



Vol. 15, Nº 01, Jan/Fev de 2018  
ISSN: 1983-9006  
www.nutritime.com.br

A Nutritime Revista Eletrônica é uma publicação bimestral da Nutritime Ltda. Com o objetivo de divulgar revisões de literatura, artigos técnicos e científicos bem como resultados de pesquisa nas áreas de Ciência Animal, através do endereço eletrônico: <http://www.nutritime.com.br>. Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

## RESUMO

O crescimento populacional trouxe consigo a necessidade de produzir alimentos de forma cada vez mais eficaz, impulsionando a seleção e melhoramento genético. As alterações climáticas resultaram na elevação da temperatura ambiente e trouxeram consequências para os animais. Aliado a isso, a preocupação com o bem-estar animal conduziu à observação dos efeitos do estresse calórico sobre os mesmos, e levou os pesquisadores a elucidarem mecanismos fisiológicos e metabólicos relacionados a este fenômeno. O estresse calórico leva à redução no fluxo sanguíneo à placenta, no consumo de alimentos, na produção de leite, mudanças na composição do leite, e consequências a curto, médio e longo prazo no desenvolvimento e saúde de bezerras nascidas de fêmeas que sofreram estresse térmico no final da gestação. A presente revisão objetiva reunir achados científicos relacionados ao estresse térmico sofrido no final da gestação e suas consequências para a vaca e bezerro.

**Palavras-chave:** estresse calórico, saúde, desenvolvimento, produção de leite, composição do leite.

## Efeitos do estresse térmico materno no final do período seco e lactação

Estresse calórico, saúde, desenvolvimento, produção de leite, composição do leite.

Camila Flávia de Assis Lage<sup>1</sup>

Victor Marco Rocha Malacco<sup>2</sup>

Mayara Campos Lombardi<sup>3</sup>

Ronaldo Braga Reis<sup>4</sup>

Sandra Gesteira Coelho<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Doutoranda em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG  
E-mail: [camilassilage@yahoo.com.br](mailto:camilassilage@yahoo.com.br).

<sup>2</sup>Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG.

<sup>3</sup>Mestranda em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG.

<sup>4</sup>Prof. Titular, Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG.

## EFFECTS OF MATERNAL THERMAL STRESS AT THE END OF THE DRY PERIOD AND LACTATION

### ABSTRACT

In recent years, climate change has resulted in higher ambient temperatures and brought consequences for animals. Allied to this the concern with animal welfare led to the observation of the effects of caloric stress on them, and led the researchers to elucidate the physiological and metabolic mechanisms related to this phenomenon. Caloric stress leads to reduced blood flow to the placenta, food consumption, milk production, changes in milk composition, and short, medium and long term consequences on the development and health of heifers born to females suffering from thermal stress At the end of gestation. The present review aims to gather scientific findings related to the thermal stress experienced at the end of gestation and its consequences for the cow and calf.

**Keyword:** heat stress, health, development, milk production, milk composition.



## INTRODUÇÃO

O estresse térmico afeta o bem-estar e a produção animal, e seus efeitos provavelmente vão se agravar se o aquecimento da terra continuar a ocorrer como indicam as previsões (Intergovernmental..., 2007). O esgotamento das áreas agricultáveis nas regiões temperadas e o crescimento da população ocasionarão grande expansão de produção de alimentos, inclusive leite, em áreas tropicais.

Essas áreas caracterizam-se por altas temperaturas e umidade distribuídas ao longo do ano. Elevadas temperaturas ambientais afetam o desempenho das vacas em lactação, alteram o metabolismo, reduzem o consumo e produção de leite, além de aumentar a incidência de doenças e piorar os índices de desempenho reprodutivo (Tao & Dahl, 2013).

Observações sobre a produção de leite ao longo do ano no Estado da Flórida, EUA (USDA-NASS, 2011), mostraram que o *status* térmico do animal durante o período seco pode ter efeitos residuais deletérios no metabolismo e produtividade da vaca. O menor peso ao nascimento dos bezerros filhos de vacas em estresse térmico durante o período seco sugere que esses efeitos se estendem ao desenvolvimento fetal (Tao et al., 2012).

### Zona termoneutra e caracterização de estresse térmico

Os processos fisiológicos normais exigem que a temperatura do corpo seja mantida dentro de limites estreitos, para os bovinos estão entre 38,0<sup>o</sup> e 39,4<sup>o</sup>C (Stober, 1993).

A zona termoneutra (ZTN) compreende a variação dentro da temperatura ambiente em que o mínimo esforço é requerido pelo animal para regular sua temperatura corporal e proporcionar conforto máximo ao mesmo (Silanikove, 2000). Vacas em lactação encontram conforto térmico dentro de variações de temperatura de 5<sup>o</sup> a 25<sup>o</sup>C (Roefeldt, 1998).

