

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**IMPACTO DO ESTRESSE TÉRMICO NA REPRODUÇÃO DE
VACAS LEITEIRAS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Mylla Gonçalves Peruquetti

Orientador: Profº Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira

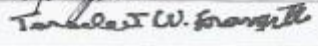
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal,
como parte das exigências para graduação em
Zootecnia.

**JABOTICABAL – SP
1º Semestre/2021**

P471i	Peruquetti, Mylla Gonçalves Impacto do estresse térmico na reprodução de vacas leiteiras : revisão bibliográfica / Mylla Gonçalves Peruquetti. -- Jaboticabal, 2021 47 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: Mauro Dal Secco de Oliveira 1. Bovino. 2. Calor. 3. Estro. 4. Manejo nutricional. 5. Temperatura corporal. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos
pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

unesp	UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA CÂMPUS DE JABOTICABAL	
DEPARTAMENTO:	Zootecnia	
CERTIFICADO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO		
TÍTULO:	IMPACTO DO ESTRESSE TÉRMICO NA REPRODUÇÃO DE VACAS LEITEIRAS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
ACADÊMICO:	Mylla Gonçalves Peruquetti	
CURSO:	Zootecnia	
ORIENTADOR (ES):	Prof. Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira	
PERÍODO:	Semestre 1º	Ano 2021
Aprovado com conceito:	A ☒ B ☐ C ☐	
Este trabalho é recomendado para compor a base de dados CAPELO.	☒ Sim ☐ Não	
Reprovado:	☐	
BANCA EXAMINADORA:		
	(Nomes)	(Assinaturas)
Presidente	Prof Dr Mauro Dal Secco de Oliveira	
Membro	Tarsila Junqueira Witkowski Frangetto	
Membro	Caio de Souza Teixeira	
Jaboticabal 15 / 07 / 2021		
Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: / /		
 Chefe do Departamento Prof. Dr. José Márcio Barreto Duarte Chefe do Departamento de Zootecnia Matrícula n. 41312-9		

Dedico

À Deus, que sempre me ajudou na horas
mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Maria Alice, por todo apoio e o amor incondicional e por ser uma mãe tão dedicada, espero algum dia encher você de orgulho, assim como tenho muito orgulho de ser sua filha. Aos meus avós, José e Laura, por todo incentivo ao longo da minha graduação. O apoio de vocês e incentivo para estudar me trouxeram até aqui.

À meu orientador Prof. Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira, por aceitar ser meu orientador nessa etapa importante.

À UNESP Jaboticabal, por todos esses anos de aprendizado, amizades feitas, professores excepcionais e experiências profissionais tão importantes. Os laços que essa instituição me proporcionou ajudaram muito para a formação do meu caráter.

Aos meus amigos, Bruno, Everaldo e Guilherme por me acolher e me deixar fazer parte da vida de vocês. Hoje temos nossas histórias, nossas lembranças, que eu guardo com tanto carinho. Vocês foram importantes por me ouvirem, me darem conselhos, me fazerem rir e dividirem a vida de vocês comigo.

À todas as outras pessoas que direta ou indiretamente colaboraram com meu crescimento e formação.

À Deus, sempre presente, aquele que me concede forças para vencer os obstáculos da vida

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
3. REVISÃO DA LITERATURA	4
3.1. DEFINIÇÃO E PARTICULARIDADES DO ESTRESSE TÉRMICO.....	4
3.2. O ESTRESSE TÉRMICO E OS BOVINOS.....	5
3.2.1. <i>Sinais clínicos do estresse térmico.....</i>	<i>5</i>
3.2.2. <i>Efeitos do estresse térmico na reprodução</i>	<i>5</i>
3.2.3. <i>Formas de reduzir o estresse térmico.....</i>	<i>6</i>
3.3. ASPECTOS GERAIS DO ESTRESSE TÉRMICO E A REPRODUÇÃO	7
3.4. ASPECTOS FISIOLÓGICOS DO ESTRESSE NA REPRODUÇÃO DE VACAS LEITEIRAS.....	13
3.4.1. <i>Influência do estresse térmico no estro.....</i>	<i>13</i>
3.4.2. <i>Influência do estresse térmico no eixo hipotálamo-hipófise-ovário.....</i>	<i>14</i>
3.4.3. <i>Efeito do estresse térmico no desenvolvimento folicular</i>	<i>15</i>
3.4.4. <i>Efeito do estresse térmico no embrião.....</i>	<i>15</i>
3.4.5. <i>Efeito do estresse térmico no balanço energético da vaca leiteira</i>	<i>16</i>
3.4.6. <i>Inibição da secreção de hormônios reprodutivos pela ativação do eixo HHA (hipotálamo-pituitária-adrenal) e disfunção ovariana.....</i>	<i>18</i>
3.4.7. <i>Alterações na duração do ciclo estral e no comportamento estral.....</i>	<i>20</i>
3.4.8. <i>Efeitos estresse calórico no desempenho reprodutivo de machos.....</i>	<i>22</i>
3.4.9. <i>Implicações no desenvolvimento embrionário e na gestação.....</i>	<i>24</i>
3.4.10. <i>Redução dos efeitos negativos do estresse térmico na reprodução</i>	<i>25</i>
3.5. MÉTODOS DE ATENUAÇÃO DO ESTRESSE CALÓRICO E SOLUÇÕES PARA A REPRODUÇÃO.	25
3.5.1. <i>Planejamento das instalações</i>	<i>25</i>

3.5.2. Ventilação forçada nas horas mais quentes do dia associada a banhos por aspersão e outros sistemas de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE).....	26
3.5.3. O sombreamento	28
3.5.4. Suplementação com betacaroteno.....	28
3.5.5. Uso dos antioxidantes glutathione, taurina e vitamina E	29
3.5.6. Inseminação Artificial em Horários pré-estabelecidos e uso de monta natural por curtos períodos	30
3.5.7. Transferência de embriões in natura ou criopreservados	30
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
5. RESUMO	35
6. SUMMARY	36
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 THI, temperatura corporal das vacas e porcentagem de vacas com 39,1°C às 8, 12, 16 e 20h.....	11
Tabela 2 Dados de intervalo entre partos e idade ao primeiro parto em animais com diferentes frações Holandês X Guzerá, em nível alto e baixo de manejo.	17
Tabela 3 Durações de cio em sistemas de cio induzido e natural em novilhas europeias no verão e no inverno.....	21
Tabela 4 Resultados da ventilação forçada associada a banhos por aspersão em vacas de Holstein em Israel para rendimentos reprodutivos.	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Produção de leite na lactação e intervalo de partos de acordo com o mês de parição.....	12
Figura 2 Os desníveis hormonais provocados pelo estresse calórico nos eixos HHA e HHG e suas implicações (MONTALDO et al., 2010).....	20

1. INTRODUÇÃO

Uma das maiores preocupações de produtores de leite em países tropicais como o Brasil, é o efeito do estresse térmico em vacas leiteiras de alta produção, que influencia negativamente o bem-estar e a produtividade desses animais, além de causar perdas econômicas diretas, pela queda na produção e pela qualidade do leite (LORENÇO, 2019).

O conhecimento da interação entre os animais e o ambiente térmico que os rodeia é fundamental para maximizarmos os *out puts* (produção) das vacas leiteiras. O ambiente térmico é determinado pelo clima da região, e neste encontram-se vários fatores, tais como a temperatura, a umidade relativa do ar, a radiação solar e a velocidade do ar. Com frequência e em resultado de vários fatores, as vacas estão sujeitas a estresse térmico (MARTELLO, 2006).

O estresse calórico, especialmente nas regiões tropicais, consiste em uma importante fonte de perda econômica na pecuária, tendo efeito adverso sobre a produção de leite, produção de carne, fisiologia da produção, reprodução, mortalidade de bezerros e

saúde do úbere. O estresse calórico é um típico problema encontrado no manejo de vacas leiteiras nos trópicos e sub-trópicos, causando reduções na produção e mudanças na composição do leite, redução na ingestão de alimentos e aumento na ingestão de água (MELO, 2016).

Em relação aos danos à eficiência reprodutiva, alguns autores citam que a duração do cio de vacas leiteiras é de aproximadamente 14 horas, podendo reduzir para 8 horas em períodos mais quentes, além de reduzir o número de aceitação de montas, impactando na taxa de serviço. O estresse calórico tem efeito negativo sobre a qualidade oocitária, reduzindo as taxas de fecundação, viabilidade e desenvolvimento embrionário. Ocorre, então, queda na taxa de prenhez (REHAGRO, 2018).

2. OBJETIVO

A presente revisão de literatura teve como objetivo verificar a influência do estresse térmico e suas implicações sobre o desempenho de vacas leiteiras, principalmente em relação à reprodução.

3.REVISÃO DA LITERATURA

Foi realizada uma revisão de literatura a fim de verificar a influência de diversos fatores e aspectos relacionados com o estresse térmico e aspectos reprodutivos de vacas leiteiras em lactação, resultando na alteração ou não dos índices zootécnicos reprodutivos, além dos aspectos econômicos.

Foram utilizadas informações de revistas especializadas de produção animal (nacionais e internacionais), de revistas de divulgação, de sites, boletins técnicos, teses, dissertações, congressos e de livros especializados em pecuária leiteira.

3.1. Definição e particularidades do estresse térmico

O estresse calórico é definido como a força exercida pelos componentes do ambiente térmico sobre um organismo, causando nela uma reação fisiológica proporcional a intensidade da força aplicada, ou até maior e a capacidade do organismo em compensar os desvios causados pela força (REHAGRO, 2018 b).

