

Documentos

ISSN 0104-866X
Março, 2009

188

Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos



Embrapa

ISSN 0104-866X

Março, 2009

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Meio-Norte
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 188

Bioclimatologia Aplicada à Produção de Bovinos Leiteiros nos Trópicos

*Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo
Arnaud Azevêdo Alves*

Embrapa Meio-Norte
Teresina, PI
2009

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio-Norte

Av. Duque de Caxias, 5.650, Bairro Buenos Aires,
Caixa Postal: 01
CEP 64006-220 Teresina, PI.
Fone: (86) 3089-9100
Fax: (86) 3089-9130
Home page: www.cpamn.embrapa.br
Email: sac@pamn.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Flávio Flavaro Blanco*
Secretária Executiva: *Luísa Maria Resende Gonçalves*
Membros: *Paulo Sarmanho da Costa Lima, Fábio Mendonça Diniz, Cristina Arzabe, Eugênio Celso Emérito Araújo, Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo, Carlos Antônio Ferreira de Sousa, José Almeida Pereira e Maria Teresa do Rêgo Lopes*

Supervisor editorial: *Lígia Maria Rolim Bandeira*
Revisor de texto: *Francisco David da Silva*
Normalização bibliográfica: *Orlane da Silva Maia*
Editoração eletrônica: *Jorimá Marques Ferreira*
Foto da capa: *José Miguel dos Santos*

1ª edição

1ª impressão (2009): 300 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Meio-Norte**

Azevêdo, Danielle Maria Machado Ribeiro.

Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos / Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo e Arnaud Azevêdo Alves. - Teresina : Embrapa Meio-Norte, 2009.

83 p. ; 21 cm. - (Documentos / Embrapa Meio-Norte, ISSN 0104-866X ; 188).

1. Gado leiteiro. 2. Aclimação. 3. Fisiologia animal. I. Alves, Arnaud Azevêdo. II. Embrapa Meio-Norte. III. Título. 4. Série. CDD 636.2142 (21. ed.)

© Embrapa, 2009

Autores

Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo

Médica veterinária, D. Sc. em Zootecnia (Produção Animal), pesquisadora da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI
azevedo@cpamn.embrapa.br

Arnaud Azevêdo Alves

Engenheiro agrônomo, D. Sc. em Zootecnia (Nutrição de Ruminantes), professor da Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI
arnaud@ufpi.edu.br

Apresentação

É sabido que as condições do ambiente nos trópicos causam grandes prejuízos econômicos à produção animal, reduzindo a taxa de crescimento, a produção de leite e o desempenho reprodutivo. Esses efeitos são devidos, principalmente, às temperaturas elevadas (excedendo os limites ditados pela genética), às altas taxas de radiação solar durante o dia e à elevada umidade relativa, que combinados entre si provocam grandes mudanças no mecanismo fisiológico dos animais.

É importante, portanto, que sejam estudadas as condições que provocam estresses fisiológicos em diferentes raças e categorias de animais, juntamente com o conhecimento e a quantificação dessas condições. Nos estudos, deverão ser contemplados os índices fisiológicos mais apropriados para medir as limitações ambientais e o desempenho dos rebanhos.

Dada a importância social e econômica da pecuária leiteira no Meio-Norte, assim como a existência permanente de fatores ambientais limitantes à sua produtividade, este documento se propõe a discutir a influência do ambiente sobre o desempenho de bovinos de leite, enfocando o efeito dos fatores climáticos sobre o crescimento, lactação e reprodução de bovinos leiteiros nos trópicos.

Hoston Tomás Santos do Nascimento
Chefe-Geral da Embrapa Meio-Norte

Sumário

Bioclimatologia Aplicada à Produção de Bovinos Leiteiros nos Trópicos	9
Introdução	9
O ambiente e o animal	11
Zona de termoneutralidade	12
Produção de calor (termogênese)	14
Trocas térmicas e termólise	15
Estresse térmico	16
O estresse climático pelo calor	18
Efeitos do estresse térmico por calor em bovinos leiteiros	20
Sobre a fisiologia do rúmen	21
Sobre as exigências nutricionais	22
Sobre o consumo de alimentos	32
Sobre o consumo de água	36

Sobre a produção de leite	43
Sobre o crescimento e desenvolvimento	45
Sobre o seu comportamento (atividades físicas, postura corporal, procura por sombra)o	47
Sobre a reprodução e eficiência reprodutiva	50
Avaliação do estresse calórico em bovinos	55
Índices de adaptação e conforto térmico	55
Índices baseados em medidas ambientais	57
Índices baseados em medidas de animais	61
Estratégias para amenizar os efeitos do estresse calórico em bovinos leiteiros	66
Sombreamento	68
Resfriamento pela água, pelo aumento da ventilação e suas associações	70
Manejo nutricional	72
Referências	75

Bioclimatologia Aplicada à Produção de Bovinos Leiteiros nos Trópicos

*Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo
Arnaud Azevêdo Alves*

Introdução

As regiões tropicais e subtropicais, situadas entre os limites de 30° de latitude Norte e Sul, são zonas climáticas bem-definidas que concentram, aproximadamente, um terço da superfície terrestre (OORT, 1970). O acentuado crescimento demográfico dos países situados nessa região, associado à ineficiência de produção de alimentos, agrava o problema de carência alimentar da população.

O rebanho existente nas regiões tropicais e subtropicais é imenso, porém, apresenta baixo desempenho produtivo e reprodutivo. Uma das estratégias para aumentar a produtividade dos rebanhos localizados em regiões tropicais tem sido a introdução de raças especializadas originárias de clima temperado, por meio da importação de animais (ou sêmen ou ainda embriões), a serem utilizados como puros ou em cruzamentos com raças nativas. Na maioria das vezes, no entanto, observa-se que animais de raças importadas comportam-se de forma diferente em relação ao seu país de origem, com perda de suas características raciais e produtivas. Essa "ineficiência" tem como causa os mais diversos fatores (clima, tipo de alimento, qualidade das pastagens, doenças, parasitas), que podem atuar

como agentes limitantes das funções fisiológicas e, conseqüentemente, do desempenho animal. O ambiente representa, portanto, um fator de restrição para a obtenção da eficiência máxima para ganho de peso e produção de leite, principalmente em sistemas intensivos de produção.

O desempenho produtivo e reprodutivo dos animais depende do manejo empregado, envolvendo o sistema de criação, a nutrição, a sanidade e as instalações. Muitas vezes, a genética e a alimentação recebem maior atenção de técnicos e produtores, visto que grande parcela dos custos de investimento e operação concentra-se nessas duas áreas. As instalações, que representam o maior volume de investimento inicial fixo, são construídas apenas em razão dos custos e facilidades para o produtor, sendo o conforto do animal negligenciado.