Por esse motivo, em temperaturas superiores a 25<sup>o</sup>C a vaca perde a capacidade de manter a temperatura corporal estável e entra em estresse pelo calor.

Quando as temperaturas ambientais são moderadas (5<sup>o</sup> a 25<sup>o</sup>C), a demanda fisiológica para o resfriamento ou aquecimento do corpo é mínima e o desempenho ideal pode ocorrer (Shearer et al., 1999). No entanto, em face de extremos de temperatura ambiente, as atividades de termorregulação aumentam e o desempenho é proporcionalmente reduzido.

O estresse térmico pode ser definido como sendo a condição que ocorre quando o animal não consegue dissipar a quantidade adequada de calor à medida que é produzida ou absorvida, para manter a temperatura corporal (Bernabucci et al., 2014).

A regulação da temperatura corporal é feita a partir da interação entre receptores de temperatura na pele e o hipotálamo, que mantêm a temperatura corporal normal através de mudanças fisiológicas e de comportamento, de forma a aumentar ou reduzir a perda ou a produção de calor (Silanikove, 2000).

As principais formas de dissipação do calor se dão através de mecanismos sensíveis, dependente de variações na temperatura animal-ambiente (condução, convecção e radiação), ou latente, que depende do gradiente de pressão de vapor (evaporação).

Qualquer fator que dificulte a troca de calor do animal com o ambiente irá alterar a ZTN, um exemplo é a umidade relativa do ar. Em condições de elevada umidade o animal é menos eficiente em dissipar o calor pela evaporação. A menor eficiência se torna um problema ao considerarmos que em bovino esse é o principal mecanismo de perda de calor.

A evaporação passiva pode ser responsável por aproximadamente 15% da perda de calor nos animais (McDowell et al., 1976). A eficiência da evaporação é maior em elevadas temperaturas, mas o aumento da umidade limita sua eficácia (Silanikov, 2000). O aumento na taxa de respiração é uma alteração evidente em vacas estressadas pelo calor. Aproximadamente 15% da carga interna de calor é perdida com o aumento na frequência respiratória (McDowell et al., 1976).



Devido à importância da umidade do ar na capacidade de termoregulação dos animais, McDowell et al. (1976) sugeriram a utilização de um índice de temperatura e umidade (ITU) como indicador das condições climáticas. O ITU é calculado com base na temperatura medida em termômetros de bulbo seco e úmido durante o dia e gera um índice que combina temperatura e umidade relativa do ar. Em ambientes de elevada umidade as vacas entram em estresse térmico em menores temperaturas.

Vacas de leite iniciam condição de estresse térmico pelo calor com ITU superior a 68 (Zinbelman et al., 2009). Azevedo et al. (2005) trabalharam com diferentes cruzamentos Holandês x Gir e encontraram valores críticos superiores de ITU de 79, 77 e 76 para animais  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$  Holandês x Zebu (HZ) respectivamente.

Os sinais de estresse térmico incluem: ficar em volta de sombra ou bebedouros, letargia, pouco apetite, aumento na taxa respiratória, elevação na temperatura retal, respirar com a boca aberta e salivar excessivamente (Silanikove, 2000).

As vacas em lactação são particularmente susceptíveis ao estresse térmico devido a elevada carga metabólica da síntese do leite e metabolismo visceral associada a um elevado consumo (Kadzere et al., 2002).

A seleção genética resultou em animais mais produtivos e com altas taxas metabólicas, tornando-os susceptíveis ao estresse térmico em temperaturas mais baixas do que as gerações anteriores de vacas de leite (Smith et al., 2012).

Uma vaca de alta produção gasta aproximadamente 31,1% da energia ingerida diariamente na produção de calor. Mais da metade desse calor (53%) provém da síntese de leite e quase um quarto (23,5%) tem origem na fermentação, digestão e excreção. Somados, esses percentuais perfazem o que conhecemos por incremento calórico. O restante (23,5%) corresponde ao calor produzido pelos processos metabólicos necessários à manutenção de suas funções vitais (Coppock, 1985).

Foi evidenciado em rebanhos americanos aumento de 330% na produção diária de leite por vaca dos anos de 1940 até 1995, seguido pelo aumento no incremento calórico de 320 % sem, no entanto, ocorrerem mudanças genéticas ou fisiológicas nesses animais que aumentassem sua capacidade de dissipar esse calor (Kadzere et al., 2002).

### **Efeitos do estresse térmico materno no final da gestação sobre desenvolvimento fetal**

O terço final da gestação compreende a maior taxa de crescimento fetal, especialmente atribuído aos últimos 60 dias, em que aproximadamente 60% do peso ao nascimento é acumulado (Tao & Dahl, 2013).

