

SANTOS, O.; MARCONDES, T.; CORDEIRO, J. F. **Estudo da cadeia do leite em Santa Catarina**: prospecção e demandas. Florianópolis: EPAGRI, 2006.

SCHALM, O. W. *et al.* **Veterinary hematology**. 6. ed. USA: Wiley-Blackwell, 2010.

SILVA, Gustavo Guimaraes Bessa Santos *et al.* Compost Barns: a bibliometric analysis. **Animals**, v. 12, n. 19, p. 2492, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani12192492>. Acesso em: 01 ago. 2023.

SILVA, M. N. **Hematologia veterinária**. Belém: EditAedi, 2017.

SILVA, P. H. N.; SANCHES, P. A. G. Comparação de bem-estar animal na produção de leite em Compost Barn e leite a pasto. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária FAG**, v. 3, n. 2, 2020. Disponível em: <https://themaetscientia.fag.edu.br/index.php/ABMVFAG/article/view/380/474>. Acesso em: 01 ago. 2023.

SINHORIN, A. L. *et al.* Óleo essencial na dieta de leitões na fase de creche. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 20, n. 3, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.25110/arqvet.v20i3.6691>. Acesso em: 01 ago. 2023.

SMITH, S. A. Overview of hemostasis. *In*: WEISS, D. J.; WARDROP, K. J. **Schalm's Veterinary Hematology**. 6. ed. Iowa: Wiley, 2010. p. 635-707.

SOARES, C. H. E. **Curcuma Longa L. vegetable oil characterization as cutting fluid base and Curcuma Longa L. essential oil antimicrobial properties analysis for machining application**. 2020. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2020. Disponível em: [https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/23246/1/Soares\\_Cinthia.pdf](https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/23246/1/Soares_Cinthia.pdf). Acesso em: 10 dez. 2022.

STELWAGEN, K. *et al.* Effect of rumen-protected capsicum on milk production in earling lactating cows in a pasture based-system. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. 5, p. 664-680, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11665>. Acesso em: 12 mai. 2023.

SURESH, D.; SRINIVASAN, K. Tissue distribution and elimination of capsaicin, piperine and curcumin following oral intake in rats. **Indian Journal of Medical Research**, v. 131, p. 682–691, 2010. Disponível em: [https://journals.lww.com/ijmr/Abstract/2010/31050/Tissue\\_distribution\\_\\_\\_elimination\\_of\\_capsaicin,.15.aspx](https://journals.lww.com/ijmr/Abstract/2010/31050/Tissue_distribution___elimination_of_capsaicin,.15.aspx). Acesso em: 23 mai. 2023.

TAO, S. *et al.* Effect of heat stress during the dry period on mammary gland development. **Journal of dairy science**, v. 94, n. 12, p. 5976-5986, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4329>. Acesso em: 23 mai. 2023.

TATSUOKA, T. *et al.* Effects of the essential oil cyclodextrin complexes on ruminal methane production *in vitro*. **Animal Science Journal**, v. 79, p. 68-75, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2007.00499.x>. Acesso em: 23 mai. 2023.

TEKIPPE, J. A. *et al.* Rumen fermentation and production effects of *Origanum vulgare* L. leaves in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 94, p. 5065–5079, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4095>. Acesso em: 21 ago. 2023.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, Philadelphia, v. 1, n. 1, p. 57-59, 1959. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>. Acesso em: 10 set. 2023.

TRALL, M. A. *et al.* **Hematologia e bioquímica clínica veterinária**. 2. ed. São Paulo: Roca, 2015.

TREVIZANI, A. C. *et al.* Avaliação dos métodos de extração aplicados ao bagaço de laranja. **Revista Virtual de Química**, v. 11, n. 3, 2019. Disponível em: <http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/MateusNoPrelo.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2023.

ULTEE, A. *et al.* Antimicrobial activity of carvacrol on rice. **Journal of Food Protection**, v. 63, p. 620–624, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.4315/0362-028x-63.5.620>. Acesso em: 23 mai. 2023.

VILELA, D. *et al.* A evolução do leite no Brasil em cinco décadas. **Revista de Política Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 5-24, 2017. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1243>. Acesso em: 16 jun. 2023.

WALL, E. H.; BRAVO, D. M. Supplementation with a blend of capsicum and artificial sweetener alters milk yield and nutrient partitioning in lactating dairy cows. **Journal Animal Science**, v. 94, n. 5, p. 754–755, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2527/jam2016-1553>. Acesso em: 21 mai. 2023.