O Brasil possui cerca de dois terços do seu território situados na faixa tropical do planeta, onde predominam altas temperaturas do ar, em virtude da elevada radiação solar incidente. A temperatura média do ar situa-se acima dos 20 °C e a temperatura máxima se encontra acima dos 30 °C em grande parte do ano, atingindo, muitas vezes, valores entre 35 °C e 38 °C (TITTO, 1998). Nesse contexto, a produção de leite de bovinos no País passa por grandes e rápidas transformações em virtude da nova realidade econômica mundial, com adoção de modernas tecnologias, objetivando o crescimento substancial da produtividade. Muitas propriedades leiteiras brasileiras estão utilizando vacas de alto potencial genético para a produção de leite, animais estes que possuem metabolismo elevado, com produção de maior quantidade de calor endógeno. Essas granjas freqüentemente possuem instalações inadequadas às condições climáticas da região em que estão instaladas, acarretando uma adição da elevada temperatura do ar com grande quantidade de calor endógeno produzido pelas vacas em lactação. Nessas condições, desenvolve-se nessas fêmeas o estresse calórico que, em última instância, diminui a produção de leite.

Dessa forma, percebe-se que os sistemas de produção de leite bovino devem focar não apenas a produtividade, mas também o bem-estar do animal. Assim, para amenizar os efeitos deletérios do ambiente tropical, há necessidade de melhor entender as relações entre os elementos climáticos e a fisiologia animal. Esse é o objetivo da Bioclimatologia Animal, ciência que vem ganhando espaço no meio científico, dada a sua importância visando vencer as barreiras impostas pelo ambiente sobre a expressão do potencial genético dos animais.

O ambiente e o animal

A produção ou mesmo a sobrevivência de um animal depende de sua capacidade em manter sua temperatura corporal dentro de limites estreitos. Esse processo denomina-se homeotermia, ou seja, a manutenção da temperatura corporal em níveis constantes (pouco variáveis), independentemente de alterações da temperatura ambiente.

Quando um animal é submetido a um ambiente com temperatura mais baixa que a temperatura corporal, ocorre dissipação de calor do seu corpo para o ambiente, processo normal que tende ao equilíbrio. Se houvesse continuação nesse processo, a temperatura corporal decresceria e o animal entraria em hipotermia, que poderia culminar com sua morte. No entanto, ocorrem compensações fisiológicas, isto é, o animal homeotermo (ou homeotérmico) aumenta sua produção de calor e reduz as perdas para o ambiente, mantendo controlada a sua temperatura interna (BAÊTA; SOUZA, 1997).

Zona de termoneutralidade

Para que possam expressar totalmente seu potencial genético para produção, os animais devem receber alimentação adequada em quantidade e qualidade e ser mantidos em condições climáticas que, idealmente, devem situar-se na zona de termoneutralidade (Fig. 1).

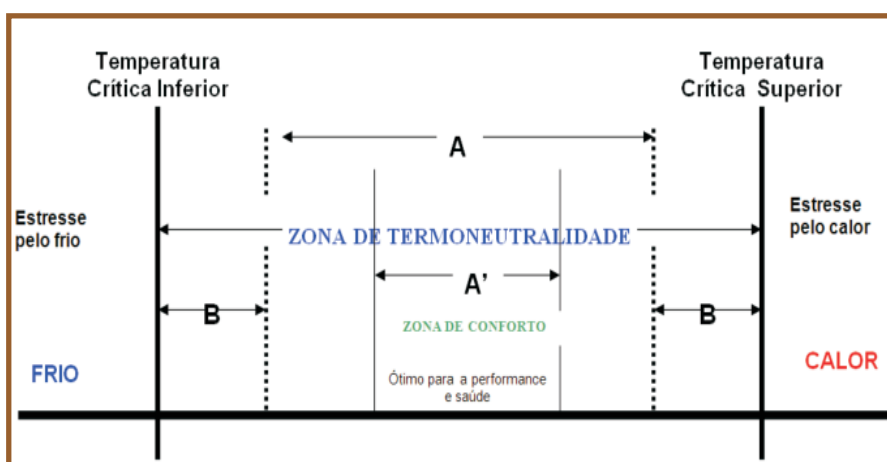


Fig. 1. Representação esquemática da Zona de Termoneutralidade.
Fonte: Hafez (1973), adaptada pelos autores.

De acordo com Baccari Júnior (1998), a zona de termoneutralidade é uma faixa de temperatura ambiente efetiva na qual o animal não sofre estresse pelo frio ou pelo calor. Dentro da zona de termoneutralidade, o custo fisiológico é mínimo, a retenção de energia da dieta é máxima, a temperatura corporal e o apetite são normais e a produção é ótima. O gasto de energia para manutenção do animal ocorre a um nível mínimo e, assim, a energia do organismo pode ser dirigida para os processos produtivos, além daqueles de manutenção, não ocorrendo desvio de energia para manter o equilíbrio fisiológico, que, em caso de estresse, pode ser rompido. Na zona de termoneutralidade, a frequência respiratória é normal e não ocorre sudorese, apenas a difusão de água por meio da pele.

A zona de termoneutralidade tem como limites a temperatura crítica inferior e a temperatura crítica superior. Abaixo da temperatura crítica inferior, o animal entra em estresse pelo frio e acima da temperatura crítica superior, sofre estresse pelo calor (Fig. 1). Na Tabela 1, são apresentados alguns valores de temperatura crítica inferior, superior e de conforto térmico para algumas espécies.

Tabela 1. Valores comuns de temperatura efetiva crítica inferior (TCI), temperatura crítica superior (TCS) e conforto térmico (TC), em OC, para algumas espécies de animais.

Animal	TCI	TC	TCS
Recém-nascido			
Bovino	10	18 a 21	26
Ovelha	6	25 a 30	34
Galinha	34	35	39
Humano	23	32 a 34	37
Adulto			
Ovelha	-20	15 a 30	35
Galinha	15	18 a 28	32
Bovino europeu	-10	-1 a 16	27
Bovino indiano	0	10 a 27	35
Coelho	10	15 a 25	30
Caprino	-20	20 a 30	34

Fonte: Hafez (1973) e Curtis (1981), adaptada pelos autores.

Em caso de estresse pelo frio ou estresse pelo calor, o animal age visando manter a temperatura corporal em níveis normais. Quando em estresse pelo frio, o animal produz calor (termogênese), que pode ser por meio do maior consumo de alimentos para produzir uma maior quantidade de calor interno (calor endógeno); e sob estresse pelo calor, o animal diminui a ingestão de alimento para reduzir a produção interna de calor (baixar a taxa metabólica) e dissipá-lo para o ambiente, por intermédio da condução, convecção, radiação ou evaporação (termólise).

Na literatura, existe grande variação no que concerne às temperaturas que delimitam faixa de termoneutralidade, pois o conforto térmico também depende da umidade relativa do ar e da adaptação e nível metabólico do animal, que passa pelo plano nutricional e nível de produção.

Segundo Muller (1982), a zona de termoneutralidade para a produção de leite está entre -5 °C e 21 °C para vacas holandesas, sendo ligeiramente maior, 24 °C, para vacas Jersey e Schwyz. Para raças Zebuínas, esse limite atinge 29 °C.

Nããs (1989) preconiza a faixa de 13 °C a 18 °C como confortável para a maioria dos ruminantes e recomenda temperaturas entre 4 °C e 24 °C para vacas em lactação, podendo restringir esses limites a 7 °C a 21 °C, em razão da umidade relativa e da radiação solar. Baeta e Souza (1997) cita como zona de conforto para bovinos adultos de raças européias a faixa entre -1 °C e 16 °C.

A partir desses dados, pode-se constatar que a maior parte do Brasil apresenta freqüentemente temperaturas superiores a essas por várias horas do dia, em grande parte do ano, sujeitando as vacas leiteiras ao estresse térmico por calor.