Vacas estressadas termicamente durante esse período apresentam redução na função placentária, demonstrada por menor peso da placenta, associado a menor número de células (Early et al., 1991) e a menor produção de hormônios placentários (Thompson et al., 2013). Vascularizações placentárias comprometidas também são observadas nos animais em estresse térmico, o que associado ao menor crescimento da placenta parece comprometer a transferência de nutrientes para o feto, submetendo-o a uma condição de hipóxia, má nutrição e conseqüentemente retardo do seu desenvolvimento (Tao & Dahl, 2013).

Tao et al. (2012) relataram que vacas em estresse térmico comparadas a vacas resfriadas durante o período seco apresentaram período de gestação reduzido em quatro dias. Essa mesma ocorrência foi observada por Laporta et al. (2017). Em revisão de Dahl et al. (2016) a redução do peso ao nascer foi relacionada à maior síntese de prostaglandina F<sub>2α</sub> (PG<sub>2α</sub>) pelo útero das vacas estressadas. Além disso, bezerros filhos de vacas em estresse térmico foram até 6 kg mais leves ao nascimento que bezerros filhos de vacas resfriadas.

Esses achados são parcialmente atribuídos ao menor período de gestação. Ao desaleitamento, filhos de vacas estressadas termicamente obtiveram em média 0,2 kg a menos de ganho diário (Laporta et al., 2017). Entretanto não foi observada diferença após esse período.



Outra causa para o menor peso ao nascimento seria a má nutrição devido à insuficiência placentária (Tao et al., 2012). Especula-se que essas condições de hipóxia e má nutrição façam com que o feto tenha que desenvolver adaptações endócrinas e metabólicas para sobreviver sem comprometer o seu desenvolvimento, podendo essas adaptações permanecer por toda a vida produtiva do animal.

### **Desenvolvimento e metabolismo pós-natal dos bezerros filhos de mães estressadas termicamente**

Diversas avaliações foram realizadas com o intuito de compreender se as alterações sofridas no útero de vacas estressadas termicamente (ET) teriam impacto no desenvolvimento pós-natal dos bezerros.

Tao et al. (2012) avaliaram o crescimento das bezerras filhas de vacas ET em comparação a vacas resfriadas artificialmente (RA) e encontraram menor peso ao nascimento (PN) para as bezerras ET (6 kg a menos). Não houve diferenças em ganho de peso entre esses animais, o que mostrou que o déficit no PN não prejudicou a taxa de crescimento.

Contudo, Monteiro et al. (2013) indicaram que o déficit de PN observado em bezerros cujas mães estavam ET não foi recuperado até os 12 meses de idade (RA: 200,2 ± 3,4 kg vs. ET:190,9 ± 3,7 kg,  $P < 0,05$ ), apesar de terem sido iguais ao parto (ET: 565,4 ± 12,0 kg; RA:554,1 ± 11,0 kg).

As filhas de vacas ET durante o período seco são menores à idade adulta (Dahl et al., 2016), o que sugere que possam existir diferenças em sua composição corporal. Esse efeito poderia estar relacionado ao metabolismo e balanço hormonal desses animais.

Laporta et al. (2017) reportaram maior temperatura retal nos bezerros filhos de mães ET no pré-parto em 0,4° ± 0,08 °C, quando comparados aos filhos de vacas resfriadas ativamente no mesmo período. A diferença de temperatura se manteve durante a fase de aleitamento. Os resultados sugerem efeitos negativos do estresse *in útero* na capacidade de termorregulação até o desaleitamento.

Tao et al. (2014) fizeram teste de tolerância a glicose

nos filhos de vacas ET e RA aos 55 dias de idade e constataram que apesar de não haver diferenças nas concentrações de insulina, bezerros ET têm menor glicose circulante ( $p = 0,02$ ) 30 minutos após infusão, e tendem ( $p = 0,11$ ) a ter menor glicose 60 minutos após infusão. Os achados indicam maior responsividade do corpo de bezerros de vacas ET à insulina antes do desaleitamento. Paralelamente, menores concentrações de cortisol foram encontradas em bezerros filhos de vacas ET (ET:1,25 ± 0,12 vs. RA:1,62 ± 0,11µg/dL) até quatro dias de idade ( $p < 0,05$ ), e tenderam a ser menores até 14 dias de idade ( $p < 0,10$ ) (Monteiro et al., 2014). Baixo cortisol associado à maior resposta à insulina poderia causar maior deposição de gordura, menor resposta à mobilização nesses animais, que favoreceria a obesidade e possivelmente menor tamanho à idade adulta (Dahl et al., 2016).

Outro importante achado sobre o metabolismo das bezerras de mães ET foi tendência à menor concentração plasmática de prolactina (ET: 5,6 ng/mL vs RA: 9,49 ng/mL  $p=0,08$ ) e fator de crescimento semelhante à insulina 1 (IGF1) (ET: 55 ng/mL vs RA: 75,6 ng/mL  $p=0,09$ ) ao nascimento (Guo et al., 2016). Laporta et al. (2017), relataram bezerros filhos de mães RA com tendência a ter maior concentração de IGF1, particularmente no 28º dia de vida (130,0 vs 82,3 ng/mL). As avaliações foram realizadas ao nascimento, 24h após a colostragem, e posteriormente ao 10º e 28º dias de idade.