WINCKLER, N. C.; MOLINARI, G. T. Reflexões sobre a pecuária leiteira no oeste catarinense: impactos cooperativistas para o Desenvolvimento Regional. **Redes. Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 20, n. 3, p. 119-137, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.17058/redes.v20i3.5298>. Acesso em: 07 ago. 2023.

WINDIG, J. J. *et al.* The association between somatic cell count patterns and milk production prior to mastitis. **Livestock Production Science**, v. 96, p. 291-299, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.02.009>. Acesso em: 10 set. 2023.

WOOD, D.; QUIROZ-ROCHA, G.F. Normal hematology of cattle. *In*: WEISS, D. J.; WARDROP, K. J. **Schalm's Veterinary Hematology**. 6. ed. Iowa: Wiley, 2010. p. 829-835.

YADAV, B. *et al.* Effect of simulated heat stress on digestibility, methane emission and metabolic adaptability in crossbred cattle. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 29, n. 11, p. 1585, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0693>. Acesso em: 10 set. 2023.

YAN, G. *et al.* The effects of cow-related factors on rectal temperature, respiration rate, and temperature-humidity index thresholds for lactating cows exposed to heat stress. **Journal of Thermal Biology**, v. 100, p. 103041, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.103041>. Acesso em: 10 set. 2023.

YANG, W. Z. *et al.* Dose response to cinnamaldehyde supplementation in growing beef heifers: Ruminal and intestinal digestion. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 680–688, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1652>. Acesso em: 12 mai. 2023.

ZERO, R. C. *et al.* Fatores ambientais na resposta fisiológica e comportamental de vacas leiteiras. **Nucleus Animalium**, v. 7, n. 2, p. 9, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3738/1982.2278.1508>. Acesso em: 02 ago. 2023.

ZIMBELMAN, R. B. *et al.* A re-evaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. *In*: Proceedings of the Southwest Nutrition Conference. 2009. p. 158-169. **Anais [...]** 2009. p. 158-169. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/251735409\\_A\\_Reevaluation\\_of\\_the\\_Impact\\_of\\_Temperature\\_Humidity\\_Index\\_THI\\_and\\_Black\\_Globe\\_Humidity\\_Index\\_BGHI\\_on\\_Milk\\_Production\\_in\\_High\\_Producing\\_Dairy\\_Cows](https://www.researchgate.net/publication/251735409_A_Reevaluation_of_the_Impact_of_Temperature_Humidity_Index_THI_and_Black_Globe_Humidity_Index_BGHI_on_Milk_Production_in_High_Producing_Dairy_Cows). Acesso em: 23 ago. 2023.

## ANEXO A – COMPROVANTE DO CEUA



Universidade do Estado de Santa Catarina

Comissão de Ética no  
Uso de Animais

## CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Predição e monitoramento da composição e qualidade do leite, com validação de análises em tempo real, e avaliação dos aspectos tecnológicos de derivados lácteos em Santa Catarina.", protocolada sob o CEUA nº 5448251022 (ID 001639), sob a responsabilidade de **Ana Luiza Bachmann Schogor** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **APROVADA** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade do Estado de Santa Catarina (CEUA/UDESC) na reunião de 28/10/2022.

We certify that the proposal "Prediction and monitoring of milk composition and quality, with validation of real time analysis, and evaluation of technological aspects of dairy products in Santa Catarina", utilizing 40 Bovines (40 females), protocol number CEUA 5448251022 (ID 001639), under the responsibility of **Ana Luiza Bachmann Schogor** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **APPROVED** by the Ethic Committee on Animal Use of the University of Santa Catarina State (CEUA/UDESC) in the meeting of 10/28/2022.

Finalidade da Proposta: Pesquisa (Acadêmica)

Vigência da Proposta: de 01/2022 a 09/2024 Área: Zootecnia

Origem:	Animais provenientes de estabelecimentos comerciais		
Espécie:	Bovinos	sexo: Fêmeas	idade: 2 a 10 anos N: 40
Linhagem:	Holandês, Jersey		Peso: 350 a 700 kg

Lages, 11 de setembro de 2023

José Cristani  
Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Pedro Volkmer de Castilhos  
Vice-Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais  
Universidade do Estado de Santa Catarina