Produção de calor (termogênese)

No organismo, o calor pode ser produzido por meio de diversos mecanismos. Muller (1982) cita a transformação da energia química dos alimentos em trabalho, o calor metabólico (produzido pela ingestão dos alimentos, cuja intensidade de produção varia conforme a qualidade do alimento), a atividade muscular, a prenhez e a lactação.

Trocas térmicas e termólise

O calor do corpo pode ser transferido ou perdido pelo organismo por meio da condução, convecção, radiação e evaporação. Segundo Nããs (1989), as trocas que envolvem variação de temperatura são denominadas "trocas secas", ou seja, a condução, a convecção e a radiação. No caso de trocas térmicas que advêm de mudança de agregação da água, do estado líquido para o vapor, ou do vapor para o líquido, são denominadas "trocas úmidas", cujos mecanismos são a evaporação e a condensação.

Na transferência de calor por convecção, a perda de calor ocorre pela circulação de moléculas, devendo um dos corpos envolvidos na troca de calor ser sólido e o outro fluido (líquido, como a água, ou gás, como o ar). Nesse tipo de troca térmica, dois fatores de grande importância são a movimentação do ar (daí o uso de ventiladores) e a extensão da superfície.

Na condução, a perda de calor se dá por contato entre superfícies (dois corpos que se tocam ou mesmo partes diferentes de um corpo que estejam a temperaturas diferentes). Essa é a única forma de transportar calor do interior do organismo até a periferia e pode ocorrer nos dois sentidos (MULLER, 1982), ou seja, também pode ser uma forma de ganhar calor.

Na radiação, o animal irradia calor para outros objetos por meio de ondas eletromagnéticas (BAETA; SOUZA, 1997). Nesse tipo de mecanismo, não é necessário um meio de propagação, acontecendo na ausência de meio ou no vácuo (NÃÃS, 1989).

Para que esses mecanismos sejam eficientes, é necessário um gradiente térmico entre o corpo do animal e seu ambiente. Quando existe gradiente térmico, o excesso de calor corporal é transferido rapidamente do corpo aquecido do animal para o ambiente mais frio.

Na zona de conforto térmico, 75 % ou mais da perda de calor ocorre por radiação, convecção e/ou condução. No entanto, quando a temperatura

ambiente excede a temperatura crítica superior, o gradiente de temperatura torna-se pequeno para que ocorra resfriamento por condução, convecção ou radiação e a umidade relativa do ar passa a ter importância fundamental nos mecanismos de dissipação de calor. Nesses casos, o centro termorregulador do animal, sediado no hipotálamo, dá início à termólise, especialmente por mecanismos evaporativos para manter o balanço térmico e a evaporação, por meio da sudorese e/ou respiração, tornando-se a principal via de dissipação de calor, responsável por 80 % da perda de calor corporal (SHEARER; BEEDE, 1990). Em condições de umidade relativa do ar aumentada, há dificuldade na evaporação (MULLER, 1982) e o ambiente torna-se mais estressante para o animal (DE LA SOTA, 1996).

É ainda importante observar que a sudorese é uma característica adaptativa que depende da temperatura da pele, da umidade relativa do ar, da densidade, tamanho e funcionalidade das glândulas sudoríparas, além da espessura do pelame. Segundo Muller (1982), os animais dividem-se em três grupos quanto à sudorese: 1) que produzem suor verdadeiro, o homem e o cavalo; 2) que suam, os bovinos; 3) que não suam, como os coelhos.

Estresse térmico

Considerando o que foi apresentado, percebe-se que os animais são sensíveis às mudanças de ambiente físico e, quando submetidos a estas, recorrem a mecanismos de adaptação fisiológica a fim de manter a homeostasia, mesmo em condições de estresse.

O termo estresse (stress) foi utilizado pela primeira vez em 1936 pelo austríaco Hans Selye em artigo publicado na revista Nature (SELYE, 1936). Em seu artigo, Selye definiu estresse como "estado do organismo, o qual, após a atuação de agentes ambientais de quaisquer naturezas, responde

com uma série de reações não específicas de adaptação, entre as quais estão em primeiro plano uma hipertrofia do córtex adrenal e uma aumentada secreção de seus hormônios".

O estresse é, então, o somatório dos mecanismos de defesa do organismo em resposta a um estímulo provocado por um agente agressor ou estressor, externo ou interno, natural ou artificial. As respostas do animal podem ser comportamentais, fisiológicas ou imunológicas.

Para Baccari Júnior (1998), os estressores podem ser mecânicos (traumatismos, contenção), físicos (calor, frio, eletricidade, som), químicos (drogas), biológicos (estado de nutrição, agentes infecciosos) e psicológicos (exposição a um ambiente novo, manuseio). O estresse pode também ter origem social em razão das relações de hierarquia dentro de um rebanho.

Um animal é considerado em estado de estresse quando são necessários ajustes (naturais ou artificiais) anormais em seu comportamento e/ou fisiologia, com a finalidade de facilitar a expressão de seu fenótipo e fazer frente aos aspectos anti-homeostáticos do ambiente. A resposta dos animais a um evento estressante compreende três componentes principais: o reconhecimento da ameaça à homeostase ou bem-estar, a resposta ao estresse e as consequências do estresse. Uma variedade de fatores como experiência anterior, genética, idade, sexo ou condições fisiológicas, modela a natureza da resposta biológica de um animal a um estressor. Em geral, todo o sistema neuroendócrino está envolvido na resposta de estresse e o padrão de resposta hormonal varia com o tipo de estressor (MOBERG, 2000).

O estresse climático pelo calor

O ambiente é composto de estressores que interagem e inclui todas as combinações de condições nas quais o organismo vive. O estresse climático é aquele causado pelos elementos climáticos (temperatura, umidade, radiação solar) e pode afetar o crescimento, a produção de leite e a reprodução dos animais (BACCARI JÚNIOR, 1998). O estresse climático pode ser pelo frio ou pelo calor.

Em regiões de clima quente, predomina o estresse climático pelo calor ou estresse térmico por calor ou, simplesmente, estresse calórico. Nessas regiões, condições ambientais adversas (alta temperatura ambiente, alta umidade relativa do ar e alta radiação solar) aliadas à alta produção de calor metabólico resultam em um estoque de calor corporal excedente e, caso seja impossível ao animal eliminar para o ambiente esse excedente, ocorre o estresse térmico.

De acordo com Pires et al. (1998), quando vacas em lactação são expostas a um ambiente térmico no qual a produção de calor excede a sua eliminação, todas as fontes que geram calor endógeno são inibidas, principalmente o consumo de alimentos e o metabolismo basal e energético, enquanto a temperatura corporal, a frequência respiratória e a taxa de sudorese aumentam. Essas funções indicam tentativas do animal em minimizar o desequilíbrio térmico para manter a homeotermia, indicando também que o animal está sob a ação de estresse térmico por calor.

A intensidade e a duração do estressor determinam a resposta do animal ao estresse. Essas respostas adaptativas podem ser comportamentais, fisiológicas e imunológicas e o seu êxito permite que a função normal continue. Entretanto, quando certos limites são ultrapassados, a função é prejudicada, afetando o desempenho e a saúde do animal (HAHN, 1993).