Em fetos, a regulação de IGF1 parece estar mais ligada à disponibilidade de glicose e insulina do que ao hormônio do crescimento (GH) (Oliver et al., 1996). Portanto, esse efeito pode ser por menor concentração de glicose no sangue de bezerros de vacas ET. No entanto, o estudo de Fu et al. (2015) demonstrou que em ratos, o estresse pré-natal reduziu a resposta ao GH dos genes relacionados a expressão de receptores de IGF1 após o nascimento. Reduções pós-natal de IGF1 seriam prejudiciais pelo importante papel desse hormônio no crescimento e lactação nos bovinos.

A prolactina, assim como o cortisol, é um importante hormônio do estresse em bovinos (Tucker, 1971). A menor concentração desses dois hormônios sugere



menor resposta pós-natal ao estresse em bezerros filhos de mães ET (Guo et al., 2016). Para avaliar essa hipótese Ahmed et al. (2015) realizaram um desafio de estresse térmico nas filhas ou não de vacas ET, quando estas já estavam em lactação. Comparado com RA, filhas de vacas ET tiveram menor temperatura retal (RA:  $39,18 \pm 0,06$ ; ET:  $38,99 \pm 0,06$ °C;  $P = 0,02$ ) e taxa respiratória (RA:  $68,1 \pm 1,6$ ; ET:  $62,2 \pm 1,6$ ;  $P = 0,01$ ). A taxa de sudorese elevada em vacas RA do que ET (RA:  $30,7 \pm 1,6$ ; HT:  $27,1 \pm 1,6$  g/m<sup>2</sup>h;  $P = 0,12$ ), mas a temperatura da pele não diferiu entre os grupos. Esse estudo apoia a hipótese de que as diferenças metabólicas e em crescimento são adaptações para lidar com o estresse térmico no útero, e que essa habilidade pode se estender após o nascimento, e melhorar a capacidade de resposta a essa condição.

#### **Estresse térmico materno no final da gestação sobre a imunidade pós-natal dos bezerros**

Tao et al. (2012), avaliaram o crescimento e imunidade de bezerras filhas de mães ET ou resfriadas. As filhas dos animais dos dois grupos (ET x RA) receberam o colostro da própria mãe e foram avaliadas sob o mesmo manejo até sete meses de idade. As filhas de vacas ET tiveram redução na concentração de proteínas plasmáticas nos primeiros 28 dias de idade e menores concentrações séricas de IgG (ET:  $1,058 \pm 173$  vs. RA:  $1,577 \pm 149$  mg/dL,  $P = 0,03$ ). O estresse térmico em útero afetou a transferência de imunidade passiva e reduziu a eficiência aparente de absorção (EAA) de IgG. Não foram encontradas diferenças nas concentrações de IgG em colostros de mães ET ou RA (Tao et al., 2012; Monteiro et al., 2014). Modificações em hormônios e fatores de crescimento responsáveis pela modulação do fechamento das vilosidades intestinais dos animais recém-nascidos poderiam ser responsáveis por essas diferenças.

Para avaliar se a EAA estava relacionada ao animal ou ao colostro, dois experimentos foram conduzidos por Monteiro et al. (2014). No primeiro experimento bezerros, filhos de vacas ET ou RA foram colostrados a partir de um pool de colostro de vacas RA. Assim como encontrado por Tao et al. (2012) bezerros de mães RA tiveram maior eficiência de absorção de IgG comparados com bezerros de mães ET. No segundo experimento, bezerras nascidas de

vacas RA receberam colostro de um pool de vacas RA ou ET. Não houve diferença de EAA entre os grupos sugerindo que a pior EAA está relacionada com a fisiologia de filhas de vacas ET e não ao colostro das mães ET.

Tao et al. (2012) e Monteiro et al. (2014) encontraram comprometimento na imunidade celular das bezerras filhas de vacas ET antes do desaleitamento. O fato pode estar atribuído ao menor desenvolvimento do timo, visto que o período de gestação foi mais curto nas vacas ET (Monteiro et al., 2014).

#### **Produção e reprodução futura das bezerras de mães ET**

Estudos conduzidos na Universidade da Flórida avaliaram o efeito do estresse térmico sofrido no útero sobre saúde, reprodução e produção de leite em 72 fêmeas nascidas de vacas ET ou RA (Monteiro et al., 2016). Os animais foram manejados igualmente após o nascimento e acompanhados durante cinco anos sob o mesmo sistema.