3.2.O estresse térmico e os bovinos

3.2.1. Sinais clínicos do estresse térmico

O primeiro mecanismo que o organismo ativa para que ocorra a perda do calor é a vasodilatação, seguido da sudorese e a respiração. O primeiro sinal evidente é o aumento da frequência respiratória e ocorre o aumento da temperatura retal. Quando há a elevação da temperatura corpórea o organismo reage para tentar eliminar o excesso de calor, aumentando a frequência respiratória e a sudorese. Animais estressados reduzem o número de refeições diárias e o consumo de matéria seca por refeição, e aumentam o consumo de água nas horas mais quentes do dia. Os sinais do estresse térmico são de fácil percepção, desse modo é notável o reconhecimento das alterações fisiológicas e comportamentais dos animais estressados (CRUZ, 2011).

3.2.2.Efeitos do estresse térmico na reprodução

As condições ambientais podem interferir no bem-estar animal, como altas temperaturas e umidade elevada, provocando estresse pelo calor e em consequência comprometendo a reprodução, uma vez que a reprodução é bastante susceptível ao estresse térmico, gerando casos de subfertilidade e até mesmo de infertilidade (FERRO et al, 2010).

Quando uma vaca entra em estresse ocorre diminuição na expressão do cio, além de comprometer a maturação dos folículos e ovulação, pode ocorrer menor manifestação de estro, baixa taxa de concepção, abortos e mortalidade embrionária (FERRO et al, 2010).

Se exposta a uma alta intensidade de calor, a fêmea pode ter seu comportamento sexual reduzido. Uma vaca possui estro com duração de aproximadamente 14 a 18 horas durante o período frio, já em períodos quentes possui duração de 8 a 10 horas, com a

duração do estro diminuída ocorre uma maior dificuldade na detecção do cio. Há maior incidência de cio silencioso e anestro, que ocorre devido a uma diminuição na concentração plasmática de estradiol durante o proestro, causada pelo estresse térmico. Portanto, em altas temperaturas ocorre a redução do número de inseminações e o aumento proporcional de inseminações que não resultarão em uma prenhez (MORELLI, 2009).

Nos meses mais quentes do ano, com maiores efeitos de estresse térmico sobre as vacas, o índice de falha na detecção de estro chega a 75-80%, pois o calor reduz tanto a duração do estro quanto o número de montas. Ainda pode ocorrer a redução das taxas de concepção para 10% ou menos (CRUZ, 2011).

O estresse térmico tem como efeito imediato a diminuição do tamanho dos folículos dominantes e queda da dominância folicular, tendo como consequência um maior número de folículos de tamanho médio e atraso na regressão dos folículos subordinados em uma onda folicular. Isso ocorre devido às alterações na secreção do Hormônio Folículo-estimulante (FSH), inibina (hormônio inibidor de FSH) e à baixa concentração plasmática de estradiol, o que leva a uma maior proporção de partos gemelares no verão (MORELLI, 2009).

3.2.3. Formas de reduzir o estresse térmico

Existem estratégias eficazes para diminuir os efeitos do estresse térmico, elas são divididas em modificações físicas do ambiente, como obtenção de sombra, ventilação suplementar no verão; desenvolvimento genético de raças mais tolerantes ao calor; ajuste nutricional, em períodos quentes a dieta deve ser fria e assim diminuir o incremento calórico proveniente da fermentação e metabolismo dos alimentos. Pastagens tenras, silagem

com alto conteúdo de grãos e concentrados ricos em gordura, encaixam-se nessa categoria. Sempre manter água de boa qualidade à disposição dos animais, são práticas nutricionais fundamentais para se minimizar os efeitos do estresse calórico (MELO, 2016).

3.3. Aspectos gerais do estresse térmico e a reprodução

Vacas apresentam elevação de temperatura corporal, pois não são capazes de eliminar de forma eficiente o calor produzido em seu organismo para o ambiente. A seleção para produção de leite, por reduzir a capacidade de termo regulação da vaca leiteira, pode aumentar ainda mais a suscetibilidade das vacas leiteiras ao estresse térmico e diminuir a produção de leite e a eficiência reprodutiva durante o verão (GUIDA, 2011).

Vacas de alta produção de leite geram mais calor que as de baixa produção, e os efeitos do estresse calórico se intensificam conforme aumenta a produção de leite, principalmente quando há altas temperaturas ambientais (KADZERE et al., 2002). Isso significa que à medida que aumentam a produção de leite (por seleção genética, melhores práticas nutricionais, etc.), as vacas se tornam mais suscetíveis ao estresse calórico. Muito se discute sobre a menor fertilidade atual da vaca leiteira em comparação a níveis 20 ou 30 anos atrás. Parte deste declínio pode ser atribuída à maior suscetibilidade ao estresse calórico. Existe um efeito aditivo negativo entre estresse térmico e produção de leite (LUCY, 2001).

O desempenho reprodutivo dos animais é afetado por efeitos deletérios do estresse térmico no ovócito, na fertilização e no desenvolvimento embrionário inicial (POLSKY, 2017). Durante o verão, o estresse térmico reduz as taxas de concepção e prenhez e este efeito se mantém nos meses de outono (BERNABUCCI, 2010), uma vez que os ovócitos

obtidos de vacas leiteiras durante o estresse térmico do verão apresentam menor competência *in vitro* (FERREIRA, 2012). Vasconcelos & Demetrio (2011) observaram em vacas holandesas, redução no número de ovócitos que se desenvolviam até o estágio de blastocisto nos meses quentes em comparação aos meses mais frescos. Em ambos os estudos, a taxa de fertilização não foi afetada pela estação do ano, mas a menor taxa de desenvolvimento após a fertilização durante o verão é um indicativo de danos sofridos pelo ovócito. Quando novilhas doadoras superovuladas foram expostas a estresse térmico por 16 horas a partir da manifestação do estro, não houve efeito sobre a taxa de fertilização. Entretanto, o número de embriões normais recuperados no dia 7 após o estro reduziu (RENSIS; SCARAMUZZI, 2003), comprovando que mesmo um curto período de estresse térmico pode afetar a competência do ovócito no folículo pré-ovulatório.

Nos períodos próximos à ovulação até o terceiro dia do desenvolvimento embrionário, as vacas são muito susceptíveis ao estresse térmico e temperaturas elevadas reduzem a proporção de embriões que continuam em desenvolvimento (RENSIS; SCARAMUZZI, 2003).

Sartori et al. (2002) recuperaram embriões e ovócitos de vacas e novilhas holandesas no verão cinco dias após a ovulação e verificaram que a taxa de fertilização foi maior em novilhas (100,0%) que em vacas em lactação (55,3%) e que a qualidade dos embriões também foi maior nas novilhas(2,2) que em vacas em lactação (3,8). Quando compararam vacas lactantes e não-lactantes no inverno, a taxa de fertilização não diferiu, porém a qualidade embrionária foi maior em vacas não-lactantes, com valor de 2,2, enquanto naquelas em lactação foi de 3,1.

O estresse térmico afeta não só o ovócito e o embrião em fase inicial de desenvolvimento, mas também pode reduzir o crescimento embrionário até o dia 17, que é um

momento crítico para a produção embrionária de *interferon-tau* (sinal para bloquear a regressão do CL). Níveis adequados de *interferon-tau* são fundamentais para reduzir a secreção pulsátil de prostaglandina F₂, bloquear a regressão do corpo lúteo e manter a prenhez (SARTORI et al., 2002).

Garcia-Ispuerto et al. (2007) verificaram que a probabilidade de perda da prenhez aumenta 1,05 vez a cada unidade de aumento no THI (índice que associa temperatura e umidade) entre os dias 21–30 de gestação.

A transferência de embriões é uma estratégia utilizada para superar os efeitos do estresse térmico ocorridos no ovócito e no desenvolvimento embrionário inicial (VASCONCELOS; DEMETRIO 2011). Putney et al. (1989), em estudo para comparação da inseminação artificial à transferência embrionária no verão, realizaram a transferência de embriões frescos produzidos em novilhas para vacas holandesas em lactação que possuíam corpo lúteo e compararam a todas as vacas inseminadas. Esses autores observaram aumento da taxa de prenhez avaliada aos 45 dias, cujos valores foram de 13,5% nas vacas submetidas a inseminação artificial e de 29,2% naquelas submetidas a transferência embrionária, resultado este decorrente da diminuição da temperatura.

Ambrose et al. (1999) compararam embriões produzidos *in vitro* a partir de ovários frescos obtidos em abatedouro ou congelados-descongelados a embriões obtidos por inseminação artificial no verão. As vacas foram sincronizadas com o protocolo Ovsynch e aquelas com concentrações séricas de P4 d" 1,5 ng/mL no dia 0 foram comparadas àquelas com concentrações de e" 2,0 ng/Ml no dia 7. O uso de embriões frescos produzidos *in vivo* promoveu acréscimo da taxa de prenhez em relação à inseminação artificial, com valores de 17,5% para embriões a fresco, 6,1% para uso de embriões congelados-descongelados e 6,7% para inseminação artificial.