Segundo Hahn (1993), as respostas ao estresse térmico pelo frio são:

1. Evitar a perda de calor: é a resposta inicial, por meio de descarga do sistema nervoso simpático, que leva à vasoconstrição periférica (diminuindo o fluxo sanguíneo à periferia do corpo) e à piloereção (diminuindo a ação das correntes de convecção). Também de imediato, ocorrem respostas comportamentais de procura de abrigo e enroscamento do corpo.

2. Aumento da produção de calor: quando os mecanismos de manutenção não são suficientes para manter a temperatura do organismo, entra em ação o mecanismo de produção de calor (termogênese), que pode ser de duas maneiras:

- Com tremores musculares: movimentos musculares involuntários capazes de incrementar em 400 % o consumo de O_2 nos músculos e produzir um proporcional aumento na produção de calor.

- Sem tremores musculares: mediado hormonalmente. A princípio pela adrenalina e noradrenalina e mais tarde pelos hormônios da tireóide e glicocorticóides adrenais. A produção de calor decorre do aumento do metabolismo celular, especialmente do fígado. É menos eficiente que os tremores musculares, mas pode funcionar como ajuste mais duradouro na chamada síndrome de adaptação geral ao estresse (ou GAS).

As respostas fisiológicas adaptativas ao calor incluem vasodilatação periférica, aumento da taxa de produção de suor (taxa de sudorese), aumento da frequência respiratória e redução no metabolismo energético. Essa última resposta tem como consequência a redução da produção de calor metabólico e deve-se à redução da liberação dos hormônios da tireóide (T3 e T4). As demais respostas facilitam a ação dos mecanismos físicos na dissipação de calor para o meio ambiente, por meio da irradiação, condução, convecção e evaporação.

No campo imunológico, sabe-se que, em resposta ao estresse, os glicocorticóides produzem alterações no número relativo dos glóbulos brancos e que o estresse inibe a resposta linfocitária aos desafios imunogênicos. As mesmas associações de temperatura e umidade que provocam as doenças enfraquecem o sistema imunológico, contribuindo para o aparecimento de doenças e sua disseminação (REIS, 1996).

Em relação à resposta comportamental ao calor, verifica-se que os animais diminuem suas atividades nas horas mais quentes do dia, procurando pastar mais à noite e buscando sombra ou imersão em água durante o dia, utilizando sempre todos os recursos disponíveis no seu ambiente.

A análise do comportamento contribui de forma a diminuir ou evitar o estresse ao animal, aumentando assim o seu conforto (bem-estar animal) e favorecendo o desenvolvimento e a adaptação dos alojamentos e manejo dos animais nas propriedades leiteiras (WECHSLER et al., 1997).

Em alguns casos, as alterações comportamentais do animal são a única indicação de que há estresse térmico por calor. No entanto, essas alterações, mesmo quando observadas pelos técnicos e produtores, são pouco consideradas.

Efeitos do estresse térmico por calor em bovinos leiteiros

Os bovinos sob estresse térmico têm suas atividades comprometidas, o que ocasiona alterações sobre o consumo de alimento e água, crescimento/desenvolvimento, produção de leite e reprodução, bem como afeta seu comportamento (atividades físicas, postura corporal, busca por sombra). É conveniente ressaltar que as vacas de maior produção são mais susceptíveis ao estresse térmico por calor em razão da maior produção de calor decorrente da maior ingestão de alimentos para atender à elevada demanda de produção. Em separado, abordar-se-á cada um desses efeitos do estresse térmico por calor.

Sobre a fisiologia do rúmen

Durante estresse térmico por calor, além da redução no consumo de matéria seca (MS), aumenta-se a exigência por K em razão da sua secreção no leite e perdas por sudorese, sendo ainda necessário manter o balanço cátion-aniônico. Para vacas em lactação sob estresse térmico por calor, o National Research Council (2001) recomenda 1,5 % de K na MS da dieta para maximização da produção de leite, no entanto, como a maioria das dietas para essa categoria animal já contém já 1,5 % ou mais de K na MS, geralmente é desnecessária suplementação. Além disso, deve-se evitar excesso de nutrientes minerais em dietas para minimizar os riscos de contaminação ambiental decorrentes da excreção dos excedentes.

Durante estresse térmico por calor, o aumento da frequência respiratória até ofegância resulta em redução da pressão parcial de CO_2 e ácido carbônico no sangue, causando uma alcalose respiratória e induzindo a uma perda compensatória de íons bicarbonato pelos rins. Perdas de HCO_3 e íons álcalis (Na, K) podem resultar em reduzida capacidade tamponante do ambiente ruminal em razão de o Na_2CO_3 e o K_2CO_3 serem os principais tampões encontrados na saliva (WEST et al., 1987).

Segundo Beede e Collier (1986), é necessária a inclusão de Na_2CO_3 em dietas como tampão para o ambiente ruminal em animais estressados pelo calor, assim como a inclusão de um agente acetogênico pode auxiliar a manter o equilíbrio cátion-aniônico do sangue. No entanto, as consequências dessa combinação no desempenho de ruminantes estressados pelo calor merecem avaliação prática. West et al. (1987) não verificaram efeito do tampão K_2CO_3 no pH ruminal, AGVs e digestibilidade da MS ou fibra em vacas de leite da raça Holandesa em estresse térmico. Entretanto, as dietas apresentavam fibra em detergente ácido (FDA) próximo às quantidades normalmente recomendadas para se prevenirem alterações no rúmen ou redução da gordura do leite. Dietas com cerca de 21 % de FDA podem não apresentar redução do consumo de matéria

seca. No entanto, Cummins (1992) recomenda reduzir o conteúdo de FDA da dieta de 16,1 % para 14 % durante estresse térmico sob temperatura máxima geralmente superior a 30 °C, com o objetivo de se aumentar o consumo de matéria seca.

A relação entre o conteúdo de FDA na dieta e o decréscimo do consumo de matéria seca para cada 1 °C acima da temperatura de 19 °C a 20 °C foi estabelecida para vacas da raça Holandesa em lactação por Cummins (1992) como:

$$RCMS = 0,819 - 0,0333FDA$$

Em que:

RCMS = redução do consumo de matéria seca (kg/°C).

FDA = em % na matéria seca.

O efeito linear decrescente da FDA sobre o consumo de matéria seca por animais estressados pode ser justificado pelo incremento calórico determinado pela fermentação de dietas contendo maior proporção de fibra.

Sobre as exigências nutricionais

Exigências de bezerros

Ao nascerem, os bezerros possuem reservas energéticas corporais limitadas e modesto isolamento térmico, proporcionado pela cobertura de pêlos e gordura corporal (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001).

Dados da Tabela 2 ilustram os efeitos do decréscimo da temperatura ambiente abaixo da temperatura crítica inferior sobre a exigência de energia para manutenção de bezerros. Esses valores foram calculados pelo National Research Council (2001) a partir de dados de Schrama (1993).

Tabela 2. Efeito do ambiente sobre as exigências energéticas de bezerros^a

Temperatura ambiente (°C)	Aumento das exigências de energia para manutenção (kcal ELm/dia)		Exigência de energia para manutenção (kcal EM/dia) ^b		Aumento porcentual na EM para manutenção	
	Nascimento a 3 semanas de idade ^c	> 3 semanas de idade ^d	Nascimento a 3 semanas de idade ^c	> 3 semanas de idade ^d	Nascimento a 3 semanas de idade ^c	> 3 semanas de idade ^d
20	0	0	1735	1735	0	0
15	187	0	1969	1735	13	0
10	373	0	2203	1735	27	0
5	560	187	2437	1969	40	13
0	746	373	2671	2205	54	27
-5	933	568	2905	2437	68	40
-10	1119	746	3139	2671	86	54

Fonte: NRC (2001), a partir de dados de Schrama (1993).

^aCalculado para bezerros pesando 45,35 kg (17,35 kg^{0,75}). Produção de calor extra = 2,15 kcal/kg^{0,75}/dia por decréscimo de cada °C abaixo da temperatura crítica inferior (SCHRAMA, 1993). Em razão de a produção de calor estar em termos de energia líquida (EL), a energia metabolizável (EM) foi calculada como EM = EL/0,8.

^bExigência de energia para manutenção = 100 kcal/kg^{0,75}/dia.

^cBezerros do nascimento a 3 semanas de idade apresentam temperatura crítica inferior na faixa dos 15 °C aos 25 °C. Dados acima foram calculados com base na temperatura crítica inferior 20 °C.

^dDados para bezerros com idade superior a 3 semanas foram calculados com base na temperatura crítica inferior 10 °C.

Com base nos dados da Tabela 2, o National Research Council (2001) estabelece correções para exigências energéticas de bezerros jovens, considerando apenas o estresse por frio (Tabela 3), no entanto, a exemplo do National Research Council (1981), nenhuma correção é proposta para as condições de estresse por calor, baseado na premissa de que não há dados disponíveis que permitam recomendações na alimentação de bezerros em condições tropicais.

A partir dos dados da Tabela 3, e considerando que as exigências líquidas de manutenção (ELm) sofrem efeito dos fatores relacionados à temperatura ambiente (FatorTemp), o National Research Council (2001) estabelece a equação $ELm = (ELm \times (1 + \text{FatorTemp}))$ para bezerros, sendo previsto aumento de aproximadamente 2,7 % para cada redução em 1 °C na temperatura abaixo dos 15 °C e dos 5 °C, respectivamente, para bezerros com menos e com mais que 2 meses de idade. Esse fato indica o uso mais eficiente da energia da dieta para atendimento das exigências de manutenção de bezerros em condições menos predisponentes ao estresse pelo frio, como é o caso das regiões de clima tropical.

Tabela 3. Fatores relacionados à temperatura ambiente (FatorTemp) para correção do valor energético para manutenção de bezerras.

Temperatura	Idade (> 2 meses)	Temperatura (°C)	Idade (< 2 meses)
> 5	0	> 15	0
0 a 5	0,13	10 a 15	0,13
-5 a 0	0,27	5 a 10	0,27
-10 a -5	0,40	0 a 5	0,40
-15 a -10	0,54	-5 a 0	0,54

Fonte: National Research Council (2001).

Exigências de novilhas de reposição

Quando do estabelecimento de dietas para bovinos em crescimento, a partição da exigência energética para manutenção pode dar-se em energia para metabolismo basal, atividades físicas e regulação térmica (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001).

O National Research Council (2001) propõe rever esses fatores para a equação de estimativa do consumo de matéria seca por novilhas de reposição, com base nas condições ambientais, quanto às condições do piso, temperatura ambiente e variações térmicas diárias com ou sem resfriamento noturno (Tabela 4).

A energia disponível para crescimento depende de interações entre consumo de matéria seca, incremento calórico e isolamento térmico do animal, variáveis influenciadas pela temperatura ambiente, vento, e produção e perda de calor pelo animal (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001). Nesse sentido, as exigências para manutenção de novilhas de reposição em rebanhos leiteiros com atividade física mínima são assim estabelecidas:

$$ELm = ((0,086 \times (0,96 \text{kgPV})^{0,75} \times \text{COMP})) + a1$$

Em que:

COMP = efeito compensatório para plano de nutrição.

a1 = ajuste do efeito da temperatura prévia na taxa metabólica (Mcal/dia/ (kgPV em jejum)^{0,75}).

O valor do coeficiente a1 = 0,086 é baseado em dados calorimétricos (HAALAND; TYRRELL; MOE, 1980, 1981) e estudos de abate comparativo de novilhas de leite (FOX; BLACK, 1984). Cerca de 10 % da exigência líquida para manutenção destina-se à atividade (FOX; TYLUTKI, 1998).

O National Research Council (2001) adotou correção do peso vivo para metabolismo de jejum, considerando que há redução em 4 % do peso vivo do animal quando permanece por uma noite de jejum sem alimento ou água, o que resultou no fator 0,96 kgPV.

Tabela 4. Fatores de correção para a equação de estimativa do consumo de matéria seca por novilhas de reposição, baseados na temperatura ambiente e resfriamento noturno.

Temperatura ambiente (°C)	Fator de correção
temperatura < - 15	1,16
- 15 ≤ temperatura ≤ - 5	1,07
- 5 ≤ temperatura ≤ 5	1,05
5 ≤ temperatura ≤ 15	1,03
15 ≤ temperatura ≤ 25	1,00
25 ≤ temperatura ≤ 35	0,90
temperatura > 35 sem resfriamento à noite	0,65
temperatura > 35 com resfriamento à noite	0,90

O efeito compensatório para plano de nutrição (COMP) assume, segundo Fox e Tylutki (1998), que o escore de condição corporal (ECC) reflete o plano de nutrição prévio. Uma mudança de 5 % no metabolismo de jejum pode ser esperada para cada mudança de escore de condição corporal em relação à média 5 (em uma escala de 9 pontos, em que 1 = muito magro e 9 = obeso). Assim:

$$\text{COMP} = 0,8 + ((\text{ECC} - 1) \times 0,05)$$

Os trabalhos de Young (1975a,b) foram usados por Fox e Tylutki (1998) para ajustes ao Sistema de Cornell de Carboidrato e Proteína Líquida (CNCPS) e pelo National Research Council (2001) para descrever como as exigências de ELM de bovinos adaptados a um dado ambiente térmico estão relacionadas com a temperatura prévia do ar ambiente:

$$a_2 = 0,0007 \times (20 - \text{TempPrev})$$

Em que:

a_2 = ajuste para manutenção em razão da temperatura prévia (Mcal/dia/ $(0,96\text{kgPV})^{0,75}$).

TempPrev = temperatura prévia (°C).

O National Research Council (1981) concluiu que a temperatura à qual o animal tenha sido exposto previamente (TempPrev) tem um efeito sobre a taxa metabólica basal atual do animal. Nesse sentido, o National Research Council (2001) recomenda usar a temperatura média diária do mês prévio como valor de TempPrev. O valor de temperatura corrente é a temperatura média diária da semana prévia. Para controle dos efeitos ambientais locais, é melhor tomar essas temperaturas no ambiente das instalações do animal. A temperatura de 20 °C é considerada termoneutra para novilhas de leite em virtude de não afetar a taxa metabólica basal.

As exigências para manutenção de novilhas com ou sem estresse são calculadas pelo National Research Council (2001) a partir da equação:

$$ELm \text{ (Mcal/dia)} = (((0,96\text{kgPV} - \text{PC})0,75) \times ((a1 \times \text{COMP}) + a2)) + ELmat$$

Em que:

kgPV = peso vivo (kg).