Monteiro et al. (2016) relataram que as novilhas de mães ET tiveram maior descarte involuntário, geralmente por doença, má formação ou crescimento retardado ( $p=0,03$ ). Além disso, menor número de filhas de mães ET completou a primeira lactação, comparada com filhas de mães RA ( $p=0,05$ ).

Filhas de mães ET precisaram de mais serviços por concepção (ET:  $2,6 + 0,3$ , RA:  $1,8 + 0,3$ ,  $p=0,03$ ) e produziram 5,1 kg de leite a menos por dia na primeira lactação ( $p<0,05$ ) (Monteiro et al., 2016). Os autores levantam a hipótese de que isso ocorreu devido aos efeitos epigenéticos. Esses efeitos podem provocar mudanças nas funções dos genes sem alterar a sequência do DNA. As alterações aparentemente modificam pontos do metabolismo animal e reduzem a eficiência produtiva (Singh et al., 2012; Monteiro et al., 2016).

#### **Efeitos deletérios sobre a produção de leite e seus componentes nas vacas ET**

A queda na produção de leite em animais com es-



estresse térmico severo pode chegar a 40% (West, 2003). Os efeitos sobre a produção de leite são mais evidentes que os observados sobre o crescimento (Baumgard & Rhoads, 2012).

Com o objetivo de avaliar o efeito do estresse térmico sobre a produção de leite, vacas da raça Holandesa foram mantidas em diferentes sistemas de alojamento (*Loose housing* quente ou frio e, com e sem acesso a área de pastagem). Lambertz et al. (2014) mostraram que independente do sistema, a produção de leite diminuía quando o ITU era superior a 65. Bernabucci et al. (2010) estudaram o efeito do estresse térmico ao longo de 2 anos em condições de campo e observaram diminuição de 0,27 kg de leite por dia para cada unidade de aumento de ITU acima de 68. Esses estudos evidenciam a magnitude da perda de produção em decorrência do estresse térmico e a possibilidade de utilização do ITU nesse monitoramento.

Durante muito tempo a queda na produção de leite foi atribuída à redução do consumo (Silanikov, 2000; West, 2003). Isso ocorreu principalmente por essa queda anteceder a queda na produção. Recentemente estudos confirmaram que outros fatores além da redução do consumo são responsáveis pela redução na produção de leite. Para isso foram realizados trabalhos em que a mesma quantidade de dieta foi fornecida para vacas em situação termoneutra e vacas em estresse térmico.

Trinta e duas vacas da raça Holandesa foram submetidas a um período de adaptação de sete dias em condição termoneutra com 20°C de temperatura e 20 % de umidade do ar (ITU=64), e alimentação *ad libitum*. Posteriormente, a metade desses animais passou a ser submetida à situação de estresse térmico com ITU que variou de 73 a 82 ao longo do dia. O consumo médio do período de adaptação do grupo em estresse térmico foi considerado como consumo padrão do experimento. A partir disso o grupo que permaneceu em condição termoneutra passou a ser alimentado com a mesma quantidade de dieta. Os pesquisadores relataram que a redução no consumo explica apenas 36% da perda na produção de leite (Rhoads et al., 2009). Wheelock et al. (2010) em delineamento semelhante relataram

que a diminuição no consumo explica aproximadamente 50% na redução da produção em vacas de leite.

Dessa forma, levantou-se a hipótese de uma ação direta do estresse térmico sobre a produção de leite. Esperava-se que vacas em estresse térmico com menor consumo passassem por momentos de balanço energético negativo e usassem mecanismos de compensação, como a mobilização de reservas corporais. No entanto vacas em estresse térmico são inflexíveis do ponto de vista metabólico (Baumgard & Rhoads, 2013). Embora apresentem redução no consumo, esses animais não têm diminuição nas concentrações séricas de insulina, o que impossibilita a mobilização do tecido adiposo. Dessa forma, não se observa elevação das concentrações séricas de ácidos graxos não esterificados (AGNE) (Wheelock et al., 2010; Baumgard et al., 2011), e os tecidos tornam-se dependentes de glicose como fonte de energia.

Os mecanismos pelos quais ocorre elevação da concentração plasmática da insulina não são claros. Em animais que passam por estresse térmico ocorre vasodilatação periférica com o objetivo de facilitar a dissipação do calor. Com isso o fluxo sanguíneo no trato gastrointestinal é diminuído. Ocorrem mudanças na conformação das células, que aumentam sua permeabilidade (Lambert, 2009). O aumento da permeabilidade intestinal permite a passagem de lipopolissacarídeos (LPS) das membranas celulares de bactérias Gram-negativas da luz do trato gastrointestinal para a circulação. Essa passagem induz o aumento nas concentrações séricas de insulina.