Jardina et al. (2008) avaliaram fatores que interferem na manutenção da prenhez em receptoras (n = 468) holandesas de alta produção de leite e detectaram interação ($P < 0,05$) entre produção de leite e temperatura retal, que foram agrupadas pela mediana. O número de vacas, a produção de leite, a temperatura retal, os dias em lactação (DEL), a concentração sérica de progesterona no dia da inovulação do embrião (d7), o diâmetro do corpo lúteo e prenhez foram, no grupo com menor produção de leite e menor temperatura retal, n = 128, 28,6 kg de leite/dia, 38,5 °C, 264 DEL, 3,03 ng/mL, CL 4,27 cm² e 42,2%; no grupo com menor produção de leite e maior temperatura retal, n = 105, 27,0 kg de leite/dia, 39,3°C, 292 DEL, 3,4 ng/mL, CL 3,9 cm² e 36,1%; no grupo com maior produção de leite e menor temperatura retal, n = 144, 42,2 kg de leite/dia, 38,4 °C, 138 DEL, 3,1 ng/mL, CL 4,6 cm² e 47,7%; e, no grupo com maior produção de leite e maior temperatura retal, n=91, 41,8 kg de leite/dia, 39,2 °C, 141 DEL, 3,3 ng/mL, CL 3,8 cm² e 38,4%, respectivamente. Esses resultados comprovam que vacas de maior produção de leite têm menor manutenção da gestação apenas quando com maior temperatura retal.

Em estudo sobre a ocorrência de estresse térmico em vacas de leite de alta produção na Região Sudeste do Brasil no período de outubro de 2010 a fevereiro de 2011, durante três dias, as vacas foram mantidas com um termômetro interno, do tipo Hobo®, acoplado a um implante intravaginal sem progesterona que determinava a temperatura retal a cada 5 minutos. A avaliação dos resultados foi feita de acordo com a temperatura do animal em momentos pré-definidos (Tabela 1) e o índice de temperatura e umidade (THI) utilizado foi $(F^{\circ} - 0,55 * (1 - UR/100) * F^{\circ} - 58)$, (VASCONCELOS; DEMETRIO, 2011).

Na maioria das regiões do Brasil, quase todos os dias de verão são quentes o bastante para comprometer a reprodução e reduzir a produção de leite. O índice mais comum para prever se as vacas estão sendo expostas a estresse calórico é calculado usando a

Temperatura ambiente e a umidade relativa (THI), (VASCONCELOS; DEMETRIO, 2011).

Tabela 1 THI, temperatura corporal das vacas e porcentagem de vacas com 39,1°C às 8, 12, 16 e 20h.

		São Paulo	Minas Gerais	Goiás	Paraná
Número fazendas/vacas		3/51	10/177	11/124	9/102
Horário					
8 h	Média THI	69,8 ± 2,05	69,8 ± 2,85	71,2 ± 6,97	67,6 ± 2,23
	Média T°C corporal	38,7 ± 0,33	38,6 ± 0,36	38,4 ± 0,52	38,4 ± 1,10
	% Vacas ≥ 39,1°C	19,5%	38,9%	3,5%	22,7%
12 h	Média THI	76,5 ± 2,16	76,2 ± 3,84	79,5 ± 3,75	73,6 ± 2,02
	Média T°C corporal	38,7 ± 0,35	38,9 ± 0,43	38,8 ± 0,84	38,6 ± 0,75
	% Vacas ≥ 39,1°C	36,6%	58,3%	34,5%	36,4%
16 h	Média THI	78,9 ± 1,39	77,6 ± 3,20	78,3 ± 3,73	74,8 ± 2,61
	Média T°C corporal	39,1 ± 0,42	39,3 ± 0,57	39,2 ± 0,89	38,9 ± 0,52
	% Vacas ≥ 39,1°C	73,2%	69,4%	72,4%	60,2%
20 h	Média THI	72,8 ± 2,56	72,7 ± 1,93	74,3 ± 2,31	71,3 ± 3,01
	Média T°C corporal	38,9 ± 0,37	39,2 ± 0,51	39,1 ± 0,56	38,8 ± 0,94
	% Vacas ≥ 39,1°C	65,9%	66,7%	89,7%	68,2%

Fonte: (VASCONCELOS; DEMETRIO, 2011).

*THI: Temperatura ambiente e a umidade relativa

O THI (tabela 1) representa apenas uma indicação do possível estresse calórico, pois a temperatura corporal da vaca depende também de outras variáveis ambientais além de temperatura ambiente e umidade relativa, especialmente da velocidade do vento e do índice de radiação solar. Além disso, fatores individuais das vacas determinam a magnitude de elevação da temperatura corporal durante o estresse calórico. A melhor maneira de determinar a magnitude do efeito do estresse calórico sobre as vacas é pela temperatura retal (VASCONCELOS; DEMETRIO, 2011).

Infere-se que uma vaca com temperatura retal de 39°C ou mais durante a tarde provavelmente está sofrendo efeitos do estresse calórico. A determinação da temperatura

retal do grupo de vacas durante a tarde pode ser uma método simples de obter uma avaliação bastante precisa do grau de estresse calórico e da eficácia dos sistemas de resfriamento incorporados às instalações (VASCONCELOS; DEMETRIO, 2011).

Segundo Vasconcelos e Demetrio (2011) a estratégia mais simples para amenizar os efeitos negativos do estresse calórico é aumentar a proporção de vacas parindo no outono/inverno, pois as mesmas entrarão na fase de periparto e início da lactação sob menor estresse calórico, o que aumenta a eficiência na produção de leite e a eficiência reprodutiva. Em uma fazenda no Paraná, vacas paridas entre março e setembro apresentaram maior produção de leite e menor intervalo de partos (Figura 1).

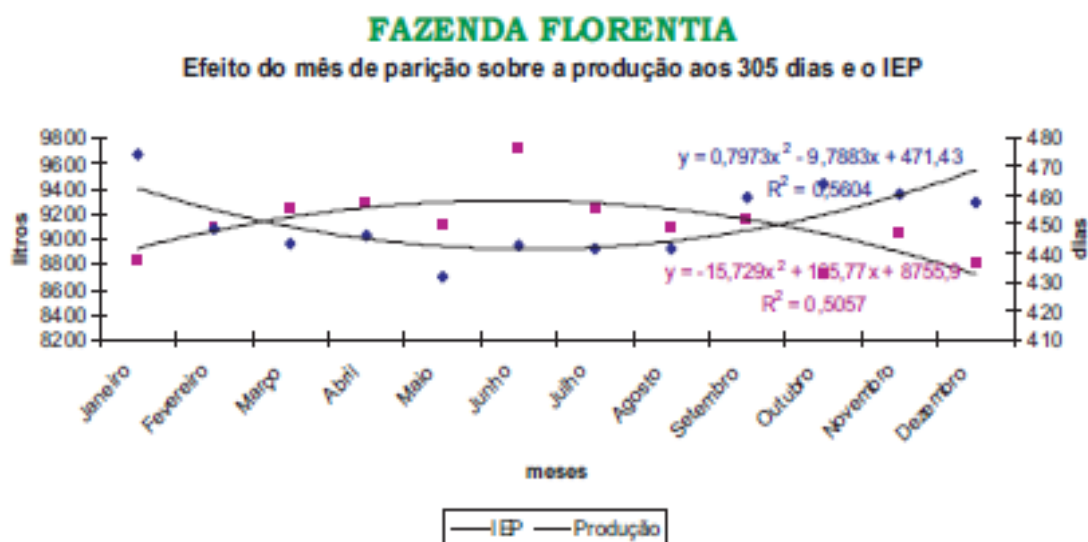


Figura 1 Produção de leite na lactação e intervalo de partos de acordo com o mês de parição.

Fonte: (VASCONCELOS; DEMETRIO, 2011).

As vacas com alta produtividade são mais sensíveis ao estresse calórico, devido ao metabolismo mais acelerado, induzir maior produção de calor metabólico, influenciando negativamente as taxas de concepção, por diminuir qualidade e viabilidade do oócito e do embrião nas fases iniciais de seu desenvolvimento (RICCI et al., 2013).

O estresse calórico, especialmente nas regiões tropicais, consiste em uma importante fonte de perda econômica na pecuária, tendo efeito adverso sobre a produção de leite, produção de carne, fisiologia da produção, reprodução, mortalidade de bezerros e saúde do úbere (ABREU, 2011).

As falhas reprodutivas em vacas de elevada produção são problemas recorrentes, tendo em vista que a maior produtividade associa-se ao aumento no metabolismo devido alta ingestão de matéria seca, por conseguinte gera acréscimo na temperatura corporal e dificulta a dissipação de calor, resultando em dificuldades na manutenção dos processos

A mortalidade embrionária é outro fator que contribui para a redução nas taxas de prenhez, pois quando exposto a altas temperaturas no útero e oviduto, estas induzem a disfunções no desenvolvimento embrionário, devido não ocorrer a produção por parte do embrião de fatores de reconhecimento como *interferon-tau*, bloqueando a produção de prostaglandinas e regressão do corpo lúteo (VASCONCELOS; DEMÉTRIO, 2011).

3.4. Aspectos fisiológicos do estresse na reprodução de vacas leiteiras

3.4.1. Influência do estresse térmico no estro

Segundo Wolfenson et al. (2000) a duração e intensidade do estro são diminuídas durante o estresse térmico, levando a maior dificuldade da detecção de cio, além do aumento na incidência de cio silencioso e anestro. Isso ocorre devido à redução na concentração plasmática de estradiol durante o proestro, causada pelo estresse térmico. Portanto, em altas temperaturas ocorre a redução do número de inseminações e o aumento proporcional de inseminações que não resultarão em uma prenhez.