PC = peso do concepto (kg).

a1 = 0,086 (exigência para manutenção em termoneutralidade (Mcal/dia)).

a2 = 0,0007 x (20 - TempPrev) (ajuste para efeito da temperatura prévia).

COMP = 0,8 + ((EC9-1) x 0,05) (ajuste para plano de nutrição prévio).

ELmat = energia líquida para atividade (Mcal/dia).

Nesse modelo, o National Research Council (2001) adotou um sistema de escore corporal (EC) de 1 a 9, recomendando a equação a seguir para conversão do escore corporal 5 para 9:

$$EC9 = ((EC - 1) \times 2) + 1$$

Para novilhas mantidas em confinamento, a exigência de EL para atividade deve ser considerada nula, no entanto, para novilhas a pasto, a exigência de EL em condição de manutenção é assim calculada:

$$ELmat = ((0,0009 \text{ PV}) + (0,0016 \text{ PV})), \text{ em que PV} = \text{peso vivo (kg)}.$$

Se a topografia for acidentada, deve-se corrigir a EL para atividade em manutenção pela fórmula:

$$ELmat = ELmat + (0,006 \times \text{PV})$$

Quando novilhas de reposição são submetidas a estresse por calor, o National Research Council (2001) recomenda considerar fatores de correção na equação para estabelecimento das exigências de energia com base na taxa respiratória (Tabela 5). Assim, as exigências de energia para manutenção de novilhas sofreriam um incremento de 7 % quando em respiração rápida até 18 % em condições de estresse intenso em que as novilhas se apresentaram ofegantes.

Tabela 5. Fatores de correção para temperatura ambiente e resfriamento noturno.

Estresse térmico	Fator de correção
“Nenhum” ou temperatura ambiente < 30 °C	1,00
Respiração rápida	1,07
“Boca aberta”	1,18

Fonte: National Research Council (2001).

Exigências de vacas de leite

A principal razão pela qual os bovinos leiteiros não são geralmente alimentados para a máxima taxa de crescimento ou todo o potencial genético de produção de leite é que os sistemas de manejo criam micro ou macroambientes que afetam as exigências de manutenção dos animais. Animais leiteiros são geralmente criados: 1) em pastagem com exposição total aos elementos climáticos; 2) em confinamento ou pastagem com acesso à sombra de árvores ou sombreamentos construídos para livre escolha; 3) confinados totalmente com ou sem equipamentos para controle da temperatura. Com raras exceções, os bovinos de leite estão sujeitos aos três sistemas de criação durante a vida. Frequentemente, são submetidos a dois dos sistemas ao dia. A falta de modificações ambientais para reduzir o impacto do calor pode ter efeitos breves ou prolongados sobre as exigências de energia para manutenção. As exigências nutricionais também sofrem confundimento do efeito do estágio de lactação na produção de leite.

O estresse térmico induz a mudanças metabólicas e de comportamento nos bovinos (WEST, 1994). Algumas mudanças, como o aumento da frequência respiratória, aumentam as perdas energéticas, enquanto outras reduzem o consumo de matéria seca, levam a consumo seletivo, reduzem a atividade e a taxa metabólica, diminuindo assim a produção de calor.

Uma equação para ajuste das exigências de manutenção com base nos fatores ambientais relacionados com o estresse térmico (temperatura ambiente, umidade relativa, energia radiante e velocidade do vento) foi desenvolvida por Fox e Tylutki (1998), mas, segundo o National Research Council (2001), não foi ainda suficientemente validada.

O National Research Council (2001) não inclui nenhum efeito dos estressores climáticos sobre as exigências de proteína por bovinos de qualquer categoria. Naturalmente, há necessidade de maiores pesquisas nessa área, o que foi sugerido por Huber et al. (1994), ao afirmarem que são limitadas as informações da influência do consumo de proteína em excesso, variação da degradabilidade da proteína da dieta e quantidade de proteína não degradável no rúmen (PNDR) em relação às funções fisiológicas de vacas em lactação submetidas à elevada temperatura ambiente, embora os mesmos autores (HUBER et al., 1994) tenham constatado em revisão que o conteúdo do aminoácido lisina de dietas é um importante determinante da produção de leite por vacas submetidas a estresse térmico. Vacas alimentadas com dietas contendo 1 % de lisina na MS ou 241 g de lisina/dia produziram 3 kg de leite a mais que as suplementadas com 0,6 % (137 g de lisina/dia).

Quanto aos efeitos da inclusão de gordura na dieta para vacas de leite em relação ao estresse térmico, Huber et al. (1994) sugerem a realização de mais pesquisas visando estabelecer um gradiente de resposta para diferentes níveis de inclusão de gordura na dieta em relação ao estresse térmico.

A administração de bST (somatotropina bovina ou hormônio do crescimento) a vacas de leite melhora a eficiência de utilização da energia para produção (kg de leite ou kg de leite corrigido para gordura por McalELI consumida), o que pode ser atribuído à redução da proporção de energia para manutenção em relação à energia consumida, por aumentar a mobilização de tecido corporal e pela maior eficiência de conversão da

energia mobilizada dos tecidos em leite. No entanto, deve-se atentar para maior incremento calórico associado à maior produção de leite, o que pode ser limitante em ambientes quentes (WEST, 1994).

Em trabalho realizado por West (1994), em condições de temperatura máxima variável, dos 25,6 °C aos 36,7 °C, para cada 1 °C de aumento na temperatura ambiente, a produção de leite decresceu 0,74; 1,35; 1,17; 1,25 e 1,30 kg/dia com a administração de 0, 5, 10, 15 ou 20 mg de bST/dia respectivamente, o que sugere que vacas tratadas com bST foram mais sensíveis ao incremento de temperatura ambiente, possivelmente em razão da associação entre produção de calor e maior produção de leite, o que indica a necessidade de práticas de manejo antiestresse visando atenuar esse efeito e tornar eficiente o uso de bST.

Pesquisa realizada por Oliveira Neto et al. (2001) no Nordeste brasileiro com vacas 3/4 a 7/8 Holandês x Gir tratadas com bST indicou a temperatura do leite como um parâmetro mais correlacionado ao efeito do estresse térmico ameno a moderado em relação à temperatura retal.

Em virtude da limitação de dados, o National Research Council (2001) não apresenta nenhum ajuste para estresse térmico no cálculo das exigências de manutenção de bovinos leiteiros adultos, no entanto, sugere atenção aos efeitos do estresse térmico nas exigências de manutenção e ajuste das dietas visando compensar esses efeitos, enquanto o National Research Council (1981) chama a atenção para o risco de possíveis interações negativas desses efeitos.

Sobre o consumo de alimento

A ingestão de alimentos está diretamente relacionada ao metabolismo energético e conseqüente produção de calor para manutenção e produção.

Segundo Pires et al. (1998), os bovinos respondem de forma diversa a vários tipos de alimentos e a diferentes dietas. Para os autores, os conceitos básicos de alimentação, aliados ao conhecimento do comportamento dos animais, devem ser utilizados para melhorar o seu bem-estar e a sua produtividade.

O consumo dos alimentos é determinado pelo número de refeições diárias, pela duração de cada refeição e pela taxa de ingestão (GRANT; ALBRIGHT, 1995). Esses fatores dependem das características físicas e químicas do alimento, da disponibilidade de água, da qualidade e quantidade dos nutrientes, da temperatura ambiente, dos próprios animais (idade, tamanho e nível de produção), dos efeitos de distúrbios provocados por predadores, ataque de insetos, doenças e parasitas e da competição com outros membros do grupo (ALBRIGHT, 1993; MULLER; BOTHA; SMITH, 1994).

É importante observar que em fêmeas sob estresse calórico a homeotermia tem prioridade em detrimento da produção de leite. De acordo com Baccari Júnior (1998), devem-se considerar as seguintes implicações relacionadas ao consumo de alimento:

- 1) o hipotálamo controla diretamente a ingestão de alimentos e água;
- 2) mudanças comportamentais, como procurar sombra, concorrem com a ingestão;
- 3) maior ingestão de água inibe o apetite;
- 4) o ofego (aumento da freqüência respiratória) impede a ingestão;
- 5) a redução da ingestão de alimentos está associada ao menor incremento calórico.

Como a especialização para a alta produção leiteira envolve metabolismo intenso, ingestão de grandes quantidades de energia metabolizável, alta eficiência na utilização dos alimentos e grande produção de calor endógeno, a redução do consumo de matéria seca representa a principal causa da diminuição da produção de leite (BACCARI JÚNIOR, 1998). A ocorrência de vasodilatação periférica, importante via termolítica, contribui, juntamente com a menor ingestão de alimentos, para a redução do afluxo de sangue ao fígado e à glândula mamária (BEEDE; SHEARER, 1991).

De acordo com Fraser e Broom (1990), uma das características do comportamento alimentar de ruminantes é o seu padrão diurno com distribuição dos períodos de pastejo relacionados com o ciclo claro-escuro. Os episódios de maior atividade do comportamento ingestivo, em um período de 24 horas, ocorrem logo antes de amanhecer, no meio da manhã, no início da tarde e próximo ao crepúsculo. Entre esses períodos, as horas próximas ao nascer e ao pôr-do-sol são as de pastejo mais longo e contínuo. No restante do dia, o pastejo é intermitente e os animais descansam ou ruminam, sendo essa atividade sincronizada com as ordenhas.

O comportamento alimentar é fortemente afetado pelo clima e, em geral, o animal pode alterar seu padrão de pastejo para evitar as horas mais quentes do dia. Para Cowan, Moss e Kerr (1993), uma vaca em lactação necessita de 10 horas de pastejo diário para consumir o necessário para produzir 12 litros de leite/dia, mas esse tempo é reduzido, principalmente durante o dia, caso a temperatura máxima exceda 27 °C.

Segundo Beede e Collier (1986), o consumo de alimento diminui quando a temperatura ambiente ultrapassa 26 °C e, em situação de pastejo, esse efeito é mais pronunciado. Portanto, para os autores, o que se observa quando há aumento da temperatura é que, além da redução da atividade de alimentação, há uma inversão dos hábitos alimentares, isto é, com

temperatura ambiente superior a 32 °C, os animais interrompem o pastejo entre a ordenha da manhã e da tarde e utilizam apenas 7 horas e 30 minutos por dia para pastar no período entre o entardecer e a ordenha da manhã seguinte, comparado com 10 horas de pastejo diário em clima frio.

Quando os bovinos consomem predominantemente forragens, a produção de calor metabólico é mais elevada e, conseqüentemente, a temperatura corporal do animal (HUBER, 1990). Em condições climáticas caracterizadas por temperaturas ambientais elevadas, as vacas reduzem voluntariamente o consumo de alimentos volumosos e, como conseqüência, o teor de gordura do leite diminui e distúrbios digestivos aumentam.

Segundo McDowell, Hooven e Camoens (1976), as exigências de manutenção de vacas em produção aumentam cerca de 30 % se as temperaturas ambientais são elevadas de 26 °C para 40 °C pelo período de 6 horas por dia. O consumo de matéria seca diminui cerca de 55 % daquele consumido por vacas mantidas na zona de termoneutralidade e, assim, a produção de leite é reduzida a valores menores que 50 % da produzida na zona termoneutra.

Em dias muito nublados, os bovinos podem atrasar o início do pastejo pela manhã e parar mais cedo ao anoitecer. Os animais ficam mais agitados, pastejam com menor intensidade e caminham mais em dias com muitas nuvens e vento. A chuva só altera o comportamento dos animais se for muito forte. Chuva com rajada de vento altera a direção do pastejo, isto é, os animais tomam a direção contrária ao vento, e quando a chuva está muito forte e persistente, os bovinos interrompem o pastejo e permanecem imóveis com o pescoço estendido. Se o tempo de interrupção for superior a 1 hora, os animais podem reiniciar o pastejo, apesar da chuva forte (ARNOLD; DUDZINSKI, 1978). Os bovinos tendem a pastear na mesma direção do vento, mas no calor tomam a direção contrária provavelmente para maximizar a troca de calor por convecção (BLACKSHOW, 1984).

Dados obtidos por Pires (1997) mostraram que o tempo médio total de pastejo diário foi sempre inferior no verão, comparado com o inverno, independentemente do tipo de pastagem, de alta qualidade em ambas as estações. Assim, quando se estudou o comportamento ingestivo de vacas holandesas em lactação, em pastagem de alfafa, o tempo médio de pastejo no inverno foi de 8 horas e 30 minutos e no verão foi reduzido para 6 horas/dia. Em pastagens de coast-cross, esse tempo foi de 7 horas e 48 minutos (inverno) e 5 horas e 54 minutos (verão). A diferença entre o pastejo no inverno e no verão, em termos percentuais, significa que os animais permaneceram 8 % e 10 % a mais do seu tempo diário pastejando no inverno, em alfafa e coast-cross, respectivamente.

Vacas estabuladas apresentam de 10 a 12 períodos de alimentação, com aproximadamente 68 % deles ocorrendo entre 6h e 18h (VASILATOS; WANGSNESS, 1980). Em torno do meio dia, a maioria das atividades de alimentação é interrompida e, após as 21h, menos de 10 % dos animais são observados se alimentando. Fraser e Broom (1990) observaram que vacas estabuladas passam em torno de 5 horas comendo, mas, caso a proporção de concentrado na dieta seja aumentada, esse tempo pode ser reduzido. Os autores informam ainda que, embora estabuladas e em ambiente completamente diverso do natural, o ritmo do padrão alimentar é semelhante àquele do pastejo, mas o tempo total de alimentação é sensivelmente inferior.

Richards (1985) comparou ambiente termoneutro com ambiente de estresse calórico (38,5 % e 85 % de umidade relativa por 6 horas e 30 minutos durante o dia) em sistemas de confinamento e verificou aumento imediato e drástico do consumo voluntário de alimento durante a noite (27,8 %), indicando que pode haver uma modificação do comportamento ingestivo com o objetivo de amenizar os efeitos do estresse calórico.

Segundo Perera et al. (1986), os animais interrompem o consumo nas horas mais quentes do dia buscando uma maneira de se refrescarem ou na

tentativa de diminuir a produção de calor metabólico. Esses autores, trabalhando com vacas em lactação confinadas em free stall, verificaram que o tempo gasto com a alimentação diminuiu de 5 horas e 30 minutos/dia no inverno para 4 horas e 12 minutos/dia no verão.

Na Flórida, vacas com acesso à sombra ingeriram 23 % a mais de alimento e produziram 19 % a mais de leite que suas companheiras sem sombra (SCHNEIDER et al., 1984). Ainda na Flórida, vacas mantidas ao sol consumiram 56 % menos alimento durante o dia, mas compensaram parcialmente durante a noite aumentando o consumo em cerca de 19 %, comparadas às vacas com sombra. No total, entretanto, a redução da ingestão de alimento das vacas estressadas ainda foi de 13 %, comparativamente àquelas que contaram com abrigo de sombreamento (MALLONÉE et al., 1985).

Sobre o consumo de água

A água é um nutriente importante, especialmente durante períodos de estresse térmico, em que suas propriedades físicas, a condutividade térmica e o calor latente de vaporização atuam na transferência de calor do corpo dos animais ao ambiente (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001), cujo consumo está sujeito a marcantes efeitos de interação com o ambiente.

As necessidades de água dos animais são atendidas de três maneiras:

- 1) água metabólica, oriunda da oxidação de substratos orgânicos dos tecidos;
- 2) água contida nos alimentos ingeridos;
- 3) água de bebida (BEEDE; COLLIER, 1986).

O catabolismo de 1 kg de gordura, carboidrato ou proteína produz 1.190, 560 ou 450 g de água respectivamente (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1981). Apesar dessa produção de água metabólica, o National Research Council (2001) a considera quantitativamente uma fonte insignificante em relação à água livre para bebida e à contida nos alimentos, embora o National Research Council (1981) considere a água metabólica importante durante os períodos de balanço energético negativo, quando os depósitos de tecidos adiposo e protéico estão sendo utilizados.

As perdas de água pelos animais ocorrem principalmente por meio de urina, fezes e evaporação da superfície corporal e trato respiratório, embora bovinos em estresse e outras espécies possam perder uma significativa quantidade de água por meio da respiração (BESSE, 1986). Além disso, em animais que recebem dieta restrita em água, a taxa de excreção urinária pode usualmente ser reduzida sem comprometer a habilidade dos rins de excretar os resíduos corporais, sendo essa quantidade mínima de água denominada água obrigatória (CHURCH; POND, K.R.; POND, W.G., 1995).

Com o aumento da temperatura do ar acima da zona de termoneutralidade, ocorrem variações tanto na quantidade de água consumida como na via de perda de água do corpo (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001).

Na Tabela 6, apresenta-se o efeito da temperatura ambiente sobre as vias de perdas de água por vacas de leite consumindo água à vontade. Esses dados indicam um aumento da excreção urinária de 73,1 % e uma redução da água fecal de 45 % em estresse térmico. Baccari Júnior, Johnson e Hahn (1980), ao aumentarem a temperatura ambiente de 30,5 °C para 34,3 °C e o ITU de 77 % para 82 %, verificaram incremento de 43 % no consumo de água por novilhas holandesas.

Tabela 6. Efeito da temperatura ambiente sobre as vias de perda de água por vacas de leite.

Parâmetro	Temperatura ambiente, em °C	
	18	32
Peso vivo (kg)	641	622
Consumo de alimento (kg/dia)	36,3	25,2
Volume urinário (L/dia)	17,5	30,3
Água fecal (kg/dia)	21,3	11,7
Vaporização total (g/h)	1.133	1.174
Total de água do corpo (%)	64,5	67,9
Fluidos extravasculares (%)	59,0	61,5
Volume plasmático (%)	3,9	4,4
Metabolismo basal (kcal/dia)	798	672
Água metabólica (kg/dia)	2,5	2,1
Temperatura retal (°C)	38,5	39,2

Fonte: Church, Pond, K.R. e Pond, W.G. (1995), adaptada pelos autores.

Apesar de a perda de calor por sudorese ser 400 % superior à perda por via respiratória (CHURCH et al., 1995), há grandes diferenças entre espécies na importância da sudorese por ruminantes domésticos, ranqueada em ordem decrescente por bovinos, bubalinos, caprinos e ovinos (SILVA, 2000). A resposta dos zebuínos em termo de sudorese é mais rápida que dos taurinos, obtendo-se para Brahman 294 g/m²/h/°C, para Shorthorn 194 g/m²/h/°C e para mestiços 146 g/m²/h/°C (FINCH; BENNETT; HOLMES, 1982). Nesse sentido, Silva (2000) afirma que quanto maior a resposta de um animal em termo de sudorese, maior o tempo gasto pelo mesmo pastando ao sol (Tabela 7).

Tabela 7. Tempo de permanência ao sol por bovinos, conforme a resposta em termo de sudorese.

Resposta da sudação (g/m ² /h/°C)	Tempo total ao sol (horas)
100	8,5
150	9,0
200	9,5
300	10,0
400	10,5
570	11,7

Fonte: Finch, Bennett e Holmes (1982), adaptada por Silva (2000).

A temperatura da água de beber tem apenas um ligeiro efeito no comportamento e desempenho animal (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001). O resfriamento da água de beber a 10 °C apresentou um rápido efeito na redução da temperatura corporal, com duração por cerca de 2,2 horas, mas não afetou a produção de leite em relação à produção com água a 28 °C (STERMER et al., 1986). Em outros trabalhos, o resfriamento da água a 10 °C aumentou a produção de leite (MILAM et al., 1986; WILKS et al., 1990) e o consumo de matéria seca (WILKS et al., 1990). Em muitas condições, essas respostas não justificariam os custos adicionais para resfriamento da água (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001). No entanto, Milam et al. (1986) afirmam que, se o resfriamento da água resultar em aumento do consumo de alimento e produção de leite, essa prática pode resultar em relevância econômica em áreas com elevada temperatura ambiente e umidade relativa. Fornecendo-se água à vontade, vacas de leite preferem ingerir água com temperatura moderada (17-28 °C) em relação à água fria ou quente (LANHAM et al., 1986; WILKS et al., 1990).

Milam et al. (1986) não verificaram diferença no consumo de água a 10 °C (10,5 litros/dia) e a 28 °C (16,1 litros/dia) por vacas da raça Holandesa, apesar do maior consumo de água a 28 °C, sem alterações nas variáveis fisiológicas frequência respiratória e temperatura retal. No entanto, trabalho anterior dos autores (LANHAM et al., 1986) revelou que água de bebida a 10 °C reduz a taxa respiratória em vacas holandesas.

O efeito da temperatura da água de beber esfriada (14 °C), normal (23 °C) e aquecida (33 °C) sobre a temperatura retal, frequência respiratória e consumo de água por machos e fêmeas da raça Holandesa em condições ambientais de Viçosa, MG, Brasil, com temperatura ambiente 21,8 °C (9h) e 26,5 °C (15h) e umidade relativa de 68,9 % (9h) e 49,6 % (15h), foi avaliado por Barbosa et al. (1983a, 1983b), levando à conclusão que a temperatura da água não influenciou os parâmetros fisiológicos, embora a maior ingestão de água tenha-se verificado quando do fornecimento de água a 33 °C. A variação de temperatura ambiente durante o experimento não indicou desconforto térmico, limitando possíