



**ESTERLIN RAFAEL MORENO ORTEGA**

**COMPORTAMENTO DURANTE A EXPRESSÃO DE ESTRO  
DE VACAS HOLANDEASAS DE ALTA PRODUÇÃO EM  
SISTEMA “*COMPOST BARN TÚNEL DE VENTO*”**

**LAVRAS-MG**

**2022**

**ESTERLIN RAFAEL MORENO ORTEGA**

**COMPORTAMENTO DURANTE A EXPRESSÃO DE ESTRO DE VACAS  
HOLANDESAS DE ALTA PRODUÇÃO EM SISTEMA “*COMPOST BARN* TÚNEL  
DE VENTO”**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós – Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Reprodução Animal para obtenção de título de Mestre.

Prof<sup>a</sup>. Dra. Nadja Gomes Alves

Orientadora

Prof. Dr. Luiz Gustavo Bruno Siqueira

Coorientador

Prof. Dr. Flavio Alves Damasceno

Coorientador

**LAVRAS - MG**

**2022**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Ortega, Esterlin Rafael Moreno.

Comportamento durante a expressão de estro de vacas holandesas de alta produção em sistema “*Compost Barn* túnel de vento” / Esterlin Rafael Moreno Ortega. - 2022.

64 p.: il.

Orientador(a): Nadja Gomes Alves.

Coorientador(a): Luiz Gustavo Bruno Siqueira, Flávio Alves Damasceno.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Comportamento estral. 2. Bem-estar animal. 3. Vaca leiteira.  
I. Alves, Nadja Gomes. II. Siqueira, Luiz Gustavo Bruno.  
III. Damasceno, Flávio Alves. IV. Título.

**ESTERLIN RAFAEL MORENO ORTEGA**

**COMPORTAMENTO DURANTE A EXPRESSÃO DE ESTRO DE VACAS  
HOLANDESAS DE ALTA PRODUÇÃO EM SISTEMA “*COMPOST BARN TUNEL  
DE VENTO*”**

**BEHAVIOR DURING ESTRUS EXPRESSION OF HIGH-PRODUCING HOLSTEIN  
COWS IN A “*COMPOST BEDDED PACK WIND TUNNELL*” SYSTEM**


Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós – Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Reprodução Animal para obtenção de título de Mestre.

APROVADA em 05 de Dezembro de 2022.

Prof. Dr. Luiz Gustavo Bruno Siqueira      EMBRAPA

Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria de Fatima Ávila Pires      EMBRAPA

Prof. Dr. Renato Ribeiro de Lima      UFLA

Documento assinado digitalmente  
 NADJA GOMES ALVES  
Data: 22/05/2023 14:47:25-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof<sup>a</sup>. Dr (a). Nadja Gomes Alves  
Orientadora

**LAVRAS - MG**

**2022**

*A Deus que me fortaleceu todos os dias, meus  
país e aos meus irmãos.*

*Dedico.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade de cumprir um dos meus grandes sonhos, aos meus pais Maribel de los Reyes Ortega Ramirez e Esterlin Moreno Barrios, que foram os grandes pilares da minha formação, agradeço o imenso apoio e os conselhos dos meus irmãos Kevin, Vanessa, Maria Jose e Carlos Guillermo, durante meu ciclo universitário.

Tenho muito orgulho de ter formado amizades sinceras com os meus amigos do grupo NUTRAN.

Aos meus mentores de estudo e conselheiros de vida, aos professores Luís Gustavo Bruno Siqueira, Maria de Fátima Ávila Pires, Flavio Alves Damasceno, Renato Ribeiro de Lima, Rene Patiño, Luz Mercedes Botero e Leonilde Torres.

À minha orientadora, professora Nadja Gomes Alves, sempre disposta a ensinar e ajudar a encarar novos desafios profissionais, agradeço por todo o suporte!

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e Diretoria de Relações Internacionais (DRI), principalmente à Joyce Alves, que me ajudou e me orientou durante a minha estadia na UFLA.

À EMBRAPA e toda sua equipe, por terem sido parte fundamental na minha preparação final durante meu mestrado.

E, finalmente, aos membros da banca examinadora por aceitarem o convite e contribuírem na conclusão deste trabalho.

A todos, muito obrigado!

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi caracterizar o comportamento durante o estro sincronizado de vacas leiteiras de alta produção, alojadas em sistema *Compost Barn* túnel de vento. Adicionalmente, objetivou-se determinar quais variáveis ambientais, fisiológicas e produtivas tiveram maior efeito sobre a expressão do estro. O experimento foi conduzido em uma instalação de *Compost Barn* túnel de vento, localizado na Estação Experimental José Henrique Bruschi, EMBRAPA – Gado de Leite, em Coronel Pacheco, MG, Brasil. Foram selecionadas 35 vacas com  $128 \pm 74$  dias em lactação (DEL) e período de espera voluntário (PEV) de 45 dias. As vacas foram submetidas a protocolo de inseminação artificial em tempo fixo (IATF) com o uso de dispositivos intravaginais (DIV) contendo 1,9 g de progesterona (P4), e aplicação de acetato de buserelina (GnRH), cloprostenol sódico e cipionato de estradiol. Foram utilizados coleiras eletrônicas de monitoramento de atividade, vídeo-câmeras e bastão marcador como ferramentas auxiliares para detecção de estros. O comportamento do estro foi observado a partir de 24 horas após a retirada do DIV de P4 até o final do estro. As variáveis ambientais no interior do galpão (temperatura, umidade relativa do ar - UR, índice de temperatura e umidade - ITU, velocidade do vento, umidade e temperatura da cama), as variáveis fisiológicas (temperatura retal - TR e frequência respiratória - FR) e produtivas (produção de leite e DEL) foram aferidas no dia da remoção do DIV de P4 até o dia do estro. A duração do estro por observação visual auxiliada por vídeo-câmeras foi de  $12,8 \pm 1,6$  h, e por coleiras eletrônicas a duração do estro foi de  $20,6 \pm 3,9$  h, sem correlação ( $r = 0,12$ ,  $P > 0,05$ ) entre estes métodos de observação. Entretanto, considerando o intervalo da retirada do DIV de P4 até o início do estro, houve correlação ( $r = 0,53$ ,  $P < 0,05$ ) entre esses dois métodos de detecção. Em relação à intensidade do estro, os comportamentos mais observados foram aceitação de monta ( $37,9 \pm 6,7$ , 22,4%), tentar montar por trás ( $54,5 \pm 9,3$ , 32,2%) e cabeça a cabeça ( $46,6 \pm 10,6$ , 27,6%). Quanto à distribuição desses três comportamentos, verificou-se que a maioria ocorreu no intervalo das 11h01 às 17h00. Em relação às variáveis fisiológicas durante expressão do estro, foram observadas TR de  $38,8 \pm 0,3$  °C e FR de  $50,4 \pm 4,4$  rpm. Em relação às variáveis ambientais durante a expressão do estro, foram observadas temperatura ambiente de  $18,2 \pm 2,0$  °C, UR de  $88,0 \pm 1,5$  %, ITU de  $64,0 \pm 3,1$ , velocidade do vento de  $2,0 \pm 0,1$  m/s, e umidade e temperatura da cama de  $50,1 \pm 0,3$ % e  $49,0 \pm 1,3$ °C, respectivamente. A produção de leite foi de  $36,7 \pm 7,2$  litros. Ao aplicar a análise de regressão *stepwise*, as variáveis determinantes na expressão do estro foram a velocidade do vento e umidade da cama. Em conclusão, as variáveis ambientais mantiveram-se estáveis durante o experimento, o que permitiu a estabilização das variáveis fisiológicas. Isso resultou em duração e intensidade do estro favoráveis à sua identificação.

**Palavras-chave:** Comportamento Estral. Bem-estar Animal. Compost Barn. ITU. Vaca Leiteira.

## ABSTRACT

This study was carried out to characterize the behavior during synchronized estrus of high-producing dairy cows housed in a wind tunnel Compost Barn. Additionally, the objective was to determine which environmental, physiological, and productive variables have a greater effect on the expression of estrus in these animals. The experiment was carried out in a wind tunnel Compost Barn installation, at the José Henrique Bruschi Experimental Station, EMBRAPA – Gado de Leite, Coronel Pacheco, MG, Brazil. Thirty-five cows with  $128 \pm 74$  days in milk (DIM) and a voluntary waiting period (VWP) of 45 days were selected. Cows were placed under a fixed-time artificial insemination (FTAI) protocol based on intravaginal devices containing 1.9 g of progesterone (P4), and injection of buserelin acetate (GnRH), cloprostenol sodium, and estradiol cypionate. Auxiliary tools (electronic activity-monitoring cervical collars, video cameras, and marker sticks) were used to aid in estrus detection. The estrus behavior was observed from 24 hours after the removal of the P4 intravaginal device until the end of estrus. The environmental variables (temperature, relative humidity, temperature and humidity index - THI, wind speed, and humidity and temperature of the bedding material), physiological variables (rectal temperature - RT and respiratory rate - RR), and productive variables (milk production and DIM) were measured from the day of intravaginal device removal until the day of estrus. The duration of estrus by visual observation aided by video cameras was  $12.8 \pm 1.6$  h, and by activity-monitoring cervical collars was  $20.6 \pm 3.9$  h, without correlation ( $r = 0.12$ ,  $P > 0.05$ ) between these methods. However, considering the interval from the removal of the intravaginal P4 device to the onset of estrus, there was a correlation ( $r = 0.53$ ,  $P < 0.05$ ) between these two detection methods. Regarding the intensity of estrus, the behaviors more observed were mounting acceptance ( $37.9 \pm 6.7$ , 22.4%), attempting to mount from behind ( $54.5 \pm 9.3$ , 32.2%), and head-to-head ( $46.6 \pm 10.6$ , 27.6%). As for the distribution of these three behaviors, they were mostly concentrated in the interval from 11:01 am to 5:00 pm. Regarding the physiological variables during estrus expression, RT of  $38.8 \pm 0.3$  °C and RR of  $50.4 \pm 4.4$  breaths per minute were found. Regarding the environmental variables during estrus expression, the ambient temperature of  $18.2 \pm 2.0$  °C, relative humidity of  $88.0 \pm 1.5$  %, THI of  $64.0 \pm 3.1$ , wind speed of  $2.0 \pm 0.1$  m/s, humidity and temperature of bedding material of  $50.1 \pm 0.3$  % and  $49.0 \pm 1.3$  °C, respectively, were observed. The average milk production was  $36.7 \pm 7.2$  liters. When applying the stepwise regression analysis, the determinant variables of estrus expression were wind speed and bedding material moisture. In conclusion, the environmental variables remained stable during the experiment, which allowed the stabilization of the physiological variables. This resulted in the duration and intensity of estrus behavior that favored its observation.

**Keywords:** Estrous Behavior. Animal Welfare. Compost Barn. THI. Dairy Cow.



## LISTA DE ABREVIATURAS

AGI	Ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa
BE	Benzoato de estradiol
BEN	Balanço energético negativo
CC	Condição corporal
CE	Cipionato de estradiol
CL	Corpo lúteo
D	Dia
DEL	Dias em lactação
DIV	Dispositivo intravaginal
E2	Estradiol
FR	Frequência respiratória
FSH	Hormônio folículo estimulante
GnRH	Hormônio liberador de gonadotrofinas
IA	Inseminação artificial
IATF	Inseminação artificial em tempo fixo
ITU	Índice de temperatura e umidade
LH	Hormônio luteinizante
P4	Progesterona
PEV	Período de espera voluntária
PGF2 $\alpha$	Prostaglandina F2 alfa
T°	Temperatura ambiente
TMR	Total mixed ration (ração total)
TR	Temperatura retal
UR	Umidade relativa do ar

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Medição de índice de temperatura e umidade (ITU) em vacas holandesas. ....	16
<b>Figura 2</b> - Aplicação de tinta na base da cauda (A e B) e vaca detectada em estro (C). ....	30
<b>Figura 3</b> - Coleira eletrônica de monitoriamento que registra permanentemente todas as atividades e envia as informações para o software central, possibilitando visualizar a alteração do comportamento por meio de gráficos.....	31
<b>Figura 4</b> - Localização das câmeras de vídeo no Compost barn para monitoramento do estro. ....	32
<b>Figura 5</b> - Comportamentos primário (aceitação e monta) e secundários de estro.....	33
<b>Figura 6</b> - Anemômetro usado para medição da velocidade do vento.....	35
<b>Figura 7</b> - A1) Observação visual de vacas em estro, A2) Alerta de cio emitido pela coleira eletrônica, A3) Monitoramento visual de cio, A4) Detecção de vacas no cio por vídeo-câmeras. ....	39
<b>Figura 8</b> - Sequência de vacas em pé antes do manejo das camas e vacas deitadas após este manejo, respectivamente. Isso pode ser favorável a falsos alertas do cio.....	40

## LISTA DE QUADRO

<b>Quadro 1</b> - Principais sintomas do estro apresentados por vacas leiteiras.....	19
--	----

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Comportamentos de estro observados. ....	33
<b>Tabela 2</b> - Variáveis fisiológicas observadas no dia da retirada do dispositivo intravaginal de progesterona e no dia do estro. ....	45
<b>Tabela 3</b> - Variáveis ambientais no dia de retirada do dispositivo intravaginal de progesterona e no dia do estro.....	46
<b>Tabela 4</b> - Equações obtidas da análise de regressão por <i>stepwise</i> para determinar as variáveis com maior influência na expressão do estro. ....	47

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Variáveis ambientais observadas dentro do Compost barn túnel de vento ao longo do experimento. ....	38
<b>Gráfico 2</b> - Correlação (A) e regressão (B) entre a duração do estro detectado visualmente e a duração do estro estimada pela coleira eletrônica de atividade. ....	40
<b>Gráfico 3</b> - Correlação (A) e regressão (B) entre a retirada do CIDR (D9) e o início do estro detectado por observação visual auxiliada por vídeo-câmeras e pelas coleiras eletrônicas. ....	41
<b>Gráfico 4</b> - Comportamentos primários e secundários do estro por vaca (média $\pm$ desvio padrão). ....	42
<b>Gráfico 5</b> - Distribuição percentual de cada um dos comportamentos de estro. ....	43
<b>Gráfico 6</b> - Distribuição dos comportamentos do estro por vaca durante 24 horas. ....	44
<b>Gráfico 7</b> - Distribuição percentual de cada comportamento de estro por vaca durante 24 h. ....	44

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> - Planilha utilizada para identificação do animal ativo e passivo e dos comportamentos característicos do estro. ....	64
<b>Anexo 2</b> - Modelo de planilha para avaliação do teor de umidade da cama pelo método de determinação da matéria seca. ....	64
<b>Anexo 3</b> - Modelo de registro para coleta de dados ambientais no galpão Compost barn. ....	65
<b>Anexo 4</b> - Ficha para anotação de mensuração das variáveis fisiológicas. ....	65
<b>Anexo 5</b> - Ficha para coleta de dados de frequência respiratória. ....	65

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	13
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	15
2.1	Variáveis ambientais associadas ao estresse térmico por calor	15
2.2	Variáveis fisiológicas associadas ao estresse térmico por calor	17
2.3	Aspectos reprodutivos	17
2.4	Sinais primários e secundários do estro	18
2.5	Fatores que afetam o comportamento do estro	20
2.6	Métodos auxiliares de detecção do estro	23
2.7	Confinamentos	24
2.8	Sistemas produtivos em <i>Tie Stall</i>	24
2.9	Sistemas produtivos em <i>Loose Housing</i>	25
2.10	Sistemas produtivos em <i>Free Stall</i>	25
2.11	Sistemas produtivos em <i>Compost Barn</i>	26
2.12	Sistemas produtivos <i>Compost Barn</i> túnel de vento	27
2.12.1	Características das camas utilizadas no sistemas <i>Compost Barn</i>	27
2.12.2	Manifestação do estro em sistemas <i>Compost Barn</i> vs <i>Free Stall</i>	27
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	28
3.1	Descrição do local do experimento	28
3.2	Manejo dos animais e da cama do <i>Compost Barn</i>	28
3.3	Seleção dos animais	29
3.4	Protocolo hormonal para sincronização de estros	29
3.5	Equipamentos e ferramentas utilizadas para detecção do estro	30
3.6	Dados comportamentais e expressão do estro	32
3.7	Dados ambientais	34
3.8	Dados fisiológicos	36
3.9	Análise estatística	37
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	38
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	49
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	50

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o *Compost Barn* surgiu no ano de 2012 no estado de São Paulo, na Fazenda Santa Andrea. Inicialmente, o principal motivo para uso desta instalação foi a redução do custo de implantação em comparação ao *Free Stall*. Contudo, os galpões de *Compost Barn* bem projetados, que possuam um sistema de ventilação eficiente e dimensionamento correto, não apresentam diferença relevante de custos de implantação em relação ao *Free Stall* (RABELO, 2019). Apesar disso, outras características do *Compost Barn* têm tornado esse sistema atrativo aos produtores, como bem-estar e conforto traduzidos na alta produtividade dos rebanhos leiteiros (DAMASCENO, 2012). Na região Sul do Brasil, onde a maioria dos rebanhos para a produção de leite são de origem europeia, majoritariamente da raça Holandesa, é comum encontrar altas taxas de descarte, principalmente em animais manejados à pasto durante a estação chuvosa do ano. Desse modo, o *Compost Barn* foi rapidamente aceito nesta região, por permitir maior longevidade dos animais, bem como melhorias na produção e profissionalização da atividade (RABELO, 2019). Por outro lado, em regiões como o Sudeste do país, a maior parte dos rebanhos à pasto são de animais mestiços de raças zebuínas com taurinas e os de origem europeia são restritos ao sistema *Free Stall*. Assim, produtores que não eram adeptos ao *Free Stall* encontraram no *Compost Barn* uma alternativa de confinamento para melhorar a produtividade. Vale ressaltar que o *Compost Barn* tem outros elementos como produtos, já que as camas ao final do ciclo são compostas por material rico em fósforo, potássio e nitrogênio, que pode ser utilizado na adubação agrícola, auxiliando a redução dos custos na produção de alimentos (RABELO, 2019).

Os períodos de descanso são mais longos no *Compost Barn* em comparação ao *Free Stall*, o que pode indicar maior conforto para os animais, devido ao fato de que as superfícies das camas na qual eles podem ficar, caminhar e descansar são mais semelhantes ao ambiente de pastagem (LESO *et al.*, 2020). Portanto, essa semelhança diminui as limitações comportamentais, em consequência da existência de camas individuais e de maior área em piso de concreto presentes no *Free Stall* (LESO *et al.*, 2020). Além disso, como a detecção de estros é baseada principalmente no monitoramento comportamental, o *Compost Barn* apresenta potencial de melhoria na fertilidade (LESO *et al.*, 2020). O desempenho reprodutivo melhora significativamente quando os animais são transferidos para instalações em *Compost Barn*, que demonstram aumentos de até 4% na taxa de prenhez (BARBERG *et al.*, 2007), menor número de dias para o primeiro serviço pós-parto, menos dias em abertos e intervalos menores de partos

(BLACK *et al.*, 2013). Devido a essas características, o *Compost Barn* está cada vez mais difundido em países que intensificam a produção de leite, sendo um modelo de confinamento que apresenta condições como flexibilidade de manejo de camas e animais, comportamento animal mais natural, investimento relativamente baixo e adaptável a pequenas escalas (DAMASCENO, 2012).

No contexto geral, os sistemas produtivos de leite com a presença de instalações do tipo *Compost Barn* têm efeitos diretos no bem-estar e desempenho animal. Portanto, pode-se afirmar que o fornecimento de conforto deve ser integrado ao objetivo de melhorar os parâmetros produtivos e reprodutivos. Desse modo, deve-se reduzir fatores negativos ligados ao estresse direto dos animais. Os sistemas mais adequados devem cumprir as funções de conforto e bem-estar animal, de modo a serem mais lucrativos e sustentáveis possíveis.

Assim, objetivou-se neste estudo caracterizar o comportamento durante o estro sincronizado de vacas leiteiras de alta produção alojadas em *Compost Barn* túnel de vento, por meio de observação visual e monitoramento contínuo de atividade com ferramentas auxiliares, como vídeo-câmeras e coleiras eletrônicas de monitoramento de atividade. O efeito de variáveis ambientais e fisiológicas sobre a duração e a intensidade do estro também foi avaliado. Objetivou-se ainda comparar o intervalo do protocolo de sincronização ao início do estro e a duração do estro entre os métodos de detecção por observação visual auxiliada por vídeo-câmeras e por coleiras eletrônicas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Variáveis ambientais associadas ao estresse térmico por calor

O estresse térmico por calor ocorre em bovinos leiteiros quando há um balanço negativo entre a quantidade de energia térmica produzida por um animal e a quantidade transferida deste para o ambiente circundante (NRC, 2001). O estresse térmico por calor é capaz de provocar altos prejuízos no sistema de produção, como redução na produção de leite e nos índices reprodutivos (SILVA, 2016). O método de quantificar ou medir a sensação de calor é indicado por meio do registro da temperatura ambiente, umidade relativa do ar, radiação solar, velocidade do vento, e por fatores individuais, como metabolismo e tipo de pelame dos animais (SILVA, 2016).

A temperatura ambiente ( $T^{\circ}$ ) pode influenciar a produtividade das vacas leiteiras em consequência de alterar a troca de calor com o meio e a taxa de ingestão de alimentos, e simultaneamente, afetar ou mudar as exigências de nutrientes dos animais (MOTA *et al.*, 2020). Da mesma forma, a umidade relativa do ar (UR) é um fator potencial de estresse em bovinos, pois acentua as condições adversas de altas temperaturas (DA SILVA, 2006). Os principais efeitos da UR estão associados à eficácia reduzida de dissipação de calor por evaporação, tanto através da transpiração quanto da respiração (RENAUDEAU, 2005) e reduzido consumo diário de água (MEYER *et al.*, 2004). A taxa de evaporação depende principalmente do gradiente de pressão de vapor d'água que existe entre o animal e o ambiente circundante (ARIAS *et al.*, 2008), assim, à medida que aumenta a UR, a perda de calor por evaporação diminui.

Contudo, o melhor parâmetro que mede o estresse térmico devido ao calor é o índice de temperatura-umidade (ITU), que é estimado utilizando a relação entre  $T^{\circ}$  e UR, permitindo conhecer as condições de estresse em vacas leiteiras em lactação (KAUFMAN *et al.*, 2018). O cálculo do ITU é fornecido pelos registros de  $T^{\circ}$  e UR e utiliza a equação  $ITU = (1,8 \times ^{\circ}C + 32) - (0,55 - 0,55 \times UR/100) \times (1,8 \times ^{\circ}C - 26)$  (ARMENDANO, 2016). O horário mais crítico para os animais que estão em estresse térmico por calor, ocorre por volta das 15:00 às 17:00 h, quando a  $T^{\circ}$  é máxima (GASTALDI *et al.*, 2015). No entanto, nos meses de verão, das 8:00 h até próximo à meia-noite, os bovinos leiteiros podem estar sob estresse térmico por calor (GASTALDI *et al.*, 2015). O ITU tornou-se padrão nas práticas de manejo na pecuária referente as quatro últimas décadas (GAUGHAN *et al.*, 2008), com tabelas e faixas de valores que permitem prever eventuais riscos de estresse (ARIAS *et al.*, 2008).

A Figura 1 mostra a tabela para medição do ITU que pode determinar o possível grau de estresse térmico por calor em vacas Holandesas. O ITU é indicado pela intensidade da cor associada a diferentes faixas (ARMSTRONG, 1994). No entanto, o ITU não considera fatores climáticos importantes, como radiação solar e velocidade do vento, o que pode subestimar os efeitos do estresse térmico (GAUGHAN *et al.*, 2008).

**Figura 1** - Medição de índice de temperatura e umidade (ITU) em vacas holandesas.

		Umidade relativa (%)										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Temperatura (°C)	38	77	79	82	84	86	89	91	93	96	98	100
	37	76	79	81	83	85	87	90	92	94	96	99
	36	75	78	80	82	84	86	88	90	93	95	97
	35	75	77	79	81	83	85	87	89	91	93	95
	34	74	76	78	80	82	84	85	87	89	91	93
	33	73	75	77	79	80	82	84	86	88	90	91
	32	72	74	76	77	79	81	83	84	86	88	90
	31	71	73	75	76	78	80	81	83	85	86	88
	30	71	72	74	75	77	78	80	81	83	84	86
	29	70	71	73	74	76	77	78	80	81	83	84
	28	69	70	72	73	74	76	77	78	80	81	82
	27	68	69	71	72	73	74	76	77	78	79	81
	26	67	69	70	71	72	73	74	75	77	78	79
	25	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77
24	66	67	68	69	70	70	71	72	73	74	75	
23	65	66	67	67	68	69	70	71	72	73	73	

Fonte: Armstrong (1994)

A velocidade do vento tem sido reconhecida pelos pesquisadores por causa do seu papel no bem-estar e desempenho produtivo dos animais (NRC, 1981), o que pode reduzir os efeitos do estresse térmico durante o verão, por melhorar os processos de dissipação de calor através de vias evaporativas (MADER *et al.*, 1999). Vale ressaltar que essa resposta depende do estado da pele, ou seja, seca ou úmida (ARIAS *et al.*, 2008), portanto, a transferência de calor é mais eficiente quando a pele está úmida em comparação à pele seca (ARKIN *et al.*, 1991). Por outro lado, durante o inverno, o vento tem efeito negativo, pois aumenta a perda de calor (ARIAS *et al.*, 2008) e altera as exigências metabólicas de energia (KEREN; OLSON, 2006). A velocidade do vento também tem um efeito negativo no consumo diário de água (LONERAGAN *et al.*, 2001).



## 2.2 Variáveis fisiológicas associadas ao estresse térmico por calor

A temperatura retal (TR) tem sido usada para medir o estresse térmico por calor (acima de 39,2 °C) com valores de referência entre 37,5 e 38,9 °C (CORONA *et al.*, 2016; WANG *et al.*, 2018). Mas, em condições de fazenda, a frequência respiratória (FR) é usada em razão do manejo para medi-la ser menor (BROWN *et al.*, 2005; EIGENBERG *et al.*, 2003; GAUGHAN *et al.*, 2000). A FR é um meio de perda de calor do corpo por evaporação (SIMÕES, 2014) e expressa o número de movimentos respiratórios por minuto (rpm). Em bovinos saudáveis, o tipo respiratório é costoabdominal, ou seja, as paredes torácicas e abdominais estão envolvidas nos movimentos respiratórios (GRAJALES *et al.*, 2017).

A taquipneia é o primeiro sinal visível ao estresse pelo calor, embora esteja em terceiro lugar na sequência dos mecanismos de adaptação fisiológica, pois a vasodilatação periférica e o aumento da sudorese ocorrem previamente (BACCARI, 2001). Os valores médios normais em bovinos adultos variam entre 24 e 36 rpm, com amplitude de 12 até 36 rpm (FERREIRA *et al.*, 2006). O aumento a partir de 120 rpm reflete excesso de calor e acima de 160 rpm devem ser tomadas medidas urgentes para reduzir a quantidade excedente desse calor (HAHN; MADER, 1997).

## 2.3 Aspectos reprodutivos

A redução da fertilidade durante os períodos de estresse térmico por calor pode ser indicada pelas taxa reduzida de detecção de cio, alteração das funções ovarianas e morte embrionária precoce (POLSKY *et al.*, 2017; SCHÜLLER *et al.*, 2014). O diâmetro do folículo ovariano será 0,1 mm menor para cada ponto adicional no ITU referente ao dia do estro (SCHÜLLER *et al.*, 2017) e, somado a isso, podem ocorrer alterações na composição do fluido folicular (ALVES *et al.*, 2014). Roth e Wolfenson (2016) relataram diferenças nas concentrações de esteróides ovarianos entre animais em condição termoneutra em relação àqueles submetidos ao estresse por calor, afetando notavelmente a expressão de cio. Fatores ambientais como chuva, velocidade do vento, temperatura e umidade do ambiente podem afetar significativamente a expressão de comportamentos reprodutivos em vacas leiteiras (ROELOFS *et al.*, 2010).

## 2.4 Sinais primários e secundários do estro

O comportamento do estro é o resultado de uma sequência de eventos que levam a fêmea bovina à aceitação de monta, conhecido como “receptividade” (CHEBEL *et al.*, 2020). Esta ação deve-se à influência específica dos hormônios esteroides ovarianos no córtex cerebral e hipotálamo, de modo que à medida que o folículo dominante desenvolve pela ação do FSH e LH durante os últimos três ou quatro dias do ciclo estral, são sintetizadas e secretadas quantidades crescentes de estradiol (NEBEL, 2013). Embora, a intensidade e a duração do cio tenham baixa correlação com a produção de leite, diâmetro do folículo pré-ovulatório e concentração de estradiol neste período (CERRI *et al.*, 2021; MADUREIRA *et al.*, 2015), há relato que folículos maiores estão associados à maior concentração plasmática de estradiol (GALVÃO *et al.*, 2004). A maior duração do estro está relacionada à maior probabilidade de gestação (BURNETT *et al.*, 2017), sugerindo que os sinais de cio com maior expressão e por mais tempo favorecem o desempenho reprodutivo de vacas em lactação, o que pode aumentar taxas de inseminação e, possivelmente, de prenhez para cada serviço realizado (CHEBEL *et al.*, 2020).

O cio é expresso por um período de alta atividade que varia de 8 a 30 horas (SANTOS *et al.*, 2022), no qual a fêmea pode ser montada entre 20 a 55 vezes, com duração de 3 a 7 segundos por monta. Frequentemente, a aceitação ocorre no período noturno (18:00 às 06:00) em até 68% dos comportamentos (WANGLER *et al.*, 2005).

Os animais, de acordo com a atividade exercida, podem ser classificados como “ativos”, quando realizam as ações e “passivos”, quando as recebem (FRANK VAN; EEDENBURG, 2006; GALINA, 2005). A passividade ou receptividade em relação à monta é considerada o sinal mais evidente de estro, classificado como primário, e é exclusivo desta fase do ciclo estral (NEBEL, 2013). Por outro lado, os sinais secundários podem ser indicadores de que o animal está no proestro, estro ou metaestro, ou seja, determina um momento inespecífico dentro do que é geralmente considerado estro (ROELOFS *et al.*, 2005). No quadro 1 são descritos os sintomas mais comuns do cio em vacas leiteiras.

**Quadro 1** - Principais sintomas do estro apresentados por vacas leiteiras.

<b>Comportamento primário do estro</b>	
Aceitação de monta	Caracterizada pela aceitação ou total receptividade à monta do touro ou de outra vaca (SEPÚLVEDA; RODERO, 2003).
<b>Comportamentos secundários do estro</b>	
Tentativa de monta	É um sinal que ocorre com alta frequência antes e depois da primeira aceitação de monta, caracterizada pela insistência de tentar montar outras vacas (SEPÚLVEDA; RODERO, 2003).
Cheirar a vulva, lambe e exibir reflexo de Flehmen	A vaca em estro geralmente cheira ou é cheirada, além de lambe outra vaca, em busca de líquidos, aromas ou substâncias como feromônios (VAN EEDENBURG, 2018), gerando um evento chamado reflexo de Flehmen, que consiste no levantamento do lábio superior (SEPÚLVEDA; RODERO, 2003). Com esse comportamento os feromônios encontrados são especificamente captados pelo órgão vomeronasal, gerando sinais neuronais para o bulbo olfatório acessório, até finalmente atingirem o hipotálamo, estimulando o eixo "hipotálamo-hipófise-gonadal". O ato de lambe pode ser considerado um evento calmante por parte da vaca ativa aplicado à vaca passiva para montá-la com sucesso (SEPÚLVEDA; RODERO, 2003).
Pressionar a mandíbula no dorso	Comportamento em que o animal repousa sua mandíbula na garupa de outra vaca (HOLTZ; MEIN HARDT, 1993). Ocorre durante todas as fases do ciclo estral, porém, a frequência durante o estro é substancialmente superior e é, portanto, um bom indicador deste (VAN EERDENBURG, 2018).
Tentar montar pela frente	Comportamento característico de inquietação total, muito semelhante a tentar montar por trás outras vacas em cio (VAN EERDENBURG, 2018).
Cabeça a cabeça	Apesar de ser um comportamento que pode ocorrer a qualquer momento do ciclo estral, esse comportamento é muito mais marcante e frequente no proestro, durante o estro e após o término do estro. É mais um comportamento de confronto devido à alta insistência em detectar o cio por parte da vaca ativa (HOLTZ; MEIN HARDT, 1993).

## 2.5 Fatores que afetam o comportamento do estro

Vários aspectos podem estar relacionados à baixa detecção do estro (SOUTO *et al.*, 2019), e isso tem sido reconhecido como um dos principais fatores limitantes da eficiência dos programas de inseminação artificial (LAMB; MERCADANTE, 2016). A seguir serão abordados alguns fatores que influenciam a manifestação de estro.

Inicialmente, a nutrição, determinada pela ingestão de matéria seca, peso e condição corporal (CC), pode influenciar o comportamento estral (SARTORI *et al.*, 2010). O efeito da nutrição na ocorrência do estro pode ser indicado principalmente pela CC ao parto. A relação entre CC ao parto e dias até o primeiro evento de estro está associada com a retomada da atividade ovariana, frequência de pulsos de LH e competência funcional dos folículos em responder às gonadotrofinas (CHAGAS *et al.*, 2007). Portanto, a atenção com a CC ao parto é fundamental para a expressão do primeiro estro pós-parto (ROCHE *et al.*, 2009). O balanço energético negativo (BEN) no início da lactação também pode estar relacionado com a manifestação do estro. O estado nutricional deficiente prolonga o intervalo à primeira ovulação e à detecção do primeiro estro, devido ao pouco direcionamento de energia para a reprodução (BURKE *et al.*, 1996).

Os teores de proteína e gordura na formulação das dietas podem influenciar a ocorrência do cio, embora os efeitos da proteína bruta dos alimentos no desenvolvimento folicular sejam ainda inconsistentes. Jordan e Swanson (1979) relataram menos dias para a observação do primeiro estro (14 dias pós-parto) em vacas que receberam uma dieta rica em proteína bruta (193 g/kg MS). Por outro lado, Barton *et al.* (1996) demonstraram atraso de 4 dias para o primeiro cio pós-parto em vacas alimentadas com 200 g/kg MS de proteína bruta em comparação com outra dieta que continha 130 g/kg MS (21,0 vs 8,6 mg N-ureico/dL de sangue, respectivamente). Westwood *et al.* (2000) também observaram retomada mais precoce da atividade do estro em vacas alimentadas com uma dieta isonitrogenada com menos proteína degradável no rúmen. A razão para a inconsistência no impacto da proteína bruta dietética na função ovariana é desconhecida, mas as pesquisas indicam que o conteúdo de proteína bruta na dieta no início da lactação tem pouco efeito sobre o desenvolvimento folicular e o intervalo até o primeiro cio pós-parto (ROCHE *et al.*, 2011). A gordura, por outro lado, por meio da suplementação com ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa (AGI), mostra um efeito positivo na competência folicular e na qualidade oocitária (ROCHE *et al.*, 2011). Por sua vez,

foi observado que as vacas apresentam sinais mais evidentes de cio quando suplementadas com AGI (SCOTT *et al.*, 1995).

Adicionalmente, a presença de algumas micotoxinas na dieta, especialmente vomitoxina e zearalenona, afetam negativamente a expressão do estro (LUCY, 2003). A deficiência de micronutrientes, como sódio, pode reduzir os sinais comportamentais do cio e levar a desequilíbrio da "bomba Na-K ATPase", devido à alta necessidade de adaptação nervosa (MELENDEZ; BARTOLOMÉ, 2016).

Quanto à “presença do macho” em rebanhos de fêmeas bovinas, estudos apontam para o desencadeamento de vários processos fisiológicos reprodutivos quando essas entram em contato com reprodutores ou suas secreções, o que pode resultar em puberdade precoce, indução do estro em fêmeas em anestro, recuperação da ciclicidade e indução da ovulação (LILIDO; RAMIRES, 2008). Especificamente, esses eventos são afetados por feromônios e estímulos genitais que levam à ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal e redução da liberação de cortisol (SILVA FILHO *et al.*, 2020). No entanto, em vacas leiteiras de alta produção, bloqueios do efeito da “presença do macho” foram relatados antes de 120 dias pós-parto (BERARDINELLI; JOSHI, 2005).

A formação de grupos sexualmente ativos facilita a identificação das vacas em estro. Diversas espécies da família bovidae também apresentam comportamentos do estro em grupos de fêmeas (DOBSON *et al.*, 2018); portanto, o número de interações sociais entre vacas é maior quanto maior o tamanho do rebanho. Segundo Roelofs *et al.* (2005), a expressão do cio e a probabilidade de sua detecção podem ser favorecidas pelo número de vacas em estro simultaneamente. Assim, para cada vaca em receptividade reprodutiva ao mesmo tempo há um aumento de 6% na atividade comportamental (NEBEL, 2013). No entanto, deve-se notar que a super lotação reduz a expressão do estro, pois limita o espaço disponível para a formação e interação dos grupos sexualmente ativos (NEBEL, 2013).

Outro motivo importante é o tipo de piso das instalações, sendo que a duração e o número de montas aceitas são maiores em vacas mantidas em superfícies de terra em comparação ao concreto (NEBEL, 2013; VAILES; BRITT, 1990). Assim, o piso de concreto favorece a ocorrência de doenças limitantes ao comportamento, como laminite, que está associada à redução de aproximadamente 37% da intensidade do estro (WALKER, 2008).

Logo, a menor expressão do estro em vacas com afecções podais pode ser explicada pelo menor tempo que esses animais gastam caminhando (NEBEL, 2013).

Além desses fatores, as atividades que são comumente realizadas nos sistemas de produção como: movimentação de um local para outro, espera para entrar na sala de ordenha, ordenha propriamente dita, forma de alimentação, limpeza das instalações e tratamentos específicos que são realizados nas vacas, podem ser estressantes e reduzir as manifestações do estro (DRANSFIELD *et al.*, 1998). Além disso, as condições que distraem os bovinos ou que inibem as interações sociais também reduzem a expressão do estro (MATTHEW, 2009).

Existem aspectos menos dependentes do manejo e que têm alta incidência na expressão do estro, como clima e hora do dia. Há redução na expressão do estro durante as temperaturas extremas, tanto frias quanto quentes, assim como também a umidade que reduz ou suprime essas condutas reprodutivas (NEBEL, 2013). A hora do dia em que inicia-se o estro, ou seja, a primeira aceitação de monta, bem como a distribuição das outras recebidas são bastante variáveis (CAVESTANY *et al.*, 2008). Segundo Brehme *et al.* (2004), a maior parte dos estros começa à noite, entre 19h e 7h, tornando-se uma grande limitação para detecção desses sinais.

Em relação às raças e linhagens genéticas, diferenças na expressão do estro já foram documentadas. A duração do estro em *Bos taurus taurus* varia de 13,6 a 19,3 h, enquanto que em *Bos taurus indicus* é observado período médio de 6,7 h (PLASSE *et al.*, 1997). A variação genética relativa à expressão do cio parece não estar relacionada ao mérito genético para a produção de leite (GWAZDAUSKAS *et al.*, 1983). Quanto à intensidade do estro, também aparenta ser reduzida em *Bos taurus indicus* (LLEWELYN *et al.*, 1998).

O elevado consumo de alimentos em vacas de alta produção resulta em maior depuração ou degradação metabólica dos hormônios esteróides no fígado (NEBEL, 2013; VAN EERDENBURG, 2018), o que reduz as concentrações de estradiol no sangue e resulta em manifestação de estros de curta duração e baixa intensidade (LOPEZ *et al.*, 2004). Tem sido exposto que em períodos de pico da lactação, ou seja, entre 45 e 90 DEL, há redução na expressão do estro e apresentação de ovulações silenciosas, devido ao esforço energético/metabólico realizado pela vaca para produzir grande volume de leite (NEBEL, 2013).

Em relação ao número de lactações e idade, foi encontrado aumento significativo na atividade locomotora durante o estro em novilhas em comparação com vacas na primeira lactação (NEBEL, 2013), bem como diminuição de 21% na atividade locomotora para cada lactação adicional (LÓPEZ-GATIUS *et al.*, 2005).

## 2.6 Métodos auxiliares de detecção do estro

Observar o comportamento do cio exige trabalho preciso e requer experiência, principalmente porque a maioria das fêmeas apresenta padrão de comportamento que muda gradualmente do início ao fim do estro (DE OLIVERA *et al.*, 2015). A observação visual contínua do rebanho elimina possibilidades de ocorrências de cio não-identificadas (PIRES *et al.*, 2003). Porém é quase impossível, mesmo para tratadores experientes, identificar mais de 80% das vacas em estro de um rebanho de médio porte com observação das fêmeas três vezes por dia, por no mínimo 30min cada (HANSEN, 2003). Assim, recomenda-se a associação entre observação visual e tecnologias mais eficazes para detecção do estro (FIRK *et al.*, 2002), como pedômetros, coleiras, detectores de monta, câmeras de vídeo, tinta na cauda (bastão marcador) entre outras.

As coleiras acopladas ao pescoço das vacas baseiam-se no registo de informação sobre atividades específicas e com base em cálculo matemático. A atividade registada num determinado período é comparada com a atividade de intervalos anteriores (nível basal de atividade). A diferença significativa entre a atividade num estabelecido tempo e a basal indica que a fêmea está em estro (CARRERA *et al.*, 2017). Contudo, falsos positivos podem ocorrer se houver casos de diferenças significativas nas distâncias que o animal percorre diariamente (SAKAGUCHI, 2011).

Outro método auxiliar é o uso de câmeras de vídeo, que tem sido utilizado com o objetivo de identificar o cio dos animais à distância (De VASCONCELOS *et al.*, 2015). A câmera registra o momento da monta e pode ser muito usada em pesquisas para monitorar o comportamento reprodutivo, mas sua grande dificuldade é a necessidade de assistir os vídeos diariamente, além do alto custo de execução (SAINT-DIZIER; CHASTANT-MAILLARD, 2012). A câmera de vídeo pode detectar até 80% de animais em estro e, quando combinada com a observação visual, atinge mais de 88,6% de sensibilidade (BRUYERE *et al.*, 2012).

O bastão marcador consiste na aplicação de tinta nas regiões da base da cauda e sacro ilíaca da vaca e é uma versão mais simples e menos onerosa do que os métodos citados, mas é altamente eficiente. Essa tinta é removida quando o animal aceita monta (CARRERA *et al.*, 2017). Além disso, esse método também apresenta limitações, por exemplo, em rebanhos à pasto em períodos com chuva, a tinta pode ser retirada, e em sistemas confinados, pode ser reduzida pelo contato frequente com outros animais devido aos espaços muito pequenos (CARRERA *et al.*, 2017).

Os adesivos que são anexados na inserção da cauda, semelhantes e com o mesmo objetivo dos bastões marcadores, apresentam função de identificar por meio de tinta ou cores a ocorrência da monta. O Kamar® é um exemplo desses dispositivos no qual possui cápsula contendo tinta e quando recebe a pressão da monta ocorre seu rompimento, marcando a garupa e sinalizando a ocorrência da atividade. Este dispositivo é utilizado em vacas leiteiras e segundo Diskin y Sreenan (2000) pode alcançar de 56 a 94% de eficiência e acurácia entre 36 e 80%.

## **2.7 Confinamentos**

As principais razões para o uso destes sistemas ocorreram devido às áreas limitadas e altos custos de terras próximas às regiões metropolitanas, bem como o potencial restrito e a estacionalidade das pastagens para sustentar altas produções com rebanhos geneticamente melhorados (NOVAES, 1993). Nos sistemas de confinamentos, as vacas são alimentadas em cochos ou pistas de alimentação e necessitam de instalações confortáveis e funcionais para proporcionar espaços com melhor ambiência (conforto térmico). Dessa forma, buscam-se diminuir o estresse e conseqüentemente, aumentar o bem-estar animal e sua capacidade produtiva (REZELMAN, 1993). Apesar dos altos custos e mão de obra especializada, os confinamentos tornam-se ambientes de alta produtividade leiteira, de modo a priorizar reprodução e saúde animal (PEREIRA *et al.*, 2010).

## **2.8 Sistemas produtivos em *Tie Stall***

No sistema *Tie Stall*, as vacas permanecem contidas em baias individuais, a maior parte do tempo, e são mantidas presas por uma corrente ou corda no pescoço recebendo toda a alimentação no cocho. Geralmente, essas vacas ficam soltas apenas na hora da ordenha. Neste sistema, o projeto da instalação e o dimensionamento adequado das baias são essenciais para otimizar a produção e o conforto dos animais (DAMASCENO, 2012). Desde que bem projetado



e construído, o sistema *Tie Stall* pode ser vantajoso por manter animais mais limpos, possibilitar cuidado individual, facilitar a mecanização, além de proporcionar condição de trabalho mais confortável para funcionários. O manejo deste sistema é mais fácil e prático, principalmente para rebanhos menores (DAMASCENO, 2012).

## **2.9 Sistemas produtivos em *Loose Housing***

O confinamento para estes sistemas, ocorre em instalações com área coletiva de repouso para os animais, onde o piso é coberto por uma cama que pode ser de palha de trigo, palha de arroz, areia, esterco desidratado, serragem de madeira entre outros materiais. Neste caso os animais confinados ficam em áreas livres que podem ou não ser cobertas e possuem liberdade de movimento e direção (DAMASCENO, 2012). As vacas são levadas para áreas ou edificações separadas para ordenhas e alimentação. O sistema é comum em região com clima seco, com menor nível de detalhamento de projeto, quando comparado a outras instalações de bovinos leiteiros. Frequentemente possui grandes espaços cercados e equipados com áreas coletivas e sombreadas de descanso (DAMASCENO, 2012).

## **2.10 Sistemas produtivos em *Free Stall***

O *Free Stall* é um tipo de confinamento onde os animais, que devem ser mais homogêneos em tamanho e peso, ficam livres em área limitada, com camas individuais padronizadas em material inorgânico, areia ou borracha triturada (ARAÚJO, 2001). O comprimento das camas deve ser o mínimo para que o animal, ao deitar-se, permaneça com o úbere e as pernas alojadas internamente ao espaço, enquanto os dejetos são lançadas no corredor de circulação (CAMPOS *et al.*, 2004). A instalação do tipo *Free Stall* é constituída de quatro áreas interligadas e independentes, que são: área de repouso, alimentação, ordenha e exercício (MATTOS, 1977). Uma das funções mais importantes do *Free Stall*, e também do *Compost Barn*, é a interceptação da radiação solar com o objetivo de reduzir a carga de energia térmica no ambiente para auxiliar o animal a manter homeotermia e, portanto, oferecer conforto para que o consumo de alimentos e a produção seja maximizado. Assim, estas instalações construídas de forma adequadas permitem manter animais saudáveis, com mínimo de estresse e melhor produtividade (HEAD, 1996).

## 2.11 Sistemas produtivos em *Compost Barn*

O *Compost Barn* (convencional) é um sistema de confinamento alternativo ao *Loose Housing*, onde os animais, que podem ser mais heterogêneos em tamanho e peso, ficam soltos e podem caminhar livremente à uma instalação, com a finalidade de melhorar o conforto e bem-estar e conseqüentemente, aumentar índices produtivos e reprodutivos do rebanho (BLACK *et al.*, 2013; DAMASCENO, 2012). Nesse sistema, quando as vacas estão em pé, além da maior interação social, elas passam mais tempo em superfícies macias, que são camas, e com isso há melhora em conforto e saúde dos animais (BLACK *et al.*, 2013).

O *Compost Barn*, assim como todo confinamento para bovinos leiteiros, exige planejamentos e orientações técnicas para que sejam obtidos resultados produtivos e econômicos. A instalação deve conter abertura na cumeeira, muretas laterais, corredor de alimentação com piso de concreto (mínimo 4 m de largura), bebedouros fora da área de cama, e devem ser sistemas abertos para priorizar a ventilação natural (DAMASCENO, 2012). A ventilação eficiente deve ser realizada para que ocorra a troca de ar na instalação, essencial para remover o calor e a umidade dos animais e da cama, principalmente nos meses mais quentes do ano. No inverno essa troca de ar é necessária para retirar a umidade e estender o tempo entre as trocas de material utilizado nas áreas de descanso (ENDRES; JANNI, 2008).

A cama do *Compost Barn*, ao contrário do *Free Stall*, utiliza materiais orgânicos, como subprodutos da agricultura ou maravalha, que seja adequado ao conforto do animal, custo acessível e que apresente disponibilidade ao produtor. É importante que haja umidade entre 40% e 60%, assim como lotação animal favorável (DAMASCENO, 2012). A cama deve ser manejada de maneira adequada para proporcionar uma superfície seca, confortável e com baixa contaminação, onde os animais possam permanecer em pé e caminhar sobre uma superfície macia (LESO *et al.*, 2013). O material da cama, quando misturado às fezes e urina, produz um fertilizante com quantidade de matéria orgânica suficiente para melhorar a qualidade do solo (GALAMA *et al.*, 2011). Um fator muito importante neste sistema é manter as características físico-químicas adequadas no substrato da cama, a fim de promover a atividade microbiana aeróbica (BLACK *et al.*, 2013).

## **2.12 Sistemas produtivos *Compost Barn* túnel de vento**

O *Compost Barn* túnel de vento consiste em uma edificação cujas recomendações construtivas são semelhantes ao *Compost Barn* convencional, porém, essa instalação deve ser totalmente fechada e climatizada, com lonas nas áreas laterais, exaustores de ar em uma extremidade e placas evaporativas na outra. A função das placas evaporativas por meio da passagem de ar pela água, será fornecer este resfriado e regulado para controlar a temperatura e a umidade relativa interna (CALDATO, 2019). A entrada de ar no galpão tem área reduzida que ocorre somente pelas placas evaporativas e é absorvido pelos exaustores. Dessa forma, gera uma pressão negativa na instalação que auxilia no resfriamento dos animais devido à baixa temperatura do ambiente e velocidade do vento (CALDATO, 2019). Portanto, é importante que o sistema tenha vedação eficiente para que a temperatura, umidade e velocidade do ar não seja afetada. Além disso, é necessário que a sala de ordenha e a sala de espera sejam anexadas ao mesmo galpão, evitando entrada e saída de ar externo (CALDATO, 2019). A velocidade do ar de 2,03 a 3,05 m/s é necessária para reduzir com sucesso o estresse térmico por calor em vacas leiteiras (GOOCH *et al.*, 2001).

### **2.12.1 Características das camas utilizadas no sistemas *Compost Barn***

O material da cama, além de ser higroscópico e propício ao conforto do animal, deve ser rico em carbono e ter disponibilidade e custo acessível (DAMASCENO, 2012). Uma superfície de cama seca é essencial para o conforto animal, redução de lesões, redução da infecção por organismos ambientais causadores de mastite e para a redução do crescimento de outros patógenos. O espaço mínimo de cama recomendado para vacas de raças grandes, como Holandês, no *Compost Barn* é de 7,9 m<sup>2</sup> (JANNI *et al.*, 2007), no entanto, uma área de 9,3 m<sup>2</sup> ou mais por vaca é recomendada para evitar superlotação e compactação da cama (GAY, 2009). A área do *Compost Barn* é dimensionada para permitir que todas as vacas deitem ao mesmo tempo e ainda tenham espaço para levantar, comer ou beber. No entanto, sugere-se que a área do galpão por animal depende da quantidade de dejetos e urina que é acumulada diariamente (DAMASCENO, 2012).

### **2.12.2 Manifestação do estro em sistemas *Compost Barn* vs *Free Stall***

Os desafios de fertilidade aumentam em vacas que são selecionados para alta produção de leite (LUCY, 2001; PRYCE *et al.*, 2004; WILTBANK *et al.*, 2006), e manejadas em sistemas

intensivos de produção que podem apresentar comportamento estral irregular (FRIGGENS; LABOURIAU, 2010; LOPEZ-GATIUS *et al.*, 2005). Porém, no *Compost barn*, a taxa de detecção do estro tende a ser maior do que a observada no *Free stall* (BARBERG *et al.*, 2007), que pode ser explicada pela superfície da cama macia e suave, o que permite às vacas uma melhor base para a expressão dos mecanismos reprodutivos (PHILLIPS; SCHOFIELD, 1994). A eficiência reprodutiva em sistemas *Free Stall* é limitada principalmente pela detecção do cio devido à sua baixa manifestação (VILLADIEGO *et al.*, 2016).

Portanto, estudos em conforto, bem estar e fatores reprodutivos ligados à ambiência animal devem ser mais detalhados, pois busca-se entender quais instalações fornecem melhores taxas reprodutivas. A hipótese de que a expressão do cio é mais evidente em intensidade e duração em rebanhos leiteiros alocados em *Compost Barn*, o que permite inferir que taxas de serviço e concepção são maiores e que taxas de perda embrionária são menores em comparação com o *Free Stall*. Entretanto, isso deve ser melhor averiguado.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Descrição do local do experimento**

O experimento foi realizado em um *Compost Barn* túnel de vento para vacas leiteiras de alta produção, localizado na Estação Experimental José Henrique Bruschi - CEJHB - Rodovia MG 133, Km 42, Zona Rural, de propriedade da EMBRAPA - Gado de Leite, município de Coronel Pacheco, Minas Gerais, Brasil. Esta estação experimental está localizada à latitude de 21° 38' 9" Sul, longitude de 43° 19' 9" Oeste, com altitude de 757 metros acima do nível do mar e pluviosidade mínima de 50 e máxima de 200 mm. A temperatura mínima nos meses em que o experimento foi realizado, de junho a outubro, é de 14 a 16 °C, enquanto que a temperatura máxima é de 23 a 24 °C.

#### **3.2 Manejo dos animais e da cama do *Compost Barn***

Foram estabelecidos quatro lotes de animais: lote 1 com 46 vacas de alta produção (mín. 40 - máx. 60 L/dia), lote 2 com 41 vacas de média produção (min. 30 - máx. 39 L/ dia), lote 3 com 9 vacas de baixa produção (min. 20 - máx. 29 L/dia) e lote 4 com 5 a 9 vacas no período pré-parto. Foram realizadas três ordenhas (5h00, 13h00 e 19h00), com duração total de aproximadamente 3,5 horas. No manejo nutricional, as sobras foram recolhidas e a alimentação era fornecida uma vez por dia. As vacas receberam ração total (TMR) composta por volumoso

(silagem de milho, capim verde e feno) e concentrado (farelo de soja 46%, caroço de algodão, fubá de milho, calcário, ureia, minerais, vitaminas e bicarbonato de sódio).

A manutenção da cama foi realizada diariamente às 5:00 e às 15:00 h por meio do revolvimento com maquinário próprio (escarificador de *Compost Barn* a uma profundidade de 25 a 30 cm) e duração em média de 2 horas por período. Quando era feito o procedimento de manutenção da cama, as vacas eram ordenhadas (lote 1) ou ficavam contidas na área de alimentação (lotes 2, 3 e 4), onde havia água potável à vontade. Os animais que foram ordenhados aguardavam na sala de ordenha ou corredor de movimentação, e quando finalizado o manejo da cama, eram direcionados para o setor de alimentação e logo após para o espaço de descanso. A reposição da cama foi feita por setores, a cada 20 a 30 dias, dependendo da compactação. O composto proveniente das camas era utilizado como adubo para as áreas de plantio.

### **3.3 Seleção dos animais**

Foram utilizadas 35 vacas holandesas lactantes, primíparas e multíparas ( $2 \pm 1$  partos), com produção média de  $36,6 \pm 7,24$  litros de leite/dia (mínimo de 18,3 e máximo de 48,9 litros /dia) e DEL de  $128 \pm 74$  (mínimo de 50 e máximo de 345 dias), diagnosticadas por ultrassonografia como não gestantes e reprodutivamente aptas, com um período de espera voluntário (PEV) de 45 dias e sem qualquer tipo de doenças metabólicas (cetose, acidose, deslocamento abomasal), reprodutivas (cistos, endometrite, metrite, piometra), claudicação e mastite. A seleção dos animais foi feita pelo menos cinco dias antes do início do protocolo de sincronização hormonal. É importante saber que, devido à dispersão na data do parto, as vacas foram trabalhadas em subgrupos de dois a 11 até completar o total de 35 animais.

### **3.4 Protocolo hormonal para sincronização de estros**

As vacas selecionadas foram submetidas a um protocolo de sincronização de IATF. O protocolo realizado consistiu na inserção de um ou dois dispositivos intravaginais de progesterona (P4) de acordo com a produção de leite (1 dispositivo/vaca  $<30$  L/dia ou 2 dispositivos/vaca  $>30$  L/dia), que continha 1,9 g de P4, seguido imediatamente pela aplicação de 2 mL, via i.m., de benzoato de estradiol (BE - 2 mg/vaca), e aplicação de 2,5 mL, via i.m., de acetato de buserelina (análogo de GnRH - 0,0105 mg/vaca) no dia zero (D0). No sétimo dia (D7), apenas um dos dispositivos foi retirado das vacas que receberam dois e todas as vacas foram tratadas com 2,0 mL, via i.m., de prostaglandina sintética (cloprostenol sódico na dose

de 530 µg/vaca). No dia nove (D9) do protocolo, os dispositivos de P4 foram removidos e as vacas receberam mais 2,0 mL de prostaglandina sintética (cloprostenol sódico na dose de 530 µg/vaca) e 1 mL, via i.m., de cipionato de estradiol (CE – 1 mg/vaca). As vacas foram inseminadas em tempo fixo entre 48 a 52 h após a remoção do dispositivo intravaginal (D11), levando-se em consideração que todas as vacas foram inseminadas, independente de apresentarem estro ou não. A observação do estro foi realizada continuamente a partir de 12 h até 72 h após a retirada do dispositivo.

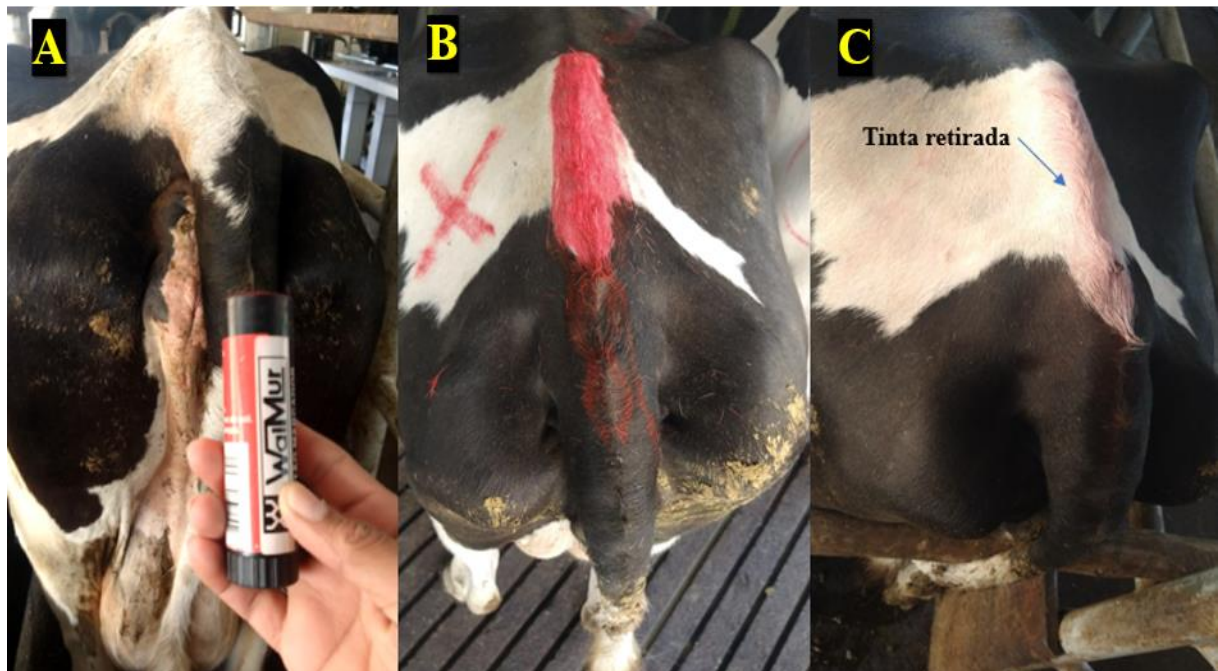
### **3.5 Equipamentos e ferramentas utilizadas para detecção do estro**

A observação visual do estro foi feita continuamente durante o dia (6h00 às 18h00), e em associação com métodos auxiliares de detecção, como tinta na região sacroilíaca e coleira eletrônica de monitoramento de atividade (CowMed®, Santa Maria, Rio Grande do Sul - Brasil). Esta atividade foi realizada observando as vacas a uma distância de 3 a 8 m.

No período noturno (18h00 às 6h00), o monitoramento do estro foi realizado por meio de vídeo-câmeras, que foram instaladas dentro do sistema e programadas para registrar continuamente os animais durante esse período. Para melhorar a definição dos horários de início e término do estro, bem como sua confirmação, os comportamentos registrados pelas vídeo-câmeras também foram associados aos registros obtidos pelos métodos auxiliares (bastão marcador e coleira). Remoção de tinta marcadora da base da cauda e/ou alerta de cio pela coleira foram considerados indicativos do estro. Todos os comportamentos de estro foram registrados em uma planilha com identificação da vaca que realizou a ação (ativa) e da vaca que recebeu a ação (passiva), data e hora em que ocorreu o comportamento.

Foi aplicada uma marca de tinta na base da cauda (região sacroilíaca) das vacas com bastão marcador, conforme a Figura 2, no momento da remoção do dispositivo de P4, para que ao aceitar a monta, essa marca fosse removida ou pelo menos modificada.

**Figura 2** - Aplicação de tinta na base da cauda (A e B) e vaca detectada em estro (C).

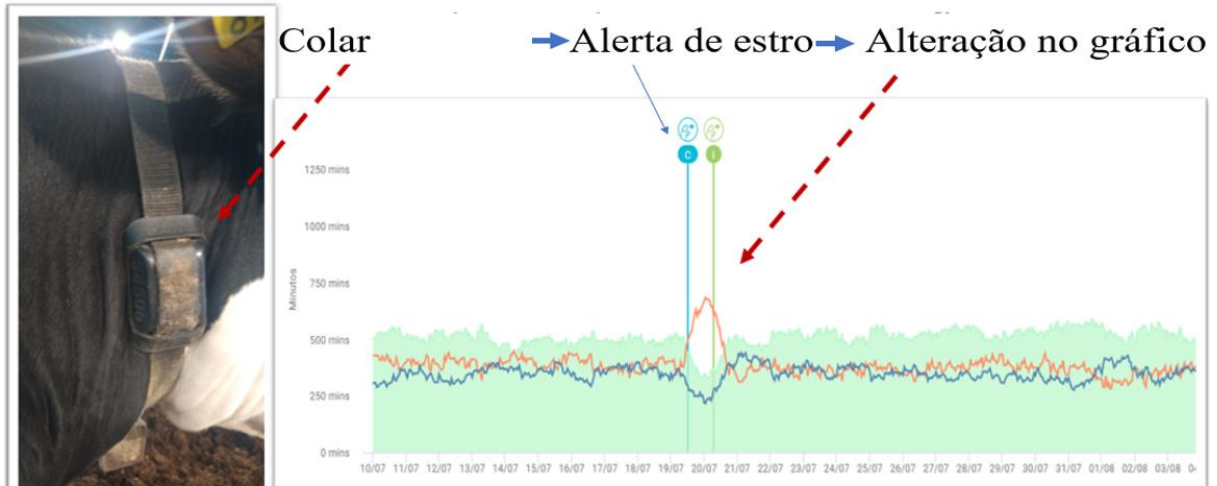


Fonte: Arquivo próprio (2022)

As coleiras foram posicionadas no pescoço e com revisão constante, essas permitiam o monitoramento de todos os animais simultaneamente. Com base nos dados obtidos das acelerações horizontais contínuas enviadas ao sistema do *software* de monitoramento (FIGURA 3), e registros previamente armazenados (como as atividades associadas à ruminação, respiração ofegante, atividade, ociosidade, eventos de manejo, eventos de saúde e reprodução), mais a determinação do número e intensidade dos movimentos de cabeça e pescoço, relatados em blocos de 1 h, é gerado um índice de atividade física para cada vaca e o sistema envia ou não o alerta de início do estro.

No entanto, para determinar o término do estro por meio deste *software*, foram analisadas as tendências dos gráficos de cada estro apresentado e, com base nas alterações (ascensão, manutenção e queda) das linhas horizontais, foi estimado o final do estro (FIGURA 3). Assim, o "descer" da linha que representa estro, com retorno à sua normalidade, foi considerado como indicativo de conclusão da atividade do cio. Por sua vez, por se tratarem de alterações registradas por horas (bloco), o início e o fim do estro foram determinados em horários fixos (00h00 - 01h00 - 02h00, etc.).

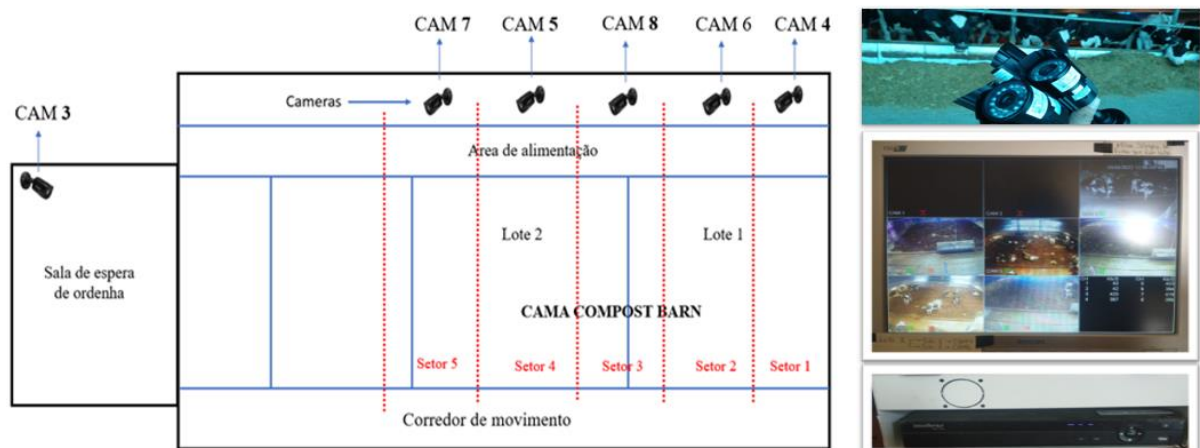
**Figura 3** - Coleira eletrônica de monitoriamento que registra permanentemente todas as atividades e envia as informações para o software central, possibilitando visualizar a alteração do comportamento por meio de gráficos.



Fonte: Arquivo do sistema Cowmed - EMBRAPA (2022)

Foram utilizadas cinco câmeras de vídeo, modelo aprica-502HD (INTELBRAS - APRICA, São José, Santa Catarina - Brasil), instaladas no *Compost Barn* para monitoramento dos lotes, e uma câmera na sala de ordenha, fora do galpão *Compost Barn* (FIGURA 4). Essas câmeras foram conectadas de forma independente a um sistema central. A conexão independente do sistema, ou seja, um cabo independente para conectar cada câmera individualmente com o sistema central, permitiu que todas as câmeras gravassem sem interrupções devido a possíveis cortes ou danos em algum dos cabos. O sistema central foi conectado a um monitor de vídeo para monitorar todos os comportamentos das vacas.

**Figura 4** - Localização das câmeras de vídeo no Compost barn para monitoramento do estro.



Fonte: Arquivo próprio (2022)

### 3.6 Dados comportamentais e expressão do estro

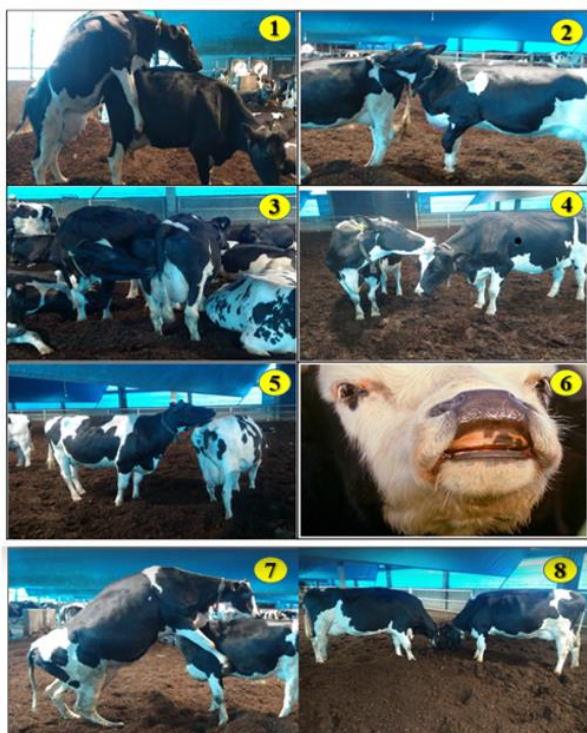


O início e fim do estro foram estabelecidos de acordo com a aceitação da primeira e da última monta, respectivamente, pela vaca em estro, baseado principalmente na detecção visual, e com auxílio das ferramentas auxiliares para confirmação. A intensidade foi determinada pelo número de montas recebidas e o número de comportamentos secundários observados durante o período do estro. Cada ação realizada foi devidamente registrada em uma planilha, com identificação da vaca ativa (que realizou a ação), da vaca passiva (que recebeu a ação) e do comportamento do estro, além da data e da hora em que o comportamento foi expresso (ANEXO 1). Foram registrados o número de aceitações de monta, comportamento primário, e o número de comportamentos secundários que cada vaca realizou. Para facilitar a coleta e a análise dos dados, foram atribuídos os números de 1 a 8 aos comportamentos de estro, conforme apresentado na Tabela 1 e na Figura 5.

**Tabela 1** - Comportamentos de estro observados.

<b>Comportamentos observados</b>	<b>Número atribuído ao comportamento</b>
Aceitação de monta (Receptividade)	<b>1</b>
Tentar montar por trás	<b>2</b>
Cheirar a vulva	<b>3</b>
Lamber	<b>4</b>
Pressionar a mandíbula no dorso	<b>5</b>
Exibir reflexo de <i>Flehmen</i>	<b>6</b>
Tentar montar pela frente	<b>7</b>
Cabeça a cabeça	<b>8</b>

**Figura 5** - Comportamentos primário (aceitação e monta) e secundários de estro.



- 1 - Aceitação de Monta
- 2 - Tentar montar por trás
- 3 - Cheirar a vulva
- 4 – Lamber
- 5 - Pressionar a mandíbula no dorso
- 6 - Reflexo de flehmen
- 7 - Tentar pela frente
- 8 - Cabeça a cabeça

Fonte: Arquivo próprio (2022)

Os dados coletados no *Compost barn* foram organizados em planilha de excel, por grupos de vacas sincronizadas. Nesta planilha foram digitados os dados obtidos por observação visual e os obtidos por meio das ferramentas auxiliares de detecção de estro (ANEXO 2), para análise da duração e da intensidade do estro, bem como do horário do dia em que o comportamento teve início. O intervalo (h) entre a remoção do dispositivo de P4 e o início do estro observado e do estro detectado pela coleira foi calculado. A duração do estro e o intervalo da remoção do dispositivo de P4 ao estro foi comparado considerando a observação visual e a coleira de monitoramento.

### 3.7 Dados ambientais

O período experimental foi realizado entre as estações do outono e inverno (Junho, Julho, Agosto e Setembro). Ao longo do experimento e de forma contínua a cada 10 minutos foram registrados a temperatura ambiente e umidade relativa do ar (UR) por meio da utilização de quatro sensores (DATALOGGER tipo HT-900 e HT-500, INSTRUTHERM, São Paulo – Brasil) localizados dentro do galpão. Esses sensores foram instalados a uma altura de 2,5 metros acima da cama e nos lotes onde estavam as vacas a serem avaliadas, ou seja, dois sensores no Lote 1 e dois sensores no Lote 2. Adicionalmente, dois sensores foram localizados fora do galpão, como referência aos sensores internos. Os registros de temperatura ambiente e UR

foram utilizados para o cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU), utilizando a equação proposta por Armendano (2016):  $ITU = (1,8 \times ^\circ\text{C} + 32) - (0,55 - 0,55 \times UR/100) \times (1,8 \times ^\circ\text{C} - 26)$ . Os dados de temperatura e UR também foram obtidos da estação meteorológica do INMET [A557] localizada no CEJHB, Coronel Pacheco, como dados de referência para a região. As mensurações da temperatura ambiente, da UR e do ITU dentro do galpão foram feitas no dia do estro de cada vaca e foram considerados nas análises estatísticas.

A umidade da cama do *Compost barn* foi avaliada a cada 15 dias, de acordo com o manejo da EMBRAPA. A amostragem do material da cama foi realizada ao meio-dia (12h00) e foram coletadas três amostras por lote (lado direito, centro e lado esquerdo), obtendo um total de seis amostras para os dois lotes. Amostras individuais ( $257,1 \pm 29,7$  g cada) foram acondicionadas em sacos de papel cartão. As amostras foram secas por três dias consecutivos em estufa especial de ventilação forçada (estufa com circulação e renovação de ar - MA035/5/10P, Piracicaba, São Paulo, Brasil) a temperatura  $54^\circ\text{C}$ . Levando-se em consideração os pesos inicial e final (após secagem) foi possível determinar o teor de matéria seca e calcular o percentual de umidade da cama (ANEXO 3).

A velocidade do vento (m/s) dentro do galpão *Compost Barn* foi medida a partir do dia da retirada do dispositivo de P4 até o final do período de observação do estro para cada grupo de vacas sincronizadas, utilizando um anemômetro (THAL – 300, INSTRUTHERM, Sao Paulo - Brasil), nos horários da manhã (8h00) e à tarde (14h00). Foram realizadas três leituras por setor, nos lados direito, centro e esquerdo. Levando em consideração que cada lote possui dois setores divididos por cortinas, foram realizadas um total de seis leituras e obtido o valor médio do lote pela manhã e à tarde da mesma forma. As leituras foram registradas em formulários e obteve-se a média correspondente a cada hora e data (ANEXO 4).

**Figura 6** - Anemômetro usado para medição da velocidade do vento.



Fonte: Arquivo próprio (2022)

A produção de leite foi mensurada a cada 10 dias, durante todo o experimento, de acordo com rotina realizada na fazenda. Foram registradas as produções de leite na primeira, segunda e terceira ordenhas de cada vaca. A pesagem de leite anterior mais próxima ao estro foi utilizada na análise estatística dos dados.

### 3.8 Dados fisiológicos

As variáveis fisiológicas temperatura retal (TR) e a frequência respiratória (FR) foram aferidas duas vezes ao dia, pela manhã (6:00 às 07:00 h) e à tarde (13:00 às 14:00 h), a partir do dia de retirada do dispositivo de P4 até o final do período de observação do estro em cada grupo de vacas sincronizadas. A TR foi aferida por meio de termômetro digital (Generic – OEM 2444- 56) quando as vacas estavam na sala de ordenha, aproveitando-se do fato de as vacas ficarem presas imediatamente após a ordenha (Anexo 4). A frequência respiratória (FR) foi aferida por visualização do movimento dos flancos. Em cada período de aferição (manhã e tarde) a FR foi observada três vezes, com duração de 15 segundos cada. O valor médio obtido foi multiplicado por 4 para obter o número de respirações por minuto (rpm) (Anexo 5). A FR foi aferida exclusivamente dentro do *Compost barn*, quando as vacas estavam deitadas e a uma distância de 1 a 2 metros. Os valores de TR e a FR no dia (média do dia) em que a vaca apresentou cio foram utilizadas nas análises estatísticas.

### 3.9 Análise estatística

Foram realizadas análises descritivas (média  $\pm$  desvio-padrão) da duração do estro detectado por observação visual auxiliada por vídeo-câmeras e detectado por coleiras eletrônicas, assim como número e porcentagem dos estros que iniciaram em diferentes intervalos do dia e dos comportamentos observados em diferentes intervalos. Análises descritivas de cada uma das variáveis ambientais e fisiológicas também foram apresentadas como média  $\pm$  desvio-padrão, valores mínimos e máximos.

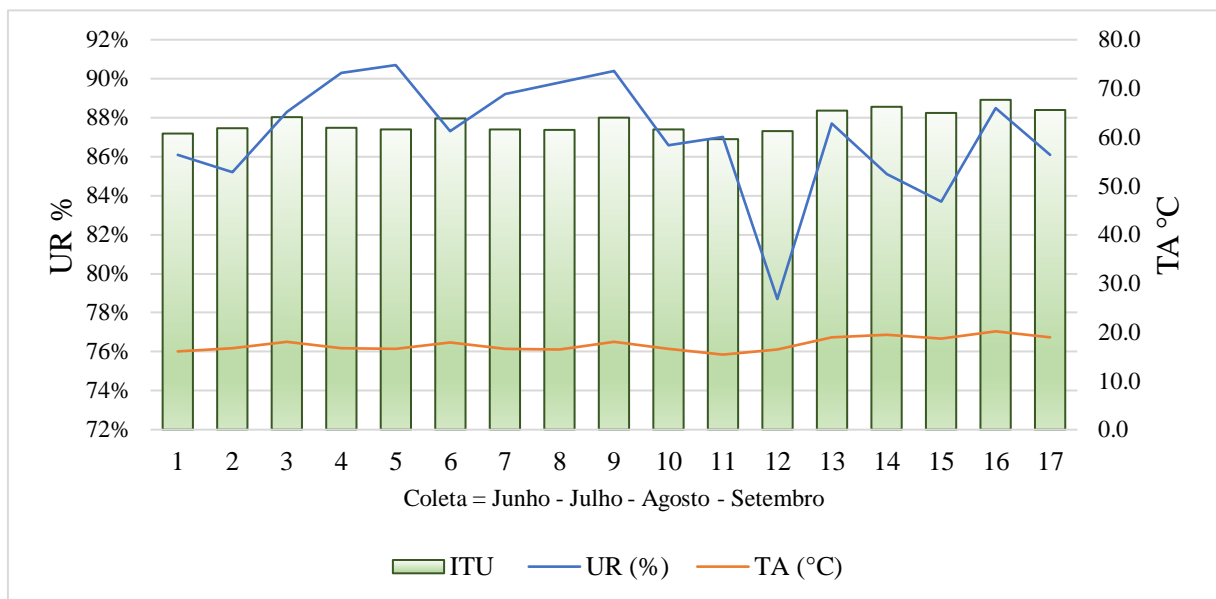
Para validação do modelo utilizado pela coleira eletrônica, tomando como base a observação visual do estro auxiliada por vídeo-câmeras, foi ajustada uma regressão linear de primeiro grau para as variáveis duração do estro e horário de início do estro relativo à remoção do dispositivo de P4.

Foram realizadas análises de regressão múltipla por *stepwise* com o intuito de avaliar quais as variáveis ambientais, como temperatura ambiente, UR, ITU, velocidade do vento, temperatura e umidade de cama, bem como variáveis fisiológicas, como TR, FR, produção de leite e DEL têm maior influência na duração e na intensidade do estro (número de montas aceitas e total de comportamentos secundários). As análises foram realizadas no *software* R, utilizando o critério de Akaike (AIC) na seleção das variáveis e o modelo escolhido foi aquele que apresentou menor valor para este critério.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A duração do estro por observação visual auxiliada por vídeo-câmeras foi de  $12,82 \pm 1,63$  h, com intervalo mínimo de 10,18 e máximo de 16,42 h. Embora a variabilidade na duração do cio em vacas leiteiras seja alta, com valores de 7,10 (DRANSFIELD *et al.*, 1998) a 17,8 h (TRIMBERGER, 1948), o período observado neste estudo pode ser favorável à sua detecção, principalmente pelo fato das vacas apresentarem alta produção, o que pode estar associado a baixo tempo de expressão do estro. Conforme relatado por Lopez *et al.* (2004), vacas holandesas de alta produção (40 kg/leite/dia) tiveram estro de 6,2 h em comparação com vacas de baixa produção (10,9 h). Por outro lado, a ausência de fatores que podem impactar negativamente a expressão do cio pode ter contribuído para a duração do estro observado neste estudo, como as condições de conforto e bem-estar proporcionadas pelo *Compost Barn*. As condições ambientais como temperatura, UR e ITU se mantiveram estáveis durante o experimento (GRÁFICO 1). Corroborando esta afirmação, outros autores relataram que a duração do estro diminuiu devido ao estresse térmico por calor (ABILAY *et al.*, 1975), e pelo tipo de instalação, mais especificamente por camas inadequadas (NEBEL, 2013). O impacto destes fatores pode ser considerado reduzido ou nulo no *Compost Barn* estudado, favorecendo tanto a duração quanto a intensidade do cio.

**Gráfico 1** - Variáveis ambientais observadas dentro do Compost barn túnel de vento ao longo do experimento.



TA= temperatura ambiente (°C), UR= umidade relativa do ar (%), ITU= índice de temperatura e umidade. Os valores de 1 a 17 indicados por cada barra correspondem às mensurações realizadas durante o período experimental.

O estro foi identificado corretamente pelas coleiras eletrônicas em 32 vacas (91,4%). Em outras três (8,57%) que tiveram o cio detectado visualmente, o sistema falhou em emitir o alerta. A duração do estro detectado pelo sistema foi de  $20,56 \pm 3,86$  h, com duração mínima de 15,00 e máxima de 29,00 h. O registro da ocorrência do cio por meio da observação visual, e por meio da detecção por coleiras eletrônicas e por vídeo-câmeras é apresentada na Figura 7. Embora não haja relatos que especificamente mostrem a duração do estro detectado pelas coleiras eletrônicas, alta eficiência na detecção de estro (70-80%) foi demonstrada por Senger (1994).

**Figura 7** - A1) Observação visual de vacas em estro, A2) Alerta de cio emitido pela coleira eletrônica, A3) Monitoramento visual de cio, A4) Detecção de vacas no cio por vídeo-câmeras.

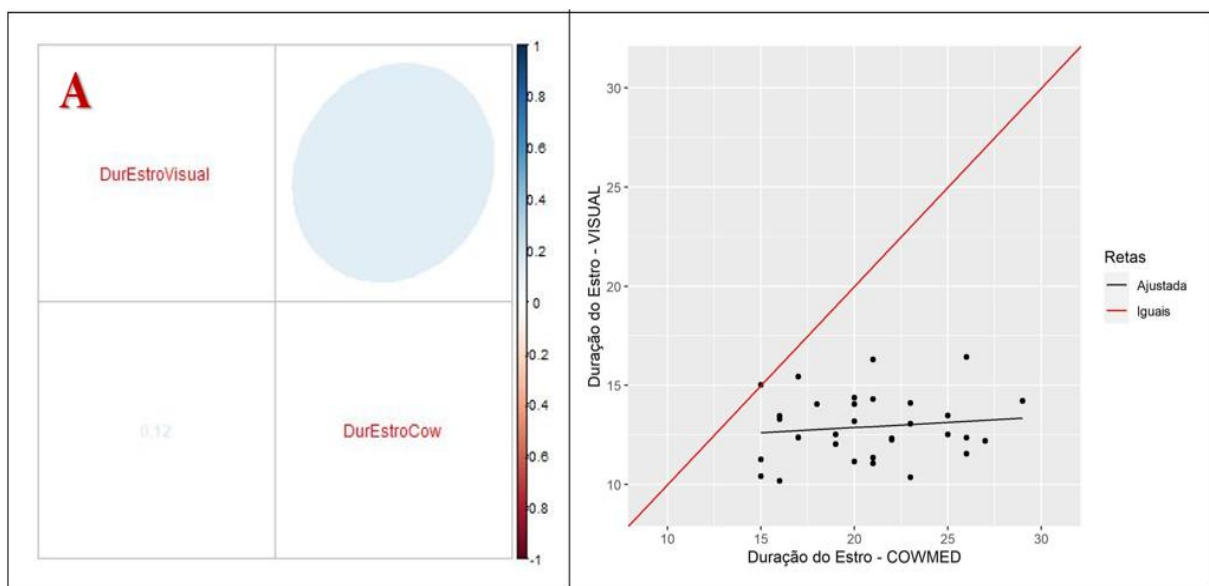


Fonte: Arquivo próprio (2022)

Ao realizar a análise de correlação (GRÁFICO 2 - A) entre a duração do estro detectado por observação visual auxiliada por vídeo-câmeras e a duração do estro detectado pelas coleiras eletrônicas, verifica-se que não houve correlação ( $r = 0,12$ ,  $P > 0,05$ ), o que indica que não há relação linear entre as duas variáveis. Esse resultado provavelmente deve-se ao fato de que o "índice de atividade" informado pelas coleiras é baseado também em outros alertas de ações

agregadas, por exemplo, manejo da cama (FIGURA 8), tratamento de vacas doentes e troca de lotes, as quais alteram as informações nos dados enviados para o sistema, o que gera um alerta falso do estro. Durante o experimento, foram emitidos três alertas falsos. Adicionalmente, ao aplicar a análise de regressão dos valores observados visualmente em função dos valores estimados pela coleira foi verificado que esta superestima a duração do estro, ou seja, o sistema de monitoramento eletrônico por coleiras não estima com precisão a duração do estro (GRÁFICO 2 - B).

**Gráfico 2** - Correlação (A) e regressão (B) entre a duração do estro detectado visualmente e a duração do estro estimada pela coleira eletrônica de atividade.



**Figura 8** - Sequência de vacas em pé antes do manejo das camas e vacas deitadas após este manejo, respectivamente. Isso pode ser favorável a falsos alertas do cio.

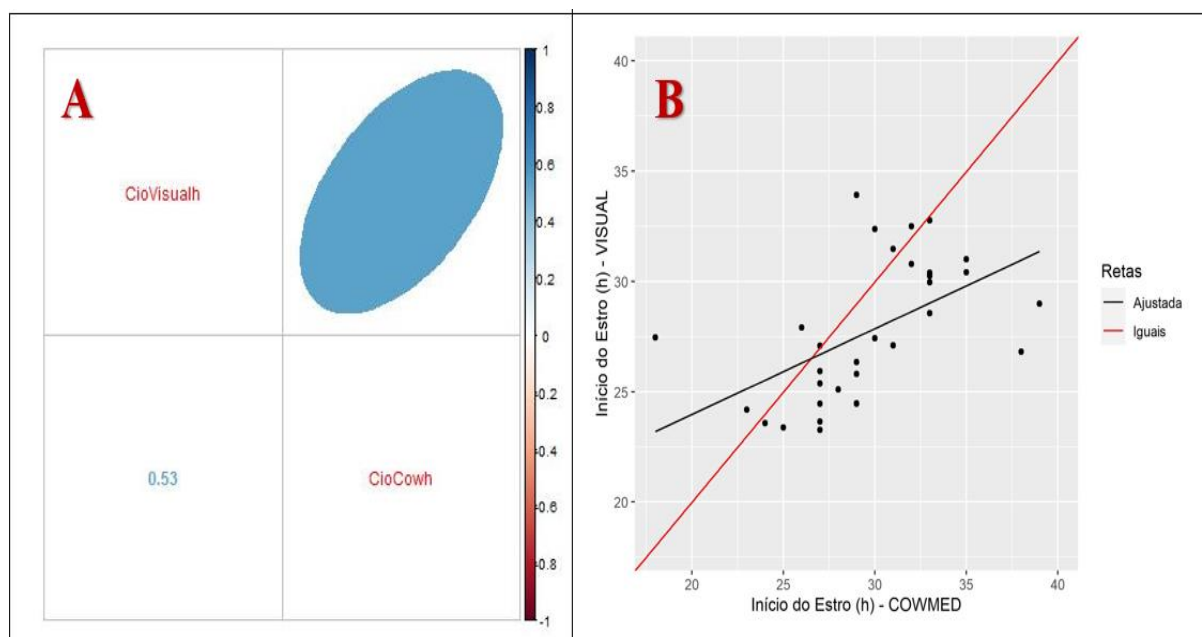


Fonte: Arquivo próprio (2022)



Ao realizar a análise de correlação (GRÁFICO 3 - A) entre o intervalo da retirada do dispositivo de P4 (D9) ao início do estro, observou-se correlação positiva ( $r = 0,53$ ,  $P < 0,05$ ) entre os métodos de detecção visual do estro auxiliado por vídeo-câmeras e identificação do estro por coleiras eletrônicas, o que indica uma aproximação da relação linear. Em geral, o sistema de monitoramento eletrônico emitiu um alerta de estro retardado ( $1,92 \pm 1,15h$ ) em relação à observação visual auxiliada por vídeo-câmeras, em consequência do tempo que o sistema leva para integrar as informações armazenadas e as recebidas em tempo real. Ao aplicar a análise de regressão do intervalo ao estro detectado por observação visual em função dos valores estimados pela coleira verificou-se que a coleira subestima os intervalos mais curtos e superestima os intervalos mais longos ( $P < 0,01$ ). Esse resultado indica que o alerta pelas coleiras eletrônicas é dependente da expressão do estro observado, porém, este não é emitido no momento exato em que a vaca aceita a primeira monta.

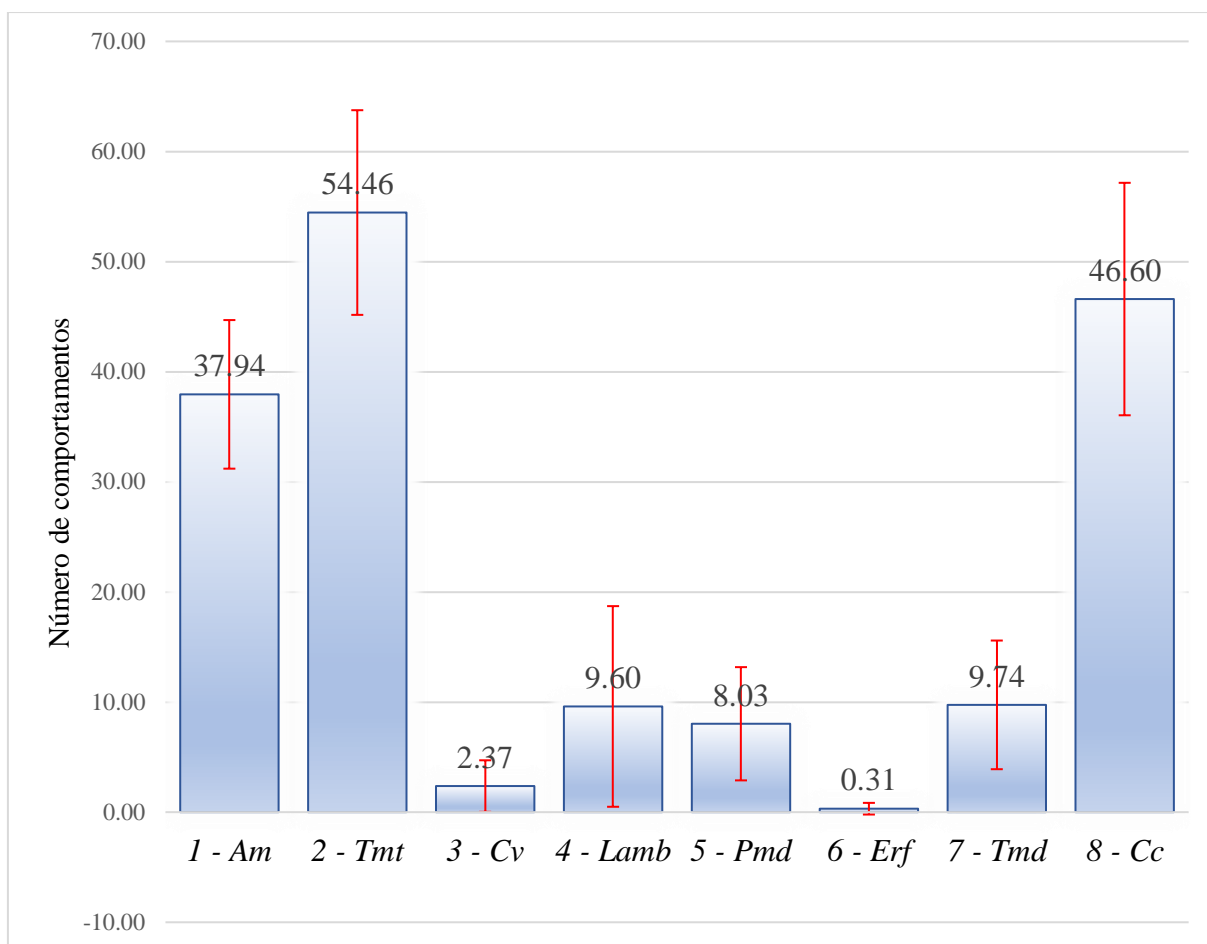
**Gráfico 3** - Correlação (A) e regressão (B) entre a retirada do CIDR (D9) e o início do estro detectado por observação visual auxiliada por vídeo-câmeras e pelas coleiras eletrônicas.



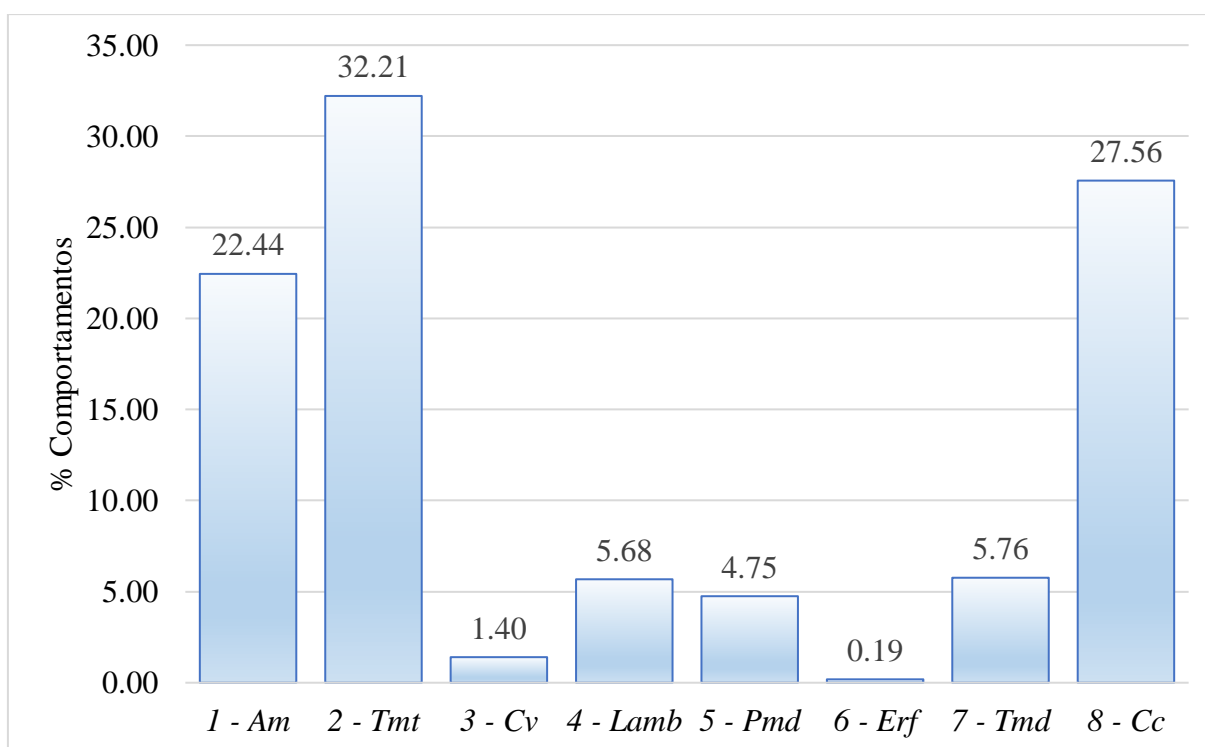
Em relação à intensidade do estro foram encontrados três comportamentos mais frequentes (GRÁFICOS 4 e 5). Dos 5.917 comportamentos observados (primários e secundários), 1.906 ou 32,2% corresponderam a "tentar montar por trás" e 1.631 ou 27,6% a "cabeça a cabeça", que são considerados ações secundárias do estro. A "aceitação de monta" (receptividade) representou 22,4% do total de comportamentos manifestados durante o estro. O número médio de "aceitações de monta" por vaca foi de  $37,9 \pm 6,74$ , enquanto os números

médios de comportamentos do tipo “tentar montar por trás” e “cabeça a cabeça” foi de 54,5  $\pm$ 9,29 e 46,6,  $\pm$ 10,56, respectivamente. A “aceitação de monta” é o principal determinante de uma vaca em estro, e sua frequência foi relativamente alta (37,9 aceitações em 12,8 h) neste estudo em comparação à relatada por Nebel et al. (1997), que verificaram que vacas da raça Holandês apresentaram até 17 aceitações de monta durante todo o estro. Essa alta intensidade pode ser baseada em vários fatores, sendo o principal deles o número de vacas em estro simultaneamente, visto que as vacas tiveram o estro sincronizado por protocolo hormonal. Sepúlveda e Rodero (2003) constataram que se houver apenas uma vaca em cio, a intensidade de “aceitação de monta” pode ser baixa (11,2 aceitações), mas quando o número de vacas em cio aumenta de 1 para 2 ou 3, o número de aceitações passa de 11,2 para 36,6 e 52,6, respectivamente.

**Gráfico 4** - Comportamentos primários e secundários do estro por vaca (média  $\pm$  desvio padrão).

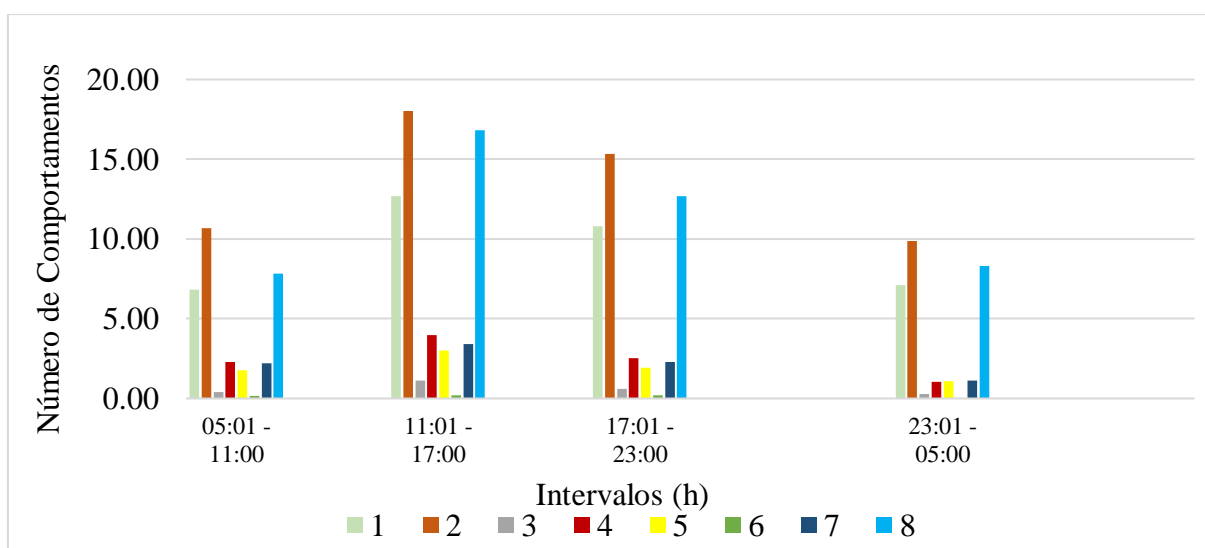


**Comportamentos:** *Am* - Aceitação de Monta (Receptividade), *Tmt* - Tentar montar por trás, *Cv* - Cheirar a vulva, *Lamb* - Lamber, *Pmd* - Pressionar a mandíbula no dorso, *Erf* - Exibir reflexo de flehmen, *Tmd* - Tentar montar pela frente, *Cc* - Cabeça a cabeça.

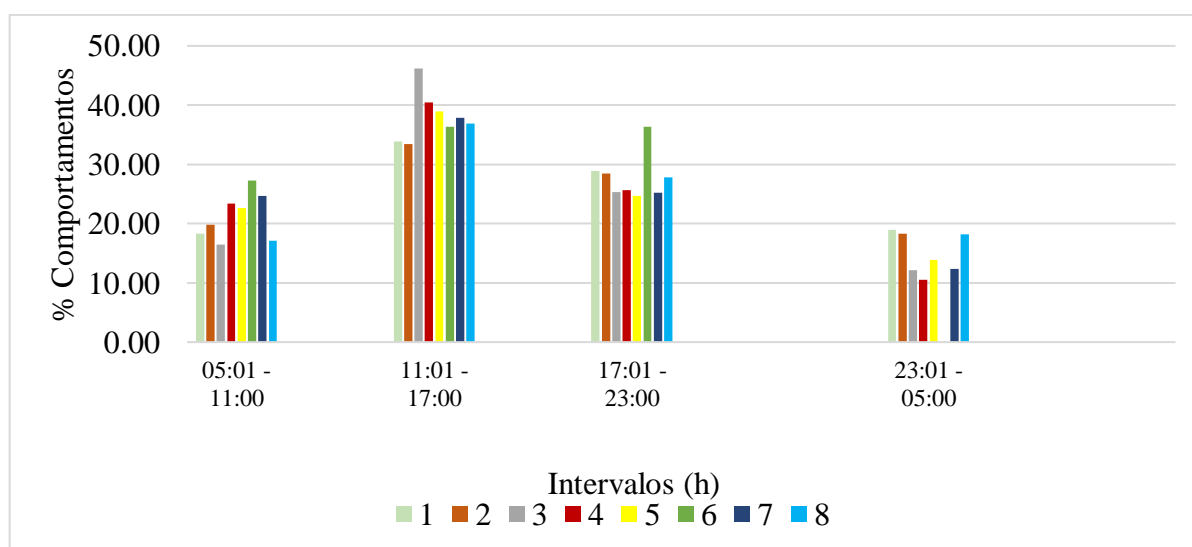
**Gráfico 5** - Distribuição percentual de cada um dos comportamentos de estro.

**Comportamentos:** *Am* - Aceitação de Monta (Receptividade), *Tmt* - Tentar montar por trás, *Cv* - Cheirar a vulva, *Lamb* - Lamber, *Pmd* - Pressionar a mandíbula no dorso, *Erf* - Exibir reflexo de flehmen, *Tmd* - Tentar montar pela frente, *Cc* - Cabeça a cabeça.

Para avaliação da distribuição comportamental do estro durante o dia (24 horas) foram considerados quatro intervalos: 5h01 – 11h00, 11h01 – 17h00, 17h01 – 23h00 e 23h01 – 05h00. Verificou-se que os comportamentos mais expressos se distribuíram de forma uniforme, principalmente em dois intervalos (11h01 – 17h00 e 17h01 – 23h00), mas com maior concentração no intervalo de 11h01 – 17h00, em que as principais condutas foram “aceitação de monta”, “tentar montar por trás” e “cabeça a cabeça” (GRÁFICOS 6 e 7). Mais de 60% destes três comportamentos de estro foram exibidos nestes dois intervalos. Esses resultados diferem da distribuição da atividade comportamental do cio durante o dia, relatada por Diskin e Sherma (2000). Estes autores relataram que, em vacas holandesas, o estro foi observado principalmente a partir das 7h00, 10h00, 13h00, 16h00 e 22h00 com 40%, 5%, 7%, 18% e 30%, respectivamente, e concluíram que o estro ocorreu com maior intensidade nas horas mais frescas do dia. Porém, no nosso estudo isso não ocorreu, em razão das condições ambientais estáveis ao longo do dia e do experimento, e também porque no período após a ordenha da manhã até às 11h os animais estavam se alimentando.

**Gráfico 6** - Distribuição dos comportamentos do estro por vaca durante 24 horas.

**1** - Aceitação de Monta, **2** - Tentar montar por trás, **3** - Cheirar a vulva, **4** - Lamber, **5** - Pressionar a mandíbula no dorso, **6** - Reflexo de *Flehmen*, **7** - Tentar montar pela frente, **8** - Cabeça a cabeça.

**Gráfico 7** - Distribuição percentual de cada comportamento de estro por vaca durante 24 h.

**1** - Aceitação de Monta, **2** - Tentar montar por trás, **3** - Cheirar a vulva, **4** - Lamber, **5** - Pressionar a mandíbula no dorso, **6** - Reflexo de *Flehmen*, **7** - Tentar montar pela frente, **8** - Cabeça a cabeça.

A distribuição dos estros ao longo do dia deve-se ao fato de que as condições internas do galpão (variáveis ambientais) permaneceram estáveis durante todo o experimento (GRÁFICO 1), o que ocasionou mínimas alterações das variáveis fisiológicas. A FR e a TR no dia da retirada do dispositivo de P4 e no dia do estro (24 horas depois) são apresentadas na Tabela 2. Embora a temperatura corporal geralmente aumente durante a expressão do estro (COOPER-PRADO *et al.*, 2011), de acordo com nossas aferições, o aumento durante o estro

em relação ao dia da retirada do dispositivo de P4 foi de 0,16 °C. A FR observada foi pouco superior à relatada por Mota *et al.* (2020), que verificaram FR de 46,40 rpm em sistemas de *Compost Barn*. Considerando que vacas sob estresse térmico por calor apresentam FR de 120 rpm ou mais (ARAUJO *et al.*, 2016), pode-se afirmar que as vacas no nosso estudo não estavam em estresse térmico por calor.

**Tabela 2** - Variáveis fisiológicas observadas no dia da retirada do dispositivo intravaginal de progesterona e no dia do estro.

Variáveis	Dia de retirada do dispositivo de P4	Dia do estro
<b>Frequência respiratória (rpm)</b>	49,70 ± 5,28	50,40 ± 4,40
Mínima	34,80	40,70
Máxima	62,00	61,00
<b>Temperatura Retal (°C)</b>	38,64 ± 0,24	38,80 ± 0,31
Mínima	38,10	37,80
Máxima	39,00	39,40

As variáveis ambientais no dia da retirada do dispositivo de P4 e no dia do estro são apresentadas na Tabela 3. O estresse térmico por calor é um dos fatores que mais afeta a reprodução (De ALMEIDA FERRO *et al.*, 2010), mas no nosso estudo não encontramos este efeito, visto que o ITU, que é um índice que pode refletir a ocorrência de estresse (VALTORTA; GALLARDO, 1996), no dia do estro foi de 63,99 ± 3,15, ou seja, bem inferior ao valor crítico de 72, que é relacionado ao estresse térmico por calor em vacas leiteiras de alta produção (JOHNSON *et al.*, 1961).

**Tabela 3** - Variáveis ambientais no dia de retirada do dispositivo intravaginal de progesterona e no dia do estro.

Variável	Dia de retirada do dispositivo intravaginal	Dia do estro
<b>Temperatura ambiente (°C)</b>	18,09 ± 1,52	18,19 ± 1,96
Mínima	16,60	15,60
Máxima	20,00	20,40
<b>Umidade relativa (%)</b>	86,7 ± 1,90	88,00 ± 1,46
Mínima	84,60	85,17
Máxima	90,30	90,73
<b>ITU (0 – 100)</b>	64,10 ± 2,50	63,99 ± 3,15
Mínima	61,66	59,85
Máxima	67,10	67,51

A velocidade do vento no interior do galpão registrada no dia da retirada do CIDR foi de  $2,11 \pm 0,11$  m/s, com mínimo de 2,01 e máximo de 2,41 m/s, e no dia da apresentação do estro foi de  $2,05 \pm 0,08$  m/s, com mínimo de 1,95 e máximo de 2,15 m/s. Esses valores foram inferiores aos relatados por Damasceno et al. (2019), que observaram valores que atingiram 3,0 m/s em instalações *Compost Barn* túnel de vento. A menor velocidade do vento no interior do galpão, observado neste estudo, pode estar relacionado à época do ano em que o estudo foi realizado, com temperatura de  $18,53 \pm 1,75$ °C e UR de  $73,84 \pm 5,17$ %, no exterior do galpão. As variáveis ambientais externas podem influenciar as variáveis ambientais no interior do galpão, pois o sistema de ventilação é automático e depende do quanto é necessário para regular tanto a temperatura ambiente quanto a UR.

A umidade da cama foi de  $50,10 \pm 0,29$ %, com mínimo de 49,59% e máximo de 50,65%, refletindo muito pouca variação ao longo do experimento. A temperatura da cama foi de  $49,01 \pm 1,31$ °C, com mínima de 46,37°C e máxima de 50,33°C. Essa variação baixa é explicada pelo manejo diário realizado (às 5:00 e 15:00). Esses resultados podem ser considerados consistentes com os relatados por Bewley et al. (2013), que verificaram que a umidade adequada deve estar entre 45 e 55% para favorecer o processo de atividade microbológica. Por sua vez, a temperatura também foi semelhante à mostrada por Black *et al.* (2013), que constataram que a temperatura variando entre 43,0 e 65,0°C é necessária para o processo de compostagem eficiente.

Para determinar quais as variáveis independentes têm maior efeito sobre as variáveis duração do estro, número de montas aceitas e total de comportamentos secundários do estro foi

realizada a análise de regressão por *stepwise*. Primeiramente, o modelo que melhor explicou a duração do estro, incluiu as variáveis FR, DEL, TR e velocidade do vento. Já o que melhor explicou o número de montas aceitas incluiu o efeito das variáveis UR e umidade da cama. Por fim, o modelo que melhor explicou o número total de comportamentos secundários incluiu o efeito das variáveis FR, umidade da cama, UR, T° no interior da instalação e temperatura da cama (TABELA 4).

**Tabela 4** - Equações obtidas da análise de regressão por *stepwise* para determinar as variáveis com maior influência na expressão do estro.

Variável Y avaliada	Equação
Duração do estro	$\hat{Y} = -71,9999 + 0,1787X_1 + 0,0090X_2 + 1,6873X_3 + 4,5912X_4 \quad (R^2 = 34,30\%)$ <p> <math>X_1</math> = Frequência respiratória  <math>X_2</math> = DEL (Dias em leite)  <math>X_3</math> = Temperatura retal  <math>X_4</math> = Velocidade do vento </p>
Número de montas recebidas	$\hat{Y} = -80,472 - 0,9322X_1 + 4,0275X_2 \quad (R^2 = 17,02\%)$ <p> <math>X_1</math> = Umidade relativa  <math>X_2</math> = Umidade da cama </p>
Número de comportamentos secundários do estro	$\hat{Y} = -2181,8223 + 1,3123X_1 + 43,4968X_2 + 3,9943X_3 + 7,6671X_4 - 8,6545X_5 \quad (R^2 = 49,98\%)$ <p> <math>X_1</math> = Frequência respiratória  <math>X_2</math> = Umidade da cama  <math>X_3</math> = Umidade relativa  <math>X_4</math> = Temperatura ambiental </p>

---

$X_5$  = Temperatura da cama.

---

O impacto da velocidade do vento é explicado por motivo das condições controladas do sistema. A  $T^\circ$  interna é estável devido à operação síncrona dos “extratores” de calor gerado e acumulado. Após isso, existe uma sequência de eventos altamente dependente das variáveis determinantes, pois, por se tratar de um sistema fechado, o efeito da velocidade do vento seria imediato, embora, a  $T^\circ$  tenha sido reconhecida como um dos fatores mais importantes na produtividade da pecuária leiteira (ARIAS *et al.*, 2008).

Outro ponto a analisar é que o aumento da velocidade do vento é resultado da necessidade de reduzir a temperatura interna do sistema (retirar o ar quente). Em conjunto com a pulverização de água em excesso, pode aumentar a UR interna, o que pode causar alta umidade na cama e gerar prejuízos de compactação desta (DAMASCENO, 2020). Além disso, os principais efeitos da alta UR estão associados à redução da eficácia na dissipação de calor devido à transpiração e respiração (RENAUDEAU, 2005).

Outro ponto a destacar é que essas variáveis ambientais controladas, devido uma velocidade de ar adequada (2 a 3 m/s) permitem a estabilização das variáveis fisiológicas (TR e FR). Dessa forma, a vaca concentrará seus esforços energéticos em outros componentes, como produção de leite e reprodução, dentro da qual a manifestação do estro, ao invés de tentar mitigar o estresse térmico por meio da termorregulação, como ocorre normalmente em outros cenários (pastejo, *Free Stall* e *Compost Barn* convencional).



## 5 CONCLUSÃO

Portanto, o estudo demonstrou que o método de observação visual do estro auxiliada por vídeo-câmeras favorece a detecção do estro de vacas leiteiras de alta produção alojadas em sistema *Compost Barn* túnel de vento. Esta instalação, por meio do controle dos fatores ambientais internos e pelas condições adequadas de manejo diário da cama, proporcionou conforto e bem-estar animal, que associado à ausência de estresse térmico, resultou em bom desempenho produtivo e reprodutivo. Por fim, dentre as variáveis analisadas, a velocidade do vento e a umidade da cama podem influenciar, de forma mais marcante, a duração e intensidade do estro, respectivamente. Dessa forma, é recomendável aplicar outros modelos e estudos que permitam corroborar ou conhecer com maior precisão quais variáveis têm resultados marcantes na expressão do estro nas diversas instalações e sistemas produtivos de vacas leiteiras.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABILAY, T. A.; JOHNSON, H. D.; MADAN, M. Influence of environmental heat on peripheral plasma progesterone and cortisol during the bovine estrous cycle. **Journal of Dairy Science**, v. 58, n. 12, p. 1836–1840, 1975.

ALVES, B. G.; ALVES, K. A.; MARTINS, M. C.; BRAGA, L. S.; SILVA, T. H.; ALVES, B. G.; SANTOS, R. M.; SILVA, T. V.; VIU, M. A.; BELETTI, M. E.; JACOMINI, J. O.; GAMBARINI, M. L. Metabolic profile of serum and follicular fluid from postpartum dairy cows during summer and winter. **Reproduction, Fertility and Development**, v. 26, n. 6, p. 866-874, 2014.

ARAÚJO, A. P. Estudo comparativo de diferentes sistemas de instalações para produção de leite tipo B, com ênfase nos índices de conforto térmico e na caracterização econômica. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. **Universidade de São Paulo**, São Paulo, 2001.

ARIAS, R. A.; MADER, T. L.; ESCOBAR, P. C. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. **Archivos de medicina veterinaria**, v. 40, n.1, p. 7-22, 2008.

ARKIN, H.; KIMMEL, E.; BERMAN A.; BRODAY, D. Heat transfer properties of dry and wet furs of dairy cows. **Trans Am Soc Agric Eng**, v. 34, n. 6, p. 2550-2558, 1991.

ARMENDANO, J. ¿Cuándo se generan condiciones de estrés por calor en bovinos?. **Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata e INTA Estación Experimental Balcarce. Argentina**, 2016.

ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal Dairy Science**, v. 77, n 7, p. 2044 - 2050, 1994.

BACCARI, J. R. Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes. Londrina: **Universidade Estadual de Londrina**, p. 142, 2001.

BARBERG, A.E.; ENDRES, M.I.; SALFER, J.A.; J.K. Performance and Welfare of Dairy Cows in an Alternative Housing System in Minnesota. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 3, p. 1575-1583, 2007.

BARTON, B. A.; ROSARIO, H. A.; ANDERSON, G. W.; GRINDLE, B. P.; CARROLL, D. J. Effects of dietary crude protein, breed, parity, and health status on the fertility of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 79, n. 12, p. 2225–2236, 1996.

BERARDINELLI, J. G.; JOSHI, P. S. Initiation of postpartum luteal function in primiparous restricted-suckled beef cows exposed to a bull or excretory products of bulls or cows. **Journal of Animal Science**, v. 83, n. 11, p. 2495–2500, 2005.

BEWLEY, J. M.; BLACK, R. A.; TARABA, J. L.; DAY, G. B.; DAMASCENO, F. A. Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. **Journal Dairy Science**, v. 96, n. 12, p. 8060–8074, 2013.

BLACK, R. A.; TARABA, J. L.; DAY, G. B.; DAMASCENO, F. A.; BEWLEY, J. M. Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. **Journal Dairy Science**, v. 96, n. 12, p. 8060–8074, 2013.

BROWN-BRANDL T.M.; EIGENBERG, R.A; NIENABER, J.A.; HAHN, G.L. Dynamic Response Indicators of Heat Stress in Shaded and Nonshaded Feedlot Cattle, Part 1: Analyses of Indicators. **Biosystems Engineering**, v. 90, n. 4, p. 451–462, 2005.

BRUYÈRE, P.; HÉTREAU, T.; PONSART, C.; GATIEN, J.; BUFF, S.; DISENHAUS, C. Can vidéo cameras replace visual estrus detection in dairy cows? **Theriogenology**, v. 77, n. 3, p.525-530, 2012.

BURKE CR, VERKERK GA, MACMILLAN KL. () An attempt to create an ‘anoestrous cow’ model by restricting feed allowances in non-lactating cyclic cows. **Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production**, v 56, p. 233–235, 1996.

BURNETT, T. A.; MADUREIRA, A. M. L.; SILPER, B. F.; FERNANDES, A. C. C.; CERRI, R. L. A. Integrating an automated activity monitor into an artificial insemination program and

the associated risk factors affecting reproductive performance of dairy cows. **Journal Dairy Science**, v. 100, n. 6, p. 5005 – 5018, 2017.

CALDATO, A. CONSTRUÇÃO DE COMPOST BARN: TRADICIONAL X TÚNEL DE VENTO NUTRIÇÃO E MANEJO NO PERÍODO DE TRANSIÇÃO. 2019. 89 p. Tese (Mestrado em Zootecnia/Magister Scientiae) - **Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa, MG, 2019.

CAMPOS, A. T.; KLOSOWSKI, E. S.; SANTOS, W. B. R.; GASPARINO, E.; CAMPOS, A. T. Caracterização do microambiente em secção transversal de um galpão do tipo " free-stall" orientado na direção norte-sul. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 1, p. 1 – 8, 2004.

CARRERA, D.; PASCUA, A. S.; PUEYO, I. C.; DE ALBÉNIZ, J. Y. P.. EFECTIVIDAD DE CUATRO MÉTODOS PARA LA DETECCIÓN DE CELO EN VACUNO DE CARNE. Universidad de Zaragoza, 2017.

CAVESTANY, D.; FERNANDEZ, M.; PEREZ, M.; TORT, G.; SANCHEZ, A.; SIENRA, R. Oestrus behaviour heifers and lacting dairy cows under pasture-based production system. **Vet Quart**, v. 30, p. 10 - 36, 2008.

CERRI, R. L. A.; BURNETT, T. A.; MADUREIRA, A. M. L.; SILPER, B. F.; DENIS-ROBICHAUD, J.; LEBLANC, S.; COOKE, R. F.; VASCONCELOS, J. L. M. Symposium review: Linking activity-sensor data and physiology to improve dairy cow fertility. **Journal Dairy Science**, v. 104, n. 1, p. 1220 –1231, 2021.

CHAGAS, L. M.; BASS, J. J.; BLACHE, D.; BURKE, C. R.; KAY, J. K.; LINDSAY, D. R.; LUCY, M. C.; MARTIN, G. B.; MEIER, S.; RHODES, F. M.; ROCHE, J. R.; THATCHER, W.W.; WEBB, R. Invited review: new perspectives on the roles of nutrition and metabolic priorities in the subfertility of high-producing dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v 90, n. 9, p. 4022–4032, 2007.

CHEBEL, R. C.; VERONESE, A. Associations between genomic merit for daughter pregnancy rate of Holstein cows and metabolites postpartum and estrus characteristics. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 11, p. 10754-10768, 2020.

COOPER-PRADO, M. J.; LONG, N. M.; WRIGHT, E. C.; GOAD, C. L.; WETTEMANN, R. P. Relationship of ruminal temperature with parturition and estrus of beef cows. **Journal of animal science**, v. 89, n. 4, p. 1020-1027, 2011.

CORONA, J. C.; THOMAS, M. G.; RINCÓN, G.; MEDRANO, J. F.; CORREA-CALDERÓN, A.; AVENDAÑO-REYES, L.; LUNA-NEVÁREZ, P. Enfriamiento al inicio de verano para mitigar el estrés por calor en vacas Holstein del noroeste de México. **Revista mexicana de ciencias pecuarias**, v. 7, n. 4, p. 415 - 429, 2016.

DA SILVA, R. G. Weather and climate and animal production. **In: Update of the guide to agricultural meteorological practices**, 2006.

DAMASCENO, F. A. Compost bedded pack barns system and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model. 404 p. **Tese (Doctor Scientiae - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola)** - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2012.

DE OLIVEIRA CAETANO, G. A.; JÚNIOR, M. B. C. Métodos de detecção de estro e falhas relacionadas. **Pubvet**, v. 9, n. 8, p. 348-399, 2015.

DE VASCONCELOS, G. L.; LOPES, M. A.; REIS, E. M. B. Detecção eletrônica do estro em vacas leiteiras: uma revisão, 2015.

DISKIN, M. G.; SREENAN, J. M. Expression and detection of oestrus in cattle. **Reproduction Nutrition Development**, v. 40, n. 5, p. 481-491, 2000.

DOBSON, H.; WILLIAMS, J.; ROUTLY, J.E.; JONES, D.N.; CAMERON, J.; HOLMAN-COATES, A.; SMITH, R.F. Chronology of different sexual behaviors and motion activity during estrus in dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 101, n. 9, p. 8291 - 8295, 2018.

DRANSFIELD, M.G.B.; NEBEL, R.L.; PEARSON, R.E.; WARNICK, L.D. Timing of insemination for dairy cows identified in estrus by a radiotelemetric estrus detection system. **Journal Dairy Science**, v. 81, n. 7, p. 1874 - 1882, 1998.

EIGENBERG, R. A.; NIENABER, J. A.; BROWN-BRANDL, T. M. Development of a livestock safety monitor for cattle. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, n. 032338, p. 1- 6, 2003.

ENDRES, M. I.; JANNI, K. A. **Compost bedded pack barns for dairy cows**. University of Nebraska-Lincoln, 1, 1-9, 2008.

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

FIRK, R.; STAMER, E.; JUNGE, W.; KRIETER, J. Automation of oestrus detection in dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, v. 75, n. 3, p. 219-232, 2002.

FRIGGENS, N.C.; LABOURIAU, R. Probability of pregnancy as affected by oestrus number and days to first oestrus in dairy cows of three breeds and parities. **Animal Reproduction Science**, v. 118, n. 2 – 4, p. 155 – 162, 2010.

GALAMA, P.; BOKMA, S.; VAN DOOREN, H. J.; OUWELTJES, W.; SMITS, M.; VAN DRIEHUIS, F. Prospects for bedded pack barns for dairy cattle. **Wageningen UR Livestock Research**, v. 17, p. 1- 33, 2011.

GALINA, C.; VAN EEDENBURG, FRANK. Comunicaciones personales 2005 y 2006.

GALVÃO, K. N.; SANTOS, J. E.; JUCHEM, S. O.; CERRI, R. L. A.; COSCIONI, A. C.; VILLASEÑOR, M. Effect of addition of a progesterone intravaginal insert to a timed insemination protocol using estradiol cypionate on ovulation rate, pregnancy rate, and late embryonic loss in lactating dairy cows. **J. Anim. Sci.** 82:3508–3517, 2004.

GASTALDI, L.; FRANCO, L.; GHIANO, J. Primer Informe Campaña Estival Pronósticos ITH. INTA EEA. Rafaela Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional del Litoral **INTA FCA-UNL**, n. 1, 2015.

GAUGHAN, J.B.; HOLT, S.; HAHN, G.L.; MADER, T.L.; EIGENBERG, R. Tasa de respiración Respiration rate: Is it a good measure of heat stress in cattle?. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 13, p. 329 - 332, 2000.

GAUGHAN, J.B.; MADER, T. L; HOLT, S. M.; LISLE, A. A new heat load index for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 1, p. 226–234, 2008.

GAY, S. W. **Bedded-pack Dairy Barns**. Virginia Cooperative Extension, p. 442-124, 2009.

GOOCH, C.A.; TIMMONS, M. Natural or Tunnel Ventilation of Freestall Structures: What is Right for Your Dairy Facility?. Department of Biological and Environmental Engineering. PRO-DAIRY PROGRAM, Cornell University July, 2001.

GRAJALES, M. G. A.; COLO, R. A. V. Efecto del acceso a sombra artificial durante el periodo seco sobre el desempeño de vacas holstein. 2017. 47 p. **Tese (Doctor en Ciencias Veterinarias/Producción Animal)** - UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA FACULTAD DE VETERINARIA, Montevideo, Uruguay, 2017.

GWAZDAUSKAS, F.; LINEWEAVER, J.; MCGILLIARD, M. Environmental and management factors affecting estrus activity in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 66, n. 7, p. 1510-1514, 1983.

HAHN, G. L.; MADER, T. L. Heat waves in relation of thermoregulation, feeding behavior, and mortality of feedlot cattle. In: International Livestock Environment Symposium, 5., Minnesota, 1997. **Proceedings**. St. Joseph: ASAE, p.125-129, 1997.

HANSEN, P. J. Embryonic mortality in cattle from the embryo's perspective. **Journal Animal Science**, v. 80, n. 2, p. 33-44, 2003.

HEAD, H. H. Manejo de animais em sistema de estabulação livre visando maximizar conforto e produção. In: Moura, A. C. (ed.) **Congresso Brasileiro de Gado Leiteiro - Conceitos Modernos de Exploração Leiteira**. FEALQ, Piracicaba, 1996.

HOLTZ, W.; MEINHARDT, H. Determination of oestrus in cattle. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 28, p. 315-341, 1993.

JANNI, K. A.; ENDRES, M. I.; RENEAU, J. K.; SCHOPER, W. Compost dairy barn layout and management recommendations. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 23, n. 1, p. 97-102, 2007.

JORDAN E. R; SWANSON L.V. Serum progesterone and luteinizing hormone in dairy cattle fed varying levels of crude protein. **Journal of Animal Science**, v. 48, n. 5, p. 1154–1158, 1979.

KAUFMAN, J. D.; SAXTON, A. M.; RÍUS, A. G. Relationships among temperature-humidity index with rectal, udder surface, and vaginal temperatures in lactating dairy cows experiencing heat stress. **Journal of dairy science**, v. 101, n. 7, p. 6424 - 6429, 2018.

KEREN, E. N.; OLSON, B. E. Thermal balance of cattle grazing winter range: Model application. **Journal Animal Science**, v. 84, p. 1238-1247, 2006.

LAMB, G.C.; MERCADANTE, V.R. Synchronization and artificial insemination strategies in beef cattle. **Vet. Clin. Food Anim**, v. 32, n. 2, p. 335–347, 2016.

LESO, L.; BARBARI, M.; LOPES, M.A.; DAMASCENO, F.A.; GALAMA, P.; TARABA, J.L; KUIPERS, A. Invited review: Compost-bedded pack barns for dairy cows. **Journal Dairy Science**, v. 103, n. 2, p. 1072–1099, 2020.

LESO, L.; UBERTI, M.; MORSHED, W.; BARBARI, M. A. survey of Italian compost dairy barns. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 44, n. 3, p. e17, 2013.

LÍLIDO, N.; RAMÍREZ, I. La bioestimulación femenina en el ganado bovino 80 LA BIOESTIMULACIÓN FEMENINA EN EL GANADO BOVINO. Universidad de Los Andes-Trujillo. **Mundo Pecuario**, v 4, n 2, p. 80-86, 2008.

LLEWELYN, C.; MUNRO, C.; LUCKINS, A.; JORDT, T.; MURRAY, M.; LORENZINI, E. Behavioural and ovarian changes during the oestrous cycle in the boran (*Bos indicus*). **British Veterinary Journal**, v. 143, n. 1, p. 75-82, 1998.



LONERAGAN, G. H.; WAGNER, J. J.; GOULD, D. H; GARRY, F. B.; THOREN, M. A. Effects of water sulfate concentration on performance, water intake, and carcass characteristics of feedlot steers. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 12, p. 2941-2948, 2001.

LOPEZ, H.; SATTER, L. D.; WILTBANK, M. C. Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. **Animal Reproduction Science**, v. 81, n. 3 – 4, p. 209–223, 2004.

LOPEZ-GATIUS, F.; SANTOLARIA, P.; MUNDET, I.; YANIZ, J.L. Walking activity at estrus and subsequent fertility in dairy cows. **Theriogenology**, v. 63, n. 5, p. 1419 – 1429, 2005.

LUCY, M. C. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: Where will it end?. **Journal of dairy science**, v. 84, n. 6, p. 1277 - 1293, 2001.

MADER, T. L.; DAHLQUIST, J. M.; HAHN, G. L.; GAUGHAN, J. B. Shade and wind barrier effects on summer-time feedlot cattle performance. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 8, p. 2065-2072. 1999.

MADUREIRA, A. M. L.; SILPER, B. F.; BURNETT, T. A.; POLSKY, L. B.; CRUPPE, L. H.; VASCONCELOS, J. L. M; CERRI, R. L. A. Factors affecting expression of estrus measured by activity monitors and conception risk of lactating dairy cows. **Journal Dairy Science**, v. 98, n. 10, p. 7003 – 7014, 2015.

MATTHEW, C. CELO: Biología básica y mejoramiento de la detección. **Taurus**, v. 11, n. 43, p. 15-27, 2009.

MATTOS, W. R. S. Sistemas de estabulação livre para bovinos. **Simpósio sobre pecuária leiteira**, v. 1, p. 123-139, 1977.

MELLENDEZ, P.; BARTOLOMÉ, J. Avances sobre nutrición y fertilidad en ganado lechero: Revisión. Universidad nacional de la Pampa Argentina, 11 2016.

MEYER, U. M.; EVERINGHOFF, D.; GÄDEKEN, G. F. Investigations on the water intake of lactating cows. **Livestock Production Science**, v. 90, n. 2-3, p. 117-121, 2004.

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. 1, p. e2308 - e2308, 2020.

NEBEL, R. L. Detección de celo y momento de inseminación artificial. **Memorias de las Sextas Jornadas Taurus de Reproducción Bovina**, v. 13, p. 16-23, 2013.

NEBEL, R. L.; JOBST, S. M.; DRANSFIELD, M. B. G.; PANDOLFI, S. M.; BAILEY, T. L. Use of radio frequency data communication system, HeatWatch®, to describe behavioral estrus in dairy cattle. **Journal Animal Science**, v. 80, n. 1, p. 179, 1997.

NOVAES, L. P. Confinamento para bovinos Leiteiros. **In: Peixoto et. al. Bovino cultura Leiteira; Fundamentos da Exploração Racional**. Piracicaba: FEALQ, 171 – 297, 1993.

NRC, National Research Council. Effect of environment on nutrient requirement of domestic animals. National Academy Press. Washington DC, USA, 1981.

NRC. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. **7th rev. ed. National Academies Press**, Washington, DC, 2001.

PEREIRA, E. S.; PIMENTEL, P. G.; QUEIROZ, A. C.; MIZUBUTI, I. Y. Novilhas leiteiras. **Graphiti Gráfica e Editora Ltda**, Fortaleza, Ceará. 2010.

PHILLIPS, C. J. C.; SCHOFIELD, S. A. The effect of cubicle and straw yard housing on the behaviour, production and hoof health of dairy cows. **Animal Welfare**, v. 3, n. 1, p. 37 – 44, 1994.

PIRES, M. F.; ALVES, N. G.; SILVA FILHO, J. M.; CAMARGO, L. S. A.; VERNEQUE, R. S. Comportamento de vacas da raça Gir (*Bos taurus indicus*) em estro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 55, n. 2, p. 187-196, 2003.

PLASSE, D.; WARNICK, A.; KOGER, M. Reproductive behavior of *Bos indicus* females in a subtropical environment. Part IV. Length of estrous cycle, duration of estrus, time of ovulation, fertilization and embryo survival in grade Brahman heifers. **Journal of Animal Science**, v 30, n. 1, p. 63-72, 1997.

POLSKY, L. B.; MADUREIRA, A. M. L.; FILHO, E. L. D.; SORIANO, S.; SICA, A. F.; VASCONCELOS, J. L. M.; CERRI, R. L. A. Association between ambient temperature and humidity, vaginal temperature, and automatic activity monitoring on induced estrus in lactating cows. **Journal Dairy Science**, v. 100, n. 10, p. 8590 – 8601, 2017.

PRYCE, J.E.; ROYAL, M.D.; GARNSWORTHY, P.C.; MAO, I.L. Fertility in the high-producing dairy cow. **Livestock Production Science**, v. 86, n. 1 – 3, p. 125–135, 2004.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>, 2019.

RABELO E.M. Manual técnico de construção e manejo de *Compost Barn* para vacas leiteiras. Universidade Federal de Viçosa, 2019.

RENAUDEAU D. Effects of short-term exposure to high ambient temperature and relative humidity on thermoregulatory responses of European (Large White) and Caribbean (Creole) restrictively-fed growing pigs. **Animal Research**, v. 54, n. 2, p. 81-93. 2005.

REZELMAN, J. A. History of Barns. **The crooked lake review**, 1993.

ROCHE J. R.; FRIGGENS, N. C.; KAY, J. K.; FISHER, M. W.; STAFFORD, K. J.; BERRY, D. P. Invited review: body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 12, p. 5769–5801, 2009.

ROCHE, J. R.; BURKE, C. R.; MEIER, S.; WALKER, C. G. Nutrition× reproduction interaction in pasture-based systems: is nutrition a factor in reproductive failure? **Animal Production Science**, v 51, n. 12, p. 1045-1066, 2011.

ROELOFS, J.B.; LÓPEZ-GATIUS, F.; HUNTER, R.H.F; VAN EERDENBURG, F.J.C.M; HANZEN, C. When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. **Theriogenology**, v. 74, n. 3, p. 327 - 344, 2010.

ROELOFS, J.B.; VAN EERDENBURG, F.J.C.M.; SOEDE, N.M.; KEMP, B. Various behavioral signs of estrus and their relationship with time of ovulation in dairy cattle. **Theriogenology**, v. 63, n. 5, p. 1366 - 1377, 2005.

ROTH, Z.; WOLFENSON, D. Comparing the effects of heat stress and mastitis on ovarian function in lactating cows: basic and applied aspects. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 56, p. S218 - S227, 2016.

SAINT-DIZIER, M.; CHASTANT-MAILLARD, S. Towards an automated detection of oestrus in dairy cattle. **Reproduction domestic animal**, v. 47, n. 6, p. 1056–1061, 2012.

SAKAGUCHI, M. “Practical aspects of the fertility of dairy cattle”. **Journal Reproduction Development**, v. 57, n. 1, p.17–33, 2011.

SANTOS, C.A.D.; LANDIM, N.M.D.; ARAÚJO, H.X.D.; PAIM, T.D.P. Sistemas Automatizados de Detección de Estro y Parto en Ganado Lechero. **Ingeniería Agrícola**, v 4, n. 2, 475-482, 2022.

SARTORI, R.; BASTOS, M.R.; BARUSELLI, P.S.; GIMENES, L.U.; ERENO, R.L.; BARROS, C.M. Physiological differences and implications to reproductive management of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle in a tropical environment. **Society of Reproduction and Fertility Supplement**, v. 67, p. 357 - 375, 2010.

SCHÜLLER, L. K.; BURFEIND, O.; HEUWIESER, W. Impact of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different temperature-humidity index thresholds, periods relative to breeding, and heat load indices. **Theriogenology**, v. 81, n. 8, p. 1050 – 1057, 2014.

SCHÜLLER, L. K.; MICHAELIS, I.; HEUWIESER, W. Impact of heat stress on estrus expression and follicle size in estrus under field conditions in dairy cows. **Theriogenology**, v. 102, p. 48 – 53, 2017.

SCOTT, T.A.; SHAVER, R.D.; ZEPEDA, L.; YANDELL, B.; SMITH, T. R. Effects of rumen-inert fat on lactation, reproduction, and health of high producing Holstein herds. **Journal of Dairy Science**, v 78, n. 11, p. 2435–2451, 1995.

SENGER PL. The estrus detection problem: new concepts, technologies, and possibilities. **Journal of Dairy Science**, v. 77, n. 9, p. 2745-2753, 1994.

SEPÚLVEDA, N.; RODERO, E. Comportamiento sexual durante el estro en vacas lecheras. **Interciencia**, v. 28, n. 9, p. 500-503, 2003.

SILPER, B.F.; MADUREIRA, A.M.L.; KAUR, M.; BURNETT, T.A.; CERRI, R.L.A. Short communication: Comparison of estrus characteristics in Holstein heifers by 2 activity monitoring systems. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 5, p. 3158-3165, 2015.

SILVA FILHO, M.L.; FERREIRA-SILVA, J.C.; VIEIRA, J.I.T.; BASTO, S.R.L.; CHAVES, M.S.; LUZ, J.B.; ALVES, S.K.; BARTOLOMEU, C.C; OLIVEIRA, M.A.L. Influencia del efecto macho sobre la dinámica folicular y la tasa de preñez en vacas lactantes sometidas a inseminación artificial a tiempo fijo. **Ciencias Ganaderas**, v. 240, n. 104148, p. 1871-1413, 2020.

SILVA, S. Comportamento e bem - estar de animais: a importância do manejo adequado para os animais de produção. Viçosa, MG: **Aprenda Fácil**, p 310., 2016.

SIMÕES, G. H. Avaliação de estresse térmico em vacas de leite em Free Stall sob diferentes condições de climatização. 2014. 77 p. **Tese (Mestre em Saúde Animal/Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal)** - Universidade Federal Do Paraná, Palotina, 2014.

SOUTO, P. F. M. P.; PIRES, T. F.; NASCIMENTO, P. S.; SILVA, J. C. F.; MOURA, M. T.; SILVA FILHO, M. L.; BARTOLOMEU, C.C.; OLIVEIRA, M. A. L. Reproductive efficiency of nellore (*Bos indicus*) cows subject to both FTAI and homeopathic supplementation. **Bioscience Journal**, v. 35, n. 1, p. 251 - 259, 2019.

TRIMBERGER, G.W. Breeding efficiency in dairy cattle from artificial insemination at various intervals before and after ovulation, Res. Bull. **Nebraska Agricultural Exp**, v.117, p. 26, 153, 1948.

VAILES, L.D.; BRITT, J.H. Influence of footing surface on mounting and other sexual behaviors of estrual Holstein cows. **Journal Dairy Science**, v. 68, n. 8, p. 2333-2336, 1990.

VAN EERDENBURG, F. J. C. M. "Detección de celo en vacas lecheras: como vencer a un toro." p. 69 - 83, 2018.

VILLADIEGO F.A.C.; PEREIRA J.V.; GUIMARÃES J.D.; COSTA E.P.; MARCONDES M.I.; LEON V.E.G.; MAITAN P.P.; NOGUEIRA A.R. [Productive and reproductive parameters of dairy cows in free stall.] Parâmetros reprodutivos e produtivos em vacas leiteira de manejo free stall. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 55-61, 2016.

WALKER, S.L.; SMITH, R.F.; JONES, D.N; ROUTLY, J.E.; MORRIS, M.J.; DOBSON, H. Lameness, activity time budget, and estrus express in Dairy cattle. **Journal Dairy Science**, v. 91, n. 12, p. 4552 - 4559, 2008.

WANG, X.; GAO, H.; GEBREMEDHIN, K. G.; BJERG, B. S.; VAN OS, J.; TUCKER, C. B.; ZHANG G. A predictive model of equivalent temperature index for dairy cattle (ETIC). **Journal Thermal Biology**, v. 76, p. 165 – 170, 2018.

WANGLER, A.; MEYER, A.; REHBOCK, F.; SANFTLEBEN, P. How efficient is activity measurement as a tool in heat detection in dairy cattle? **Breeding customer**, v. 77, p. 110–127, 2005.

WEBSTER, J. "Understanding the dairy cow". **Blackwell scientific publications** p. 312-325, 1993.

WESTWOOD, C.T.; LEAN, I. J.; GARVIN, J. K.; WYNN, P. C. Effects of genetic merit and varying dietary protein degradability on lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 12, p. 2926–2940, 2000.

WILTBANK, M.; LOPEZ, H.; SARTORI, R.; SANGSRITAVONG, S.; GUMEN, A. Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. **Theriogenology**, v. 65, n. 1, 17–29, 2006.

**Anexo 1** - Planilha utilizada para identificação do animal ativo e passivo e dos comportamentos característicos do estro.

Registro para anotações de ações características do comportamento sexual						
Data	Hora	Vaca ativa		Vaca passiva		Observações adicionais
		Número	Comportamento	Número	Comportamento	

**Anexo 2** - Modelo de planilha para avaliação do teor de umidade da cama pelo método de determinação da matéria seca.

Localização dentro do galpão	Umidade da cama (Frequência 15/15 dias)						
	Data de coleta da amostra			Diferença (g)	%MS	Umidade (%)	Umidade média (%)
	Horário de coleta da amostra						
Localização do lote		Peso inicial (g)	Peso final (g)				
L1	Lado direito						
	Lado centro						
	Lado esquerdo						
L2	Lado direito						
	Lado centro						
	Lado esquerdo						