O efeito do aumento da permeabilidade celular foi estudado em 12 vacas da raça Holandês no terço médio da lactação. A pesquisadora observou que existe aumento significativo nas concentrações séricas de LPS e tendência na elevação das concentrações séricas de insulina, bem como de redução na concentração sérica de AGNE (Stoakes, 2014). Esses achados explicam o aumento da insulina em animais em estresse



térmico e justificam a inflexibilidade metabólica nesses animais.

Outro fator que pode influenciar diretamente a redução na produção de leite nas vacas em estresse térmico é a diminuição dos receptores hepáticos de GH. Baumgard & Rhoads Jr (2013) mostraram que essa redução leva a menor secreção de IGF-1, potente hormônio lactogênico, que também está relacionado ao consumo de matéria seca nesses animais.

A produção de leite pode também ser diminuída quando vacas secas são submetidas ao estresse térmico no período final da gestação. Para evidenciar essa perda, vacas no terço final de gestação foram alojadas em ambientes com presença ou ausência de resfriamento. Nesses estudos foram observados que animais resfriados no terço final de gestação tinham maior produção de leite até os 60 dias de lactação. A diferença era mais evidente quanto mais eficiente e duradouro fosse o método de resfriamento desses animais (Avendaño-Reyes et al., 2006; do Amaral, 2011).

Os mecanismos pelos quais o estresse térmico no final da gestação interfere na produção de leite subsequente não são claros. No entanto como a produção de leite é dependente da quantidade de células e de sua capacidade secretória, sugere-se que o estresse térmico nessa fase interfira no crescimento celular (Tao & Dahl, 2013).

Além da produção, a composição do leite pode ser alterada em condições de estresse térmico devido às mudanças observadas no metabolismo animal e menor disponibilidade dos precursores da síntese dos componentes do leite (Baumgard et al., 2011). A concentração sanguínea de ácidos graxos voláteis (AGV) e ácidos graxos não esterificados (AGNE), precursores da síntese da gordura do leite, é baixa nesses animais.

Por outro lado, a reação do organismo ao estresse térmico leva à produção intensa de proteínas nos tecidos extra mamários. Os aminoácidos presentes na circulação sanguínea são, por isso, preferencialmente utilizados para produzir proteínas de choque térmico, e em menor proporção, como apoio para obtenção de energia (Baumgard & Rhoads Jr, 2013).

Lambertz et al. (2014) com o objetivo de avaliar o efeito do estresse térmico sobre a composição do leite em vacas Holandês, encontraram efeito negativo do ITU > 60 sobre a composição de gordura e proteína do leite. Esses autores atribuíram a queda nos componentes do leite à diminuição do consumo de matéria seca e à maior seleção no cocho por concentrado. Essas observações poderiam resultar na diminuição da produção de acetato no rúmen e consequentemente de gordura no leite. A seleção por concentrado associado ao aumento da taxa de respiração e perda de saliva para o ambiente pode gerar quadros de acidose ruminal que levariam a biohidrogenação incompleta dos ácidos graxos insaturados causando redução na síntese de gordura do leite por mecanismos indiretos.

Com o objetivo de separar os efeitos diretos do estresse pelo calor do efeito secundário da redução da ingestão de alimentos sob a produção de proteína no leite, Cowley et al. (2015) avaliaram 24 vacas Holandês submetidas ou não ao estresse térmico. Esses pesquisadores observaram menor produção de proteína do leite para animais submetidos ao estresse térmico que para os que tiveram consumo restrito. Para eles, vacas em estresse térmico utilizam principalmente aminoácidos como precursores de glicose, havendo limitação de precursores da proteína do leite.

Wheelock et al. (2010) relataram que vacas sob estresse térmico secretam 200 a 400g a menos de lactose do que vacas em condição de termoneutralidade, e que isso pode ser explicado pela maior utilização de glicose pelos tecidos extra mamários. A menor produção de lactose, principal responsável pela osmolaridade do leite, pode explicar em parte a menor produção nos animais em estresse térmico.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estresse térmico materno no final da gestação causa menor desenvolvimento fetal, menor peso ao nascimento, menor absorção de IgG colostrar, e alterações no metabolismo e imunidade dos bezerros pós-nascimento. Os efeitos ao longo da



vida produtiva da fêmea, até o momento, foram menos relatados.

As mudanças metabólicas nos bezerros parecem aumentar a capacidade de lidar com o estresse térmico na vida adulta. Contudo, devido ao possível desvio metabólico e aparente diferença na composição dos tecidos, os desempenhos produtivo e reprodutivo apresentam-se inferiores nos trabalhos realizados. Os achados demonstram maior chance de descarte até o final da primeira lactação, e sugerem que o comprometimento da imunidade e da produtividade em longo prazo podem ser consequências dessas adaptações.

O estresse térmico sofrido em vacas durante o período de lactação, mesmo quando essas não são filhas de mães estressadas termicamente no final da gestação, provoca diminuição no consumo e grandes adaptações metabólicas. Essas mudanças resultam em menor aporte de energia para a glândula mamária, e parece ser este, um dos mecanismos responsáveis pela queda da produção de leite e de seus componentes.

Os efeitos observados nos animais ainda jovens, somados aos achados sobre produção e descarte precoce nas vacas sugerem a ocorrência de perdas invisíveis, prejudiciais aos sistemas de produção.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, B.M.; YOUNAS, U.; ASAR, T. et al. **Cows exposed to heat stress in utero exhibit improved thermal tolerance.** J. Dairy Sci., v.98 (Suppl. 2), p.862. (Abstr.), 2015.
- AVENDAÑO-REYES, L.F.D.; ALVAREZ-VALENZUELA, A.; CORREA-CALDERÓN, J. et al. **Effect of cooling Holstein cows during the dry period on postpartum performance under heat stress conditions.** Livest. Sci. v.281, p.2535–2547, 2006.
- AZEVEDO, M.; PIRES, M.F.A.; SATURNINO, H.M.; et al. **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.** R. Bras. Zootec., v.34, p.2000-2008, 2005.
- BAUMGARD, L.H.; RHOADS JR., R.P. **Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics.** Annu. Rev. Anim. Biosci., v. 1, p. 311-337, 2013.
- BAUMGARD, L.H.; RHOADS, R.P. **Ruminant Nutrition Symposium: ruminant production and metabolic responses to heat stress.** J. Anim. Sci., v. 90, p. 1855-1865, 2012.
- BAUMGARD, L.H.; WHEELLOCK, J.B.; SANDERS, S.R. et al. **Postabsorptive carbohydrate adaptations to heat stress and monensin supplementation in lactating Holstein cows.** J. Dairy Sci, v. 94, p. 5620-5633, 2011.
- BERNABUCCI, U.; BIFFANI, S.; BUGGIOTTI, L. et al. **The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle.** J. dairy Sci., v.97, p.471-486, 2014.
- BERNABUCCI, U.; LACETERA, N.; BAUMGARD, L.H. et al. **Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants.** Animal, v. 4, n. 07, p. 1167-1183, 2010.
- COPPOCK, C.E. **Energy nutrition and metabolism of the lactating dairy cow.** J. Dairy Sci., v. 68, p. 3403-3410, 1985.
- COWLEY, F.C.; BARBER, D.G.; HOULIHAN, A.V.; POPPI, D.P. **Immediate and residual effects of heat stress and restricted intake on milk protein and casein composition and energy metabolism.** J. Dairy Sci., v. 98, p. 2356-2368, 2015.
- DAHL, G.E.; TAO, S.; MONTEIRO, A.P. **Effects of late-gestation heat stress on immunity and performance of calves.** J. Dairy Sci., v.99, p.1-6, 2016.
- DO AMARAL, B.C.; CONNOR, E.E.; TAO, S. et al. **Heat stress abatement during the dry period influences metabolic gene expression and improves immune status in the transition period of dairy cows.** J. Dairy Sci., v.94, p.86–96, 2011.
- EARLY, R.J.; MCBRIDE, B.W.; VATNICK, I.; BELL, A.W. **Chronic heat stress and prenatal development in sheep: II. Placental cellularity and metabolism.** J. Anim. Sci., v.69 p.3610–3616, 1991.
- FU, Q.; MCKNIGHT, R.A.; CALLAWAY, C.W. et al. **Intrauterine growth restriction disrupts developmental epigenetics around distal growth hormone response elements on the rat hepatic IGF-I gene.** Faseb J., v.29, p.1176–1184, 2015.



- GUO, J.R.; MONTEIRO, A.P.A.; WENG, X.S. et al. **Short communication: Effect of maternal heat stress in late gestation on blood hormones and metabolites of newborn calves.** J. Dairy Sci., v.99, p.1-4, 2016.
- INTERGOVERNMENTAL Panel on Climate Change: AR4. The Intergovernmental Panel on Climate Change 4th Assessment Report. 2007.
- KADZERE, C.T.; MURPHY, M.R.; SILANIKOVE, N.; MALTZ, E. **Heat stress in lactating dairy cows: a review.** Livest. Prod. Sci., v.77, 59-91, 2002.
- LAMBERT, G.P. **Stress-induced gastrointestinal barrier dysfunction and its inflammatory effects.** J Anim Sci, v. 87: E101-E108, 2009.
- LAMBERTZ, C.; SANKER, C.; GAULY, M. **Climatic effects on milk production traits and somatic cell score in lactating Holstein-Friesian cows in different housing systems.** J. Dairy Sci., v. 97, p. 319-329, 2014.
- LAPORTA, J.; FABRIS, T. F.; SKIBIEL, A. L. et al. **In utero exposure to heat stress during late gestation has prolonged effects on the activity patterns and growth of dairy calves.** J. Dairy Sci., v. 100 p. 1-9. 2017.
- MCDOWELL, R.E.; HOOVEN, N.W.; CAMOENS, J.K. **Effect of climate on performance of Holsteins in first lactation.** J. Dairy Sci., v. 59, p. 965-971, 1976.
- MONTEIRO, A.P.A.; TAO, S.; THOMPSON, I.M.; DAHL, G.E. **Effect of heat stress in utero on calf performance and health through the first lactation.** J. Anim. Sci., 91(Suppl. 1) p.184. (Abstr.), 2013.
- MONTEIRO, A.P.; TAO, S.; THOMPSON, I.M.; DAHL, G.E. **Effect of heat stress during late gestation on immune function and growth performance of calves: Isolation of altered colostrum and calf factors.** J. Dairy Sci., v.97, p.6426-6439, 2014.
- MONTEIRO, A.P.; TAO, S.; THOMPSON, I.M.; DAHL, G.E. **In utero heat stress decreases calf survival and performance through the first lactation.** J. Dairy Sci., v.99,p.1-8, 2016.
- OLIVER, M.H.; HARDING, J.E.; BREIER, B.H.; GLUCKMAN, P.D. **Fetal insulin-like growth factor (IGF)-I and IGF-II are regulated differently by glucose or insulin in the sheep fetus.** Reprod. Fertil. Dev., v.8, p.167-172, 1996.
- RHOADS, M.L.; RHOADS, R. P.; VANBAALE, M. J. et al. **Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin.** J. Dairy Sci., v. 92, p. 1986-1997, 2009.
- ROENFELDT, S. **You can't afford to ignore heat stress.** Dairy Manage. v.35, p.6-12, 1998.
- SHEARER, J.K.; BEEDE, D.K.; BRAY, D.R.; BUCKLIN, R.A. **Managing during heat stress.** Nutrition and Animal Health, p.98, 1999.
- SILANIKOVE, N. **Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants.** Livest. Prod. Sci. v.67, p.1-18, 2000.
- SINGH, K.; MOLENAAR, A.J.; SWANSON, K.M. et al. **Epigenetics: A possible role in acute and transgenerational regulation of dairy cow milk production.** Animal, v.6, p.375-381, 2012.
- SMITH, J.R.; COLLIER, J.; HARNER, J.; BRADFORD, B. **Strategies to reduce heat stress in dairy cattle.** Proceedings of the 27th Annual Southwest Nutrition & Management Conference, 2012, Tempe.
- STOAKES, S. **The effects of intentionally-induced leaky gut on metabolism and production in lactating Holstein dairy cows.** In: 2014 ADSA-ASAS-CSAS Joint Annual Meeting. Asas, 2014.
- STÖBER M. Identificação, anamnese, regras básicas da técnica de exame clínico geral, p.44-80. DIRKSEN G.; GRÜNDER H.D; STÖBER M. (Ed.) Rosenberger, Exame Clínico dos Bovinos. RIO DE JANEIRO, 1993.
- TAO, S.; DAHL, G.E. **Invited review: Heat stress effects during late gestation on dry cows and their calves.** J. Dairy Sci., v.96, p.4079-4093, 2013.



- TAO, S.; MONTEIRO, A.P.; HAYEN, M.J.; DAHL, G.E. **Short Communication: Maternal heat stress during the dry period alters postnatal whole-body insulin response of calves.** J. Dairy Sci., v.97, p.897–901, 2014.
- TAO, S.; MONTEIRO, A.P.; THOMPSON, I.M.; HAYEN, M.J.; DAHL, G.E. **Effect of late-gestation maternal heat stress on growth and immune function of dairy calves.** J. Dairy Sci., v.95, p.7128–7136, 2012.
- THOMPSON, I.M.; TAO, S.; BRANEN, J. et al. **Environmental regulation of pregnancy-specific protein B concentrations during late pregnancy in dairy cattle.** J. Anim. Sci., v.91 p.168–173, 2013.
- TUCKER, H.A. **Hormonal response to milking.** J. Anim. Sci., v.32, p.137–144, 1971.
- USDA-NASS (United States Department of Agriculture-National Agricultural Statistics Service). 2011. Florida livestock, dairy and poultry summary 2010. USDA-NASS, Washington, DC.
- WEST, J. W. **Effects of heat-stress on production in dairy cattle.** J. Dairy Sci., v. 86, p. 2131-2144, 2003.
- WHEELLOCK, J.B.; RHOADS, R.P.; VANBAALE, M.J. et al. **Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows.** J. Dairy Sci., v. 93, p. 644-655, 2010.
- ZIMBELMAN, R.B., RHOADS, R.P., RHOADS, M.L .et al. **A re-evaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows.** In: Proceedings of the Southwest Nutrition and Management Conference, Arizona. 2009. p. 158-168.