3.4.2. Influência do estresse térmico no eixo hipotálamo-hipófise-ovário

Hipertermia pode alterar as funções ovarianas levando ao prejuízo de sua competência. Isso inclui alterações no desenvolvimento folicular como diminuição na dominância folicular, diminuição da esteroidogênese folicular e alterações na secreção de gonadotrofinas (WOLFENSON et al., 2000).

Badinga et al. (1993) demonstraram que a baixa concentração plasmática de esteroides, em vacas lactantes sob estresse térmico, ocorre devido à diminuição na atividade enzimática da aromatase nas células da granulosa e a uma baixa concentração de estradiol nos fluidos de folículos dominantes no oitavo dia do ciclo estral.

Redução na produção de androstenediona por células da teca também foi observado por Wolfenson et al. (1997), em células incubadas em altas temperaturas *in vitro* e em folículos coletados durante o inverno de vacas previamente expostas por 3 dias ao estresse térmico em uma câmara térmica.

O pulso de LH (hormônio luteinizante) bem como a onda pré-ovulatória de LH induzida por hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH) são afetadas pelo estresse térmico dependendo da concentração plasmática de estradiol. Em vacas sob estresse térmico crônico e com baixa concentração plasmática de estradiol foi observado a queda de LH pulsátil e na amplitude da onda pré-ovulatória de LH induzida por GnRH, nenhum desses efeitos ocorreram em vacas sob estresse térmico crônico com alta concentração plasmática de estradiol (HANSEN, 2007).

3.4.4. Efeito do estresse térmico no embrião

O ambiente uterino também sofre efeitos do estresse térmico, em vacas submetidas a estresse térmico há uma redução no fluxo sanguíneo uterino diminuindo a troca de calor e consequentemente aumentando a temperatura do meio uterino (GWAZDAUSKAS et al., 1981).

Essas mudanças inibem o desenvolvimento embrionário e impedem o sucesso de inseminações, além de aumentar a taxa de perda embrionária. Em um estudo realizado na Espanha observou-se que as vacas holandesas que ficaram prenhes durante o verão apresentaram 12,3% de perda embrionária em contraste com as que emprenharam no inverno e tiveram apenas 2,1% de perda (GARCÍA-ISPIERTO et al., 2007).

Embriões em fase inicial de desenvolvimento são mais susceptíveis aos efeitos do estresse térmico e vão ganhando resistência a esses efeitos conforme a gestação evolui. A maior proporção de perda embrionária ocorre antes do Dia 42 após fertilização em vacas sobre estresse térmico. Vacas expostas a estresse térmico no Dia 1 após estro tiveram menor desenvolvimento e viabilidade de embriões no Dia 7 (EALY et al., 1993).

Guzeloglu et al. (2001), observaram uma diminuição nas concentrações de estradiol, não sendo observado o mesmo comportamento para a progesterona, que teve suas concentrações aumentadas em condições de estresse térmico, o que pode ser explicado pela menor atividade da aromatase. Os níveis de progesterona no plasma podem ser aumentados ou diminuídos dependendo do tipo de estresse térmico (agudo ou crônico) e do estado metabólico do animal. Estas mudanças endócrinas reduzem a atividade folicular e alteram o mecanismo ovulatório, levando ao decréscimo na qualidade do oócito e do embrião, além de serem responsáveis pela manutenção da gestação (HANSEN, 2007).

Dessa forma, baixas concentrações de progesterona na circulação de vacas podem comprometer a função reprodutiva e causar baixa fertilidade. Isso tem sido reportado pelo fato de se alterar a dinâmica folicular ovariana pela persistência do folículo dominante (WOLFENSON et al., 2002), o que induz mudanças na morfologia uterina e na secreção de PGF2 α , reduzindo, assim, a probabilidade de implantação do embrião (RENSIS E SCARAMUZZI, 2003).

Essas alterações hormonais causam problemas reprodutivos, como puberdade tardia, ciclo estral irregular, cistos ovarianos, baixa taxa de ovulação, anestro e mortalidade embrionária, devido ao comprometimento da competência do oócito e à inibição do desenvolvimento embrionário (HANSEN, 2007).

3.4.5. Efeito do estresse térmico no balanço energético da vaca leiteira

O estresse térmico atua negativamente na fertilidade de vacas leiteiras direta e indiretamente, uma maneira indireta é a queda na ingestão de matéria seca (IMS) em vacas expostas ao estresse térmico (AZEVEDO, 2005). O prolongado período de balanço energético negativo é uma das principais causas do anestro pós-parto, a diminuição de IMS no verão torna esse fator ainda mais agravante. O balanço energético negativo em conjunto com a queda de IMS, causada pelo estresse térmico, leva à queda das concentrações plasmáticas de insulina, glicose e fator de crescimento do tipo insulina-1 (IGF-1) (MORELLI, 2009).

Insulina, IGF-1 e glicose são de extrema importância para o desenvolvimento folicular, implantação embrionária e qualidade do oócito, além disso, a concentração de glicose está diretamente envolvida com a modulação de secreção de LH, e severa hipoglicemia pode inibir a pulsatilidade de LH impedindo a ovulação (MORELLI, 2009).

Nos trópicos, nota-se uma relação entre pureza racial e ineficiência reprodutiva. Essa confirmação foi lembrada por Silva (2014) citando que mestiços Holandês X Guzerá, que tinham alto grau de sangue europeu, em condições tropicais, apresentaram menor desempenho nas características idade ao primeiro parto e intervalo de partos em níveis altos e baixos de manejo (Tabela 2).

Tabela 2 Dados de intervalo entre partos e idade ao primeiro parto em animais com diferentes frações Holandês X Guzerá, em nível alto e baixo de manejo.

Fração Holandês	Nível Alto de Manejo 1		Nível Baixo de Manejo	
	Idade do 1º Parto (Anos)	Intervalo Parto (meses)	Idade do 1º Parto (Anos)	Intervalo Parto (meses)
1/4	3,39	12,82	3,79	17,95
1/2	3,04	12,9	3,26	16,90
5/8	3,24	11,60	3,96	19,17
3/4	3,25	14,27	3,56	18,93
7/8	3,24	12,33	3,86	18,54
>31/32	3,24	15,25	2,26	19,20

Fonte: (SILVA, 2014)

O objetivo dos cruzamentos é a obtenção da heterose, que é a superioridade da média dos filhos em relação à dos pais (PEREIRA, 2000). Outra definição afirma que a Heterose “é o maior vigor geral que os descendentes de cruzamentos apresentam em relação à média das raças puras” (SILVA, 2014). Este processo biológico deve-se à contribuição da dominância e da epistasia. O seu grau, segundo Pereira (2000), depende dos níveis de heterozigose materna e individual, da distância genética entre as raças envolvidas, frequências gênicas das populações e características de interesse e de suas interações com o ambiente.

3.4.6. Inibição da secreção de hormônios reprodutivos pela ativação do eixo HHA (hipotálamo-pituitária-adrenal) e disfunção ovariana.

A ativação do eixo HHA durante o estresse calórico acarreta em um antagonismo entre os hormônios deste e do eixo hipotálamo-hipófise-gonadal (HHG) (LEITE, 2006). Leite (2006) cita os três níveis de inibição no eixo HHG pelo HHA: no hipotálamo com secreção de CRH inibindo a do hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH); na adeno-hipófise, suprimindo liberação de hormônio folículo estimulante (FSH) e hormônio luteinizante (LH); nas secreções de hormônios esteroides gonadais, pela inibição das secreções anteriores.

A supressão de hormônios gonadais, especialmente os ovarianos, em casos de estresse crônico se deve à baixa dos níveis de LH, insuficientes para a fase pré-ovulatória. Considerando que os folículos superiores a 4mm dependem de FSH para se desenvolverem, e os de diâmetro entre 7 e 9mm dependem mais de LH para o seu crescimento, chega-se à conclusão que a diminuição nas secreções FSH e de LH no proestro resultam em folículos menos desenvolvidos. Comparando os níveis de LH e FSH, os dos últimos são maiores que os do primeiro, consequência da pouca produção de inibina pelos folículo sem formação. Os folículos, pela supressão destas gonadotrofinas, são danificados, mas continuam crescendo. Dessa forma, um ou dois folículos se desenvolvem precariamente, não havendo a eleição de um folículo dominante, ocorrendo ovulação de oócitos subfértis (MANDELLA-OLIVEIRA et al., 2014).

Diante deste fato, a síntese de estrógenos pelas células da teca e da granulosa não ocorre em níveis desejados, principalmente o 17- β estradiol. A supressão de estradiol é uma das possíveis responsáveis pela falha na manifestação de comportamento de cio e pelo pico de LH insuficiente, prejudicando assim a ovulação e a formação de Corpo Lúteo (MANDELLA-OLIVEIRA et al., 2014).

Os desníveis de hormônios gonadotróficos produzidos pela hipófise (FSH alterado por pouca produção de inibina folicular e o pico de LH insuficiente devido à supressão de estradiol) provocam disfunção ovariana com a formação de cistos ovarianos pela inibição da luteinização. Estes cistos podem exceder a 2,5cm de diâmetro, são relativamente grandes, podendo ser luteínicos ou foliculares. Os primeiros têm uma fina borda de tecido luteínico e não ovulam, persistindo por muito tempo. Os segundos ciclam normalmente e até regridem alternadamente e também não ovulam. Há também os corpos lúteos císticos, que se desenvolvem após a ovulação, contendo estes, fluido na cavidade central e apresentando 0,5 a 1cm de diâmetro, e também produzem progesterona. Os cistos ovarianos podem provocar anestro e também ninfomania (MANDELLA-OLIVEIRA et al., 2014). Quanto aos níveis de progesterona, estes são reduzidos desde os folículos terciários, os quais possuem pequena quantidade do hormônio, passando esse efeito ao futuro Corpo Lúteo.

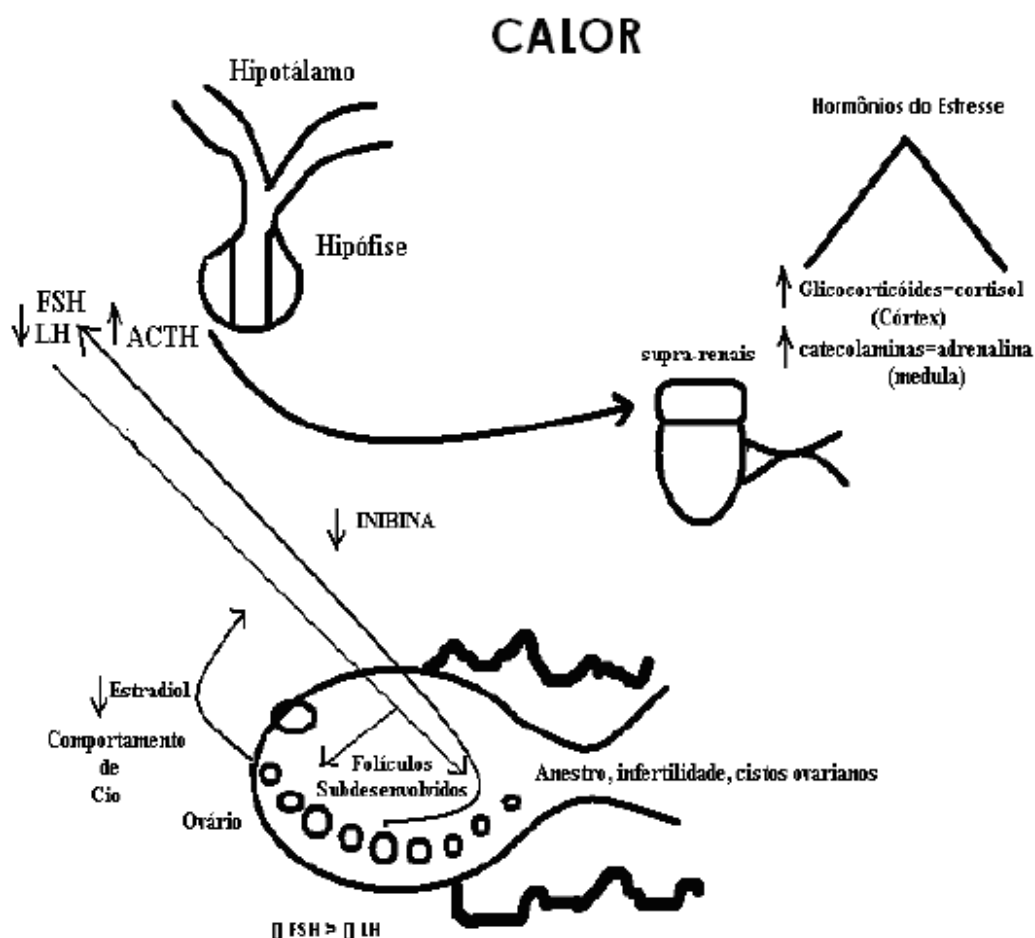


Figura 2 Os desníveis hormonais provocados pelo estresse calórico nos eixos HHA e HHG e suas implicações (MONTALDO et al., 2010)

FSH: Hormônio Folículo Estimulante

LH: Hormônio Luteinizante

ACTH: Hormônio Adenocorticotrófico

3.4.7. Alterações na duração do ciclo estral e no comportamento estral.

Como é conhecido, a fêmea bovina leiteira é poliéstrica não estacional, isto é, apresenta sinais de cio várias vezes ao ano, e a duração média do ciclo estral é de aproxima-

damente 21 dias com uma duração de cio de 12-18 horas. A temperatura é um fator altamente limitante para o ciclo estral, principalmente em exposições longas ao calor (HAFEZ; HAFEZ, 2004).

Roman Ponce (1978) afirmou que, sob estresse calórico, as vacas apresentam ciclos estrais largos e grande frequência de anestros como também ovulações silenciosas. Os baixos níveis de estradiol folicular, segundo Santos (2002), afetam a duração e a intensidade do cio. Afastando um pouco a supressão de estradiol como motivo da baixa intensidade de cio.

As novilhas, segundo relataram Pires et al.(2003), não apresentaram diferenças na duração de cio para o verão e o inverno. Em um experimento realizado com novilhas holandesas confinadas em “free-stall” em uma fazenda experimental da EMBRAPA realizou-se uma observação em cio induzido e natural durante 5 dias no verão e no inverno e constatou-se que as durações para os tipos de cio não apresentaram diferença para as duas estações. Isto comprova que as novilhas são muito mais resistentes à ação do calor do que as vacas em lactação, justamente porque não produzem ou estão na primeira lactação, não tendo alto metabolismo voltado ainda para produção, possuindo termogênese menos elevada. Notou-se, neste trabalho, só uma ligeira redução no número de montas, provavelmente atribuído ao fator da indisponibilidade física (Tabela 3).

Tabela 3 Durações de cio em sistemas de cio induzido e natural em novilhas europeias no verão e no inverno.

Estação	Cio Induzido			Cio Natural		
	Duração (h)	N-Montas	Montas (h)	Duração (h)	N-Montas	Montas (h)
Verão	12:48	50,20	4,00	15,58	31,00	2,42
Induzido	12:30	50,00	3,50	15,30	50,00	3,43

Fonte: (PIRES et al., 2003)

Os efeitos do estresse calórico na função uterina se dão pela insuficiência de aporte nutricional e hormonal devido ao baixo fluxo sanguíneo, que é direcionado à periferia do corpo, prejudicando assim a função do endométrio e do oviduto e também dificultando a dissipação de calor, o que favorece o aumento da temperatura uterina. A ação direta do calor, assim, desfavorece o ambiente para que possa haver fecundação (MONTALDO, 2010).

3.4.8. Efeitos estresse calórico no desempenho reprodutivo de machos

São caracterizados pela redução na libido, causada pela indisponibilidade física do animal em realizar a atividade sexual, pela supressão de LH dada pelo aumento de cortisol e também pelos efeitos na espermatogênese provocados pela insuficiência na termorregulação testicular, danificando as células germinativas (BERLITZ, 2019).

Para uma espermatogênese normal, a temperatura testicular deve apresentar um valor 2 a 6°C abaixo da temperatura corporal. Como os animais europeus, adaptados de regiões temperadas, têm uma termogênese muito alta, o aumento da temperatura corporal torna insuficiente o êxito na ação dos mecanismos termorreguladores. Com o aumento da temperatura do corpo, há um aumento proporcional também da temperatura dos testículos, a qual ultrapassa os limites ideais. A gravidade da degeneração testicular no touro vai depender do tempo no qual o animal foi submetido ao estresse. Uma temperatura testicular aumentada em 1 ou 2°C por 8 horas já causa um considerável efeito na espermatogênese (BERLITZ, 2019).

Os estágios da espermatogênese mais susceptíveis ao estresse por calor são os de espermatócitos e espermátides, não sendo muito afetados os estágios de espermatogônias,

os quais correspondem à etapa inicial, e os espermatozoides maduros (GABALDI; WOLF, 2002).

A morfologia espermática, por sua vez, desceu mais pontos percentuais do que a motilidade. O aparecimento de espermatozoides anormais deu-se, aproximadamente, pelo dia 12 do insulto térmico, alcançando um ápice no dia 18, persistindo ainda por mais tempo este efeito em relação à motilidade. A morfologia espermática parece ser mais afetada pelo calor que a motilidade. Quando do término deste estudo, incrivelmente, foi observado que a quantidade de espermatozoides anormais encontrava-se similar à situação de pré-estresse (GABALDI; WOLF, 2003).

A azoospermia (ausência de espermatozoides no ejaculado) é observada quando o insulto térmico é bastante severo, quando da agressão deste à espermatogônia. As células de Sertoli e de Leydig, as quais são responsáveis, a primeira, pela sustentação e produção de enzimas e estrógenos, a segunda, pela produção de testosterona, indispensável à espermatogênese, são bastante resistentes ao estresse térmico, tanto que, se este for em um curto espaço de tempo, caso haja atenuação do estresse, a volta da espermatogênese normal dar-se-á por 60 dias. Caso o estresse calórico seja crônico, não sendo possível a regeneração das células germinativas, o tecido danificado sofrerá uma fibrose ou calcinose, invalidando o animal. Geralmente, para uma melhora significativa na produção normal de espermatozoides, nos estudos realizados, há um tempo de 6 semanas. Em estresse prolongado, o retorno da espermatogênese às condições normais não é segurança de eficiência reprodutiva, visto que há aumento na mortalidade embrionária (GABALDI; WOLF, 2002).

3.4.9. Implicações no desenvolvimento embrionário e na gestação.

Em termos gerais, a fase de maior vulnerabilidade do embrião ante o estresse calórico, para o desencadeamento dos processos responsáveis pelo estabelecimento e manutenção da gestação é até 4-8 células, repercutindo esse efeito no desenvolvimento até o blastocisto. Não há, porém, efeito quando o estresse é incidido em fase de mórula (PIRES et al., 2003).

Do mesmo modo que o baixo fluxo sanguíneo para o útero decorrente do aumento de temperatura corporal prejudica a função do oviduto e do endométrio gerando um ambiente impróprio para a fecundação, igualmente provocará falhas no desenvolvimento embrionário pós-concepção pelos baixos níveis de progesterona circulante e pela redução do aporte de nutrientes para o embrião. As baixas nas taxas de gestação comprovam isso (PAIVA; COSTA, 2004).

É gravíssimo o efeito das baixas taxas de progesterona, pois nesta está a “âncora” de um bom início e manutenção de gestação. Os níveis de tal hormônio são responsáveis pela secreção do epitélio glandular, a secreção histotrófica ou leite uterino, que é uma fonte de nutrientes para o conceito antes da placentação e provoca redução do tônus e da contratilidade da parede uterina inibindo a expulsão de conceito e placenta (PAIVA; COSTA, 2004).

Um outro fator que também é empecilho para a manutenção da gestação é a deficiência da síntese de duas proteínas pelo blastocisto: proteína de choque térmico (HSP-Heat Shock Protein), que previne as ações das temperaturas elevadas nas células e a interferon-tau, que é responsável pelo reconhecimento materno da gestação (PIRES et al., 2003).

A ação da interferon-tau está em auge entre o 15º e o 17º dias pós concepção, auxiliando no mecanismo de implantação embrionária com a inibição da prostaglandina (PGF2a) e da luteólise. Em estresse calórico, o embrião (blastocisto) fica incapacitado de sinalizar sua presença pela defasada produção desta proteína, causada pelo atraso do seu desenvolvimento ocasionado pelo baixo aporte nutricional, resultando em morte embrionária e aborto (PAIVA; COSTA, 2004).

3.4.10.Redução dos efeitos negativos do estresse térmico na reprodução

Para melhorar a fertilidade de vacas leiteiras de alta produção durante os meses quentes do ano, recursos são utilizados com intuito de amenizar o estresse térmico diminuindo a temperatura corpórea e/ou do ambiente. Sombras, sistemas de ar-condicionado, ventiladores e aspersores são ferramentas usadas para minimizar o estresse térmico. Entretanto estudos demonstram que essas tecnologias melhoram a fertilidade das vacas no verão, mas não chegam ao nível de concepção do inverno (AZEVEDO, 2005).

O resfriamento de vacas secas é de extrema importância para minimizar efeitos do estresse térmico. Com o resfriamento das vacas no período seco, os efeitos negativos do estresse térmico sobre os folículos antrais que ovularão em 40-50 dias, serão mais amenos. Assim a qualidade do oócito será mantida, possibilitando o sucesso da inseminação em obter um conceito (BILBY et al.,2009).

3.5. Métodos de atenuação do estresse calórico e soluções para a reprodução.

3.5.1. Planejamento das instalações

O planejamento de instalações é um fator crucial na prevenção do estresse calórico, proporcionando aos animais máxima estacionalidade da sua zona de conforto térmico. O ato de planejar as instalações deve estar unido ao condicionamento térmico baseado no

isolamento térmico e ventilação. Muitas vezes o ambiente interno da instalação é desfavorável pelas elevadas temperaturas, visto que o calor encontrado dentro de uma estrutura na qual está o animal depende da radiação solar incidente e do calor emitido pelos próprios. A radiação pode ser atenuada pelo isolamento térmico e o calor excedente gerado pode ser quebrado pela ventilação. O tamanho das instalações parece não influir no conforto térmico dos animais, mas tem relação com os equipamentos e o manejo. Um fator muito importante é a cobertura das instalações. Uma cobertura que é uma ótima estratégia é afeita de cimento amianto com tinta reflexiva branca (SOUZA, 2003).

Árcaro Júnior (2000) lembrou que para animais com livre movimentação, a orientação das instalações indicada é no sentido norte-sul, com o objetivo de que o piso da instalação receba o sol da tarde e da manhã (35 a 50% da área), principalmente se o piso for de terra. Para os animais confinados com sombra, a orientação indicada é a leste-oeste. Quanto à inclinação dos telhados, as sombras obtidas de telhados inclinados foram mais eficientes.

3.5.2. Ventilação forçada nas horas mais quentes do dia associada a banhos por aspersão e outros sistemas de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE)

Entre os sistemas de resfriamento adiabático evaporativo estão a nebulização, a microaspersão e a aspersão dos telhados. Estes são adotados em climas quentes por possuírem praticidade, simplicidade e boa relação custo/benefício. Os sistemas de aspersão não têm o objetivo de resfriar o ar, mas permite uma troca de calor mais eficiente, visto que os animais de origem europeia são ineficientes na sudação. As gotas de tamanho maior aspergidas promovem a dissipação de calor pela evaporação da água na pele e nos

pêlos. A ventilação associada com a aspersão torna mais eficiente o resfriamento, acelerando a evaporação (MATARAZZO et al., 2006).

Resultados bons foram encontrados em Israel no que diz respeito à duração de estro e fertilidade após a inseminação artificial em vacas holandesas (Cuba) submetidas a aspersão associada a ventilação forçada nas horas mais quentes do dia (CHEMINEAU, 1989) (Tabela4).

Tabela 4 Resultados da ventilação forçada associada a banhos por aspersão em vacas de Holstein em Israel para rendimentos reprodutivos.

	Sem Tratamento		Com Tratamento
Pico de Temperatura retal	39,7		39,0
(°C)			
Duração cio (horas)	11,5	p<0,05	16
Fertilidade à primeira inse-	17	p<0,01	59
minação (%)			
Gestação ao 150° dia (%)	31	p<0,01	73

Fonte: (CHEMINEAU, 1989).

Para as regiões de elevada umidade relativa, recomenda-se o uso de aspersão em intervalos. Nos intervalos, os ventiladores movimentam o ar sobre os animais. Observações têm conferido grande utilidade neste método. A efetividade do resfriamento evaporativo é maior em regiões de clima quente e seco, nas quais a umidade relativa é menor (MATARAZZO et al, 2006).

3.5.3. O sombreamento

As sombras são classificadas em naturais e artificiais. As naturais, tais como as proporcionadas pelas árvores, tem as vantagens de impedir a incidência de radiação solar e baixar a temperatura ambiente pela atividade evaporativa das folhas. As árvores são aproveitadoras “por excelência” de radiação solar. Absorvem 90% da radiação visível, responsável pelos processos vitais e 60% de radiação infravermelha. A arborização atenua os efeitos das ondas curtas, o que evita o aquecimento das superfícies nas quais estas incidem além de atenuar os efeitos do ofuscamento e da reflexão. O cuidado no uso de árvores para os sistemas de confinamento é a produção elevada de esterco, o que pode prejudicar o sistema radicular. Para sistemas de criação, são recomendadas árvores que tenham o crescimento rápido, não produzam frutos grandes, apresentem resistência ao acúmulo de esterco, tenham folhas perenes e altura acima de 3 metros (ARCAROJUNIOR, 2000).

Os sistemas silvipastoris consistem em sistemas com árvores, pastagens e animais em uma só área. Os benefícios destes sistemas são variados: o beneficiamento do microclima, com a elevação da umidade; controle da erosão; permitir o prolongamento do período decrescimento das forrageiras pelo aumento da umidade; aumentar o valor nutritivo das forragens com a diminuição do teor de fibra; conforto térmico para as vacas, possibilitando a dissipação de calor (PACIULLO et al., 2009).

3.5.4. Suplementação com betacaroteno

O betacaroteno é o precursor da vitamina A que não ocorre no organismos e não pela ação de seus precursores. O betacaroteno é considerado o transformador principal de vitamina A, sendo que os bovinos têm uma capacidade de transformação de 24%. Como

os outros compostos vitamínicos A, degrada-se muito rapidamente em condições de alta temperatura, oxidação, umidade e presença de íons metálicos. No que diz respeito à reprodução, a carência de vitamina A provoca cistos ovarianos e redução na intensidade de libido. A necessidade crucial de vitamina encontra-se na época de cobertura e do parto. segundo Pires et al. (2003), Em vacas submetidas a estresse calórico, uma suplementação com betacaroteno por no mínimo 90 dias aumentou a taxa de gestação em 14% em relação às vacas que não tinham sido submetidas a esse tratamento.

3.5.5. Uso dos antioxidantes glutathiona, taurina e vitamina E

Funcionam como termoprotetores celulares combatendo a ação de radicais livres que causam toxicidade às células, visto que, em épocas de estresse calórico, há elevado fornecimento de alimentos contendo altos teores de proteína bruta, o que aumenta a produção de ureia pelo fígado que é excretada, acarretando em perdas energéticas (MONTALDO, 2010).

Estudos com estes compostos vem sendo realizados para minimizar os efeitos do calor nas células embrionárias. A vitamina E é responsável pela prevenção de oxidação de ácidos graxos insaturados nas células, conservando a integridade da membrana plasmática. As glândulas endócrinas possuem vitamina E, em especial a hipófise. A vitamina E promove a liberação de onda de FSH e LH e liberação de ACTH. A anormalidade mais encontrada pela sua deficiência na reprodução é a retenção de placenta (MONTALDO, 2010).

3.5.6. Inseminação Artificial em Horários pré-estabelecidos e uso de monta natural por curtos períodos

A inseminação artificial em horários pré-determinados consiste em aumentar as taxas de fertilidade devido à dificuldade de identificação de cios. Nos Estados Unidos (Flórida) o emprego deste método aumentou a porcentagem de vacas gestantes pós-parto. Quanto ao uso de monta natural por curtos períodos, há a promoção de descanso físico ao touro (PIRES et al. 2003).

3.5.7. Transferência de embriões in natura ou criopreservados

No primeiro caso, o embrião seria coletado e transferido para as receptoras com 7 dias, fase em que já se alcançou a superação de vulnerabilidade ao estresse calórico. O segundo caso, a criopreservação, tem finalidade de melhor aproveitar a fertilização in vitro, aumentando a maior uso de embriões, principalmente quando se tem escassez de receptoras. No entanto, a criopreservação de embriões produzidos in vitro acarreta em algumas diferenças para com os embriões naturais (ARAÚJO et al., 2010).

Trata-se de danos celulares causados pelo processo de resfriamento que modificam a síntese de produtos essenciais para a manutenção de gestação, devido às particularidades de morfologia e capacidade de desenvolvimento. Entre esses prejuízos, destaca-se a diferença na síntese de interferon-tau. Esses problemas podem reduzir as taxas de gestação, as quais se apresentam inferiores a 20% (ARAÚJO et al., 2010).

Araújo et al. (2010) confirmaram que embriões criopreservados secretaram menos interferon-T em comparação aos naturais. A criopreservação, segundo os mesmos autores, também pode acarretar em desenvolvimento inferior.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante medir a temperatura corporal das vacas à tarde para determinar se as estratégias utilizadas estão sendo eficazes para mantê-las confortáveis e tomar medidas necessárias caso a temperatura retal a tarde esteja acima de 39,1°C. Se as vacas estiverem com temperatura acima de 39,1°C, há duas alternativas: concentração de parição meses outono e inverno; ou investimento em instalações adequadas que permitam efetivamente resfriar as vacas. Se não houver reação dos animais às medidas alternativas, haverá queda da produtividade, e isso implica maior custo de produção por litro de leite.

Vacas que apresentaram temperatura retal elevada demonstraram baixa taxa de prenhez e quanto maior a temperatura apresentada pelas vacas menor será o índice de taxa de prenhez evidenciando que a relação negativa entre estresse térmico calórico e reprodução.

São aconselháveis certos tipos de manejo que proporcionem melhor aproveitamento da atividade reprodutiva sob estresse calórico como o uso de protocolos de inseminação, que proporcionam maior taxa de prenhez (como o protocolo Ovysinch, que tem, segundo estudos, demonstrado altas taxas de prenhez) por não apresentar problemas de detecção. No entanto, os protocolos só funcionam satisfatoriamente se vierem acompa-

nhados de conforto térmico, não sendo solução mágica. Prover também o máximo conforto dias antes da inseminação e nos dias seguintes a essa, impedindo a incidência de radiação solar seria crucial.

Acompanhado do conforto térmico das vacas, os touros também devem ser submetidos a conforto. A provisão de conforto para os touros é menos trabalhosa, visto que estes têm uma termogênese menos elevada em relação às vacas. Uma solução para isso seria submeter os touros à sombra e diminuir os períodos de monta natural, visto que a indisponibilidade física do touro em condições de estresse calórico é um fator relevante.

Diversos estudos demonstram diferentes efeitos em animais sob estresse térmico que levam a dificuldade de manter uma boa taxa de prenhez nessas épocas. Foram observadas mudanças nos hormônios reprodutivos, como redução na concentração plasmática de GnRH, LH e estradiol, o que resulta em uma baixa taxa de ovulação e detecção de estro.

Além dos efeitos hormonais o estresse térmico pode afetar o desenvolvimento e qualidade dos folículos e oócitos, e no desenvolvimento embrionário (principalmente antes do sétimo dia de gestação), dificultando o estabelecimento da prenhez.

A queda de IMS juntamente com o balanço energético negativo que ocorrem nos períodos quentes leva ao anestro e à queda na concentração plasmática de fatores importantes para o estabelecimento da prenhez como insulina, glicose e IGF-1.

Diante desses problemas foram discutidas algumas ferramentas para diminuir o efeito negativo do estresse térmico, onde o resfriamento da vaca ainda é a melhor solução e pode ser associada a tecnologias como a TE e IATF, sendo que a TE apresenta melhores resultados quando feitas com embrião fresco. Sendo necessários ainda, maiores estudos para melhoria das técnicas reprodutivas visando aumentar a taxa de prenhez de vacas lactantes sob estresse térmico.

Em termos gerais, os problemas do estresse calórico devem ser resolvidos em cada situação à sua maneira, dependendo das viabilidades de cada criador.

5. RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar os resultados publicados na literatura científica acerca do estresse térmico na reprodução de vacas leiteiras. Usando informações de diversas fontes, dentre elas instituições de pesquisas, sites especializados, revistas de divulgação nacionais e internacionais, boletins técnicos, circulares técnicas, anais de congressos e simpósios, artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais e livros. Cerca de dois terços do território nacional está situado na faixa tropical do planeta, onde predomina elevada temperatura e radiação solar, podendo ultrapassar a zona de conforto dos animais, levando ao estresse térmico, e consequentemente afetando a produção e a qualidade do leite, aspectos reprodutivos, principalmente em vacas de alta produção, devido a serem mais sensíveis ao calor e terem maior dificuldade em dissipá-lo. Para controlar os efeitos do estresse térmico o produtor pode fazer uso de algumas estratégias de manejo ambiental, nutricional e sistema de resfriamento. O uso de alguns métodos como o sombreamento natural e artificial, dieta com menor incremento calórico, e uso de sistemas como ventilador, aspersor e painel evaporativo podem se mostrar eficientes para animais que estão submetidos ao calor. Vários métodos para controlar o efeito do estresse térmico se mostraram eficientes, porém a escolha do método adequado depende do seu custo benefício e das características específicas de cada propriedade.

Palavras chave: Bovino. Calor. Estro. Manejo nutricional. Temperatura corporal.

6. SUMMARY

This work aimed to evaluate the results published in the scientific literature about thermal stress in the reproduction of dairy cows. Using information from different sources, including research institutions, specialized websites, national and international dissemination magazines, technical bulletins, technical circulars, conference and symposium proceedings, articles published in national and international journals and books. Approximately two thirds of the national territory is located in the tropical zone of the planet, where high temperature and solar radiation predominate, which may exceed the comfort zone of the animals, leading to thermal stress, and consequently affecting the production and quality of milk, reproductive aspects. , mainly in high production cows, due to being more sensitive to heat and having more difficulty in dissipating it. To control the effects of thermal stress, the producer can make use of some environmental, nutritional management and cooling system strategies. The use of some methods such as natural and artificial shading, a low calorie diet, and the use of systems such as a fan, sprinkler and evaporative panel can be effective for animals that are subjected to heat. Several methods to control the effect of thermal stress have proven to be efficient, but the choice of the appropriate method depends on its cost benefit and the specific characteristics of each property.

Key words: Bovine. Heat. Estro. Nutritional management. Body temperature.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A., FISCHER, V., KOLLING, G., et al. (2011). Estresse calórico induzido por privação de acesso à sombra em vacas holandesas reduz a produção leiteira e a estabilidade térmica do leite. In *Conferência Internacional De Leche Inestable* (Vol. 2).

AMBROSE, J.D.; DROST, M.; MONSON, R.L. et al. Efficacy of timed embryo transfer with fresh and frozen in vitro produced embryos to increase pregnancy rates in heat stressed dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.2369-2376, 1999.

ARAUJO, C. F. M., ARAÚJO, G. H. M., & MEIRA, C. D. (2010). Avanços na criopreservação de embriões equinos. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 58-66.

ARCARO JUNIOR, I. (2000). Avaliação da influência de ventilação e aspersão em coberturas de sombrite para vacas em lactação. 2000.

AZEVEDO, M. D., PIRES, M. D. F. Á., SATURNINO, H. M., LANA, Â. M. Q., SAM-PAIO, I. B. M., MONTEIRO, J. B. N. e MORATO, L. E. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras $1/2$, $3/4$ e $7/8$ Holandês-Zebu em lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2000-2008. 2005.

BADINGA, L., THATCHER, W. W., DIAZ, T., DROST, M. e WOLFENSON, D. (1993). Effect of environmental heat stress on follicular development and steroidogenesis in lactating Holstein cows. *Theriogenology*, 39(4), 797-810.

BERLITZ, C. G. B. Impacto do estresse ambiental na reprodução de bovinos de corte. 2019.

BERNABUCCI, Umberto et al. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal*, v. 4, n. 7, p. 1167-1183, 2010.

BILBY, T. R.; BAUMGARD, L. H.; RHOADS, M. L.; COLLIER, R. J. Estratégias farmacológicas, nutricionais e de manejo para aumentar a fertilidade de vacas leiteiras sob estresse térmico. In: XIII Curso Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos. Uberlândia, MG, p.59-71, 2009.

BONATO, G. L., LEITE, M. B., OLIVEIRA, M., CAMPOS, C. C., & DOS SANTOS, R. M. (2014). Sazonalidade da temperatura retal e da taxa de concepção de vacas Jersey leiteiras. *Boletim de Indústria Animal*, 71(2), 143-146.

CHEMINEAU, P. Y Fuentes, JL. Fertilité de brebis Pelibuey et Suffolk en climat tropical. Ann. Zootech. Medio ambiente y reproducción animal. 1989. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/v1650t/v1650T04.htm>>. Acesso: Maio 2021.

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

DEMÉTRIO, Daniela Garcia Borges. Fatores que afetam a taxa de concepção após inseminação artificial ou transferência de embriões em vacas holandesas em lactação. 2006.

DE RENSIS, Fabio; SCARAMUZZI, Rex John. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow—a review. **Theriogenology**, v. 60, n. 6, p. 1139-1151, 2003.

EALY, ALAN D.; DROST, MAARTEN; HANSEN, PETER J. Developmental changes in embryonic resistance to adverse effects of maternal heat stress in cows. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 10, p. 2899-2905, 1993.

Estresse térmico em vacas leiteiras: impacto na produção animal. **Rehagro Blog**. 09 de Julho de 2018. Disponível em <<https://rehagro.com.br/blog/estresse-termico-em-vacas-leiteiras/>>. Acesso em: 02 de Junho de 2021.

Estresse térmico em vacas leiteiras: como identificar. **Rehagro Blog**. 09 de Julho de 2018

b. Disponível em <https://rehagro.com.br/blog/estresse-termico/>. Acesso em: 02 de Junho de 2021.

FERREIRA, Roberta Machado. **A baixa fertilidade de vacas Holandesas (*B. taurus*) repetidoras de serviço durante o estresse térmico está relacionada à sua baixa competência oocitária**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FERRO, F. R. A.; CAVALCANTI NETO, C. C.; TOLEDO FILHO, M. R.; FERRI, S. T. S.; MONTALDO, Y. C. Efeito do estresse calórico no desempenho reprodutivo de vacas leiteiras. **Revista Verde, Mossoró**, v. 5, n. 5, p. 01-25, 2010.

GABALDI, S. H. & WOLF, A. (2002). A importância da termorregulação testicular na qualidade do sêmen em touros. **Ciências Agrárias**, 2, 66-70.

GARCÍA-ISPIERTO, Irina et al. Climate factors affecting conception rate of high producing dairy cows in northeastern Spain. **Theriogenology**, v. 67, n. 8, p. 1379-1385, 2007.

GUIDA, Thiago Guzella. **Técnicas associadas à biotecnologia da reprodução para minimizar os efeitos do estresse térmico e aumentar a fertilidade em vacas leiteiras de alta produção**. 2011.

GUZELOGLU, A. et al. **Long-term follicular dynamics and biochemical characteristics of dominant follicles in dairy cows subjected to acute heat stress.** *Animal reproduction science*, v. 66, n. 1-2, p. 15-34, 2001.

GWAZDAUSKAS, F. C., THATCHER, W. W., KIDDY, C. A., PAAPE, M. J., & WILCOX, C. J. (1981). **Hormonal patterns during heat stress following PGF 2α -tham salt induced luteal regression in heifers.** *Theriogenology*, 16(3), 271-285.

HAFEZ, B.; HAFEZ, E.S.E. **Reprodução Animal**, 7 ed., São Paulo: Manole Ltda, 2004.

HANSEN, P. J. **Exploitation of genetic and physiological determinants of embryonic resistance to elevated temperature to improve embryonic survival in dairy cattle during heat stress.** *Theriogenology*, v. 68, p. S242-S249, 2007.

JARDINA, D.T.G.; ARAGON, F.L.; VERAS, M.B. et al. **Milk production and rectal temperature during pregnancy in lactating dairy cow recipients.** *Journal Dairy Science*, v.91, E-Suppl. 1, p.463, 2008 (abstr.).

KADZERE, Charles T. et al. **Heat stress in lactating dairy cows: a review.** *Livestock production science*, v. 77, n. 1, p. 59-91, 2002.

LEITE, P. A. G., CARVALHO, G. R., RODRIGUES, M. T., RUAS, J. R. M., AMORIM, E. A. M., & MAFFILI, V. V. (2006). **Indução da ovulação em cabras, fora da estação**

reprodutiva, com LH e GnRH e com estro induzido por progestágenos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **58(3)**, 360-366.

LORENÇO, João Paulo de Almeida. Estratégias para minimizar o estresse térmico em vacas leiteiras. 2019.

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.

MADELLA-OLIVEIRA, A. De F.; QUIRINO, C. R.; PACHECO, A.. Principais hormônios que controlam o comportamento reprodutivo e social das fêmeas ruminantes-Revisão. **PUBVET**, v. 8, p. 0230-0339, 2014.

MARTELLO, Luciane Silva. **Interação animal-ambiente: efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em free-stall.** 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MATARAZZO, S. V., DA SILVA, I. J., PERISSINOTTO, M., & FERNANDES, D. A. D. A. (2006). Intermitência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo por aspersão em instalação para vacas em lactação. **Engenharia Agrícola**, **26(3)**, 654-662.

MELO, Aurélio Ferreira et al. Efeitos do estresse térmico na produção de vacas leiteiras: Revisão. **PUBVET**, v. 10, p. 721-794, 2016.

MONTALDO, Y. C., DE ALMEIDA FERRO, F. R., NETO, C. C. C., DA ROCHA TOLEDO FILHO, M., & FERRI, S. T. S. (2010). EFEITO DO ESTRESSE CALÓRICO NO DESEMPENHO REPRODUTIVO DE VACAS LEITEIRAS. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 5(5), 01-25.

MORELLI, P. Estresse término na reprodução de vacas leiteiras. 2009.

PACIULLO, D. S. C., LOPES, F. C. F., MALAQUIAS JUNIOR, J. D., VIANA FILHO, A., RODRIGUEZ, N. M., MORENZ, M. J. F., & AROEIRA, L. J. M. (2009). Características do pasto e desempenho de novilhas em sistema silvipastoril e pastagem de braquiária em monocultivo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(11), 1528-1535.

PAIVA, F. P., & COSTA, D. S. (2004). Mortalidade embrionária precoce: fatores implicados e avaliação ultra-sonográfica. *Scientia, Vila Velha*, 5(1/2), 105-121.

PEREIRA, L.P., RESTLE, J., SILVA, J.H.S. Desenvolvimento ponderal de bovinos de corte de diferentes grupos genéticos de Charolês x Nelore inteiros ou castrados aos oito meses. *Ciência Rural*, 30(6):1033-1039. 2000.

PIRES, M. de F.A; FERREIRA, A.M; COELHO, S. G. Estresse calórico em Bovinos de Leite. *Caderno Técnico de Veterinária e Zootecnia*, n. 29, p. 23-37, 2003.

POLSKY, Liam; VON KEYSERLINGK, Marina AG. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of dairy science*, v. 100, n. 11, p. 8645-8657, 2017.

PUTNEY, D. J.; DROST, M.; THATCHER, W. W. Embryonic development in superovulated dairy cattle exposed to elevated ambient temperatures between days 1 to 7 post insemination. **Theriogenology**, v. 30, n. 2, p. 195-209, 1988.

RICCI, Gisele Dela; ORSI, Alessandra Modena; DOMINGUES, Paulo Francisco. Estresse calórico e suas interferências no ciclo de produção de vacas de leite: revisão. **Veterinaria e zootecnia**, p. 9-18, 2013.

ROCHA, D. R., SALLES, M. G. F., MOURA, A. A. A. N., & ARAUJO, A. A. (2012). Impacto do estresse térmico na reprodução da fêmea bovina. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, 36(1), 18-24.

ROMAN-PONCE, H., THATCHER, W. W., CATON, D., BARRON, D. H., & WILCOX, C. J. (1978). Thermal stress effects on uterine blood flow in dairy cows. **Journal of animal science**, 46(1), 175-180.

SANTOS, R.S.S. Hormonioterapia na reprodução. Seminário apresentado na disciplina endocrinologia da reprodução. Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, UFRGS, Rio Grande do Sul, 2002.

SARTORI, R. et al. Fertilization and early embryonic development in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. **Journal of dairy science**, v. 85, n. 11, p. 2803-2812, 2002.

SILVA, R. M. D. Influência do manejo de aleitamento e do grupo genético no desempenho de vacas leiteiras mestiças holandês-guzerá e de suas crias. 2014.

SOUZA, S. R. L. D. (2003). Analise do ambiente fisico de vacas leiteiras alojadas em sistema de freestall.

VASCONCELOS, J. L. M.; DEMETRIO, D. G. B.. Manejo reprodutivo de vacas sob estresse calórico. **Revista brasileira de zootecnia**, p. 396-401, 2011.

WOLFENSON, D., LEW, B. J., THATCHER, W. W., GRABER, Y., & MEIDAN, R. (1997). Seasonal and acute heat stress effects on steroid production by dominant follicles in cows. **Animal Reproduction Science**, 47(1-2), 9-19.

WOLFENSON, D.; ROTH, Z.; MEIDAN, R. Impaired reproduction in heat-stressed cattle: basic and applied aspects. **Animal reproduction science**, v. 60, p. 535-547, 2000.

WOLFENSON, D., SONEGO, H., BLOCH, A., SHAHAM-ALBALANCY, A., KAIM, M., FOLMAN, Y., & MEIDAN, R. (2002). Seasonal differences in progesterone production by luteinized bovine thecal and granulosa cells. **Domestic Animal Endocrinology**, 22(2), 81-90.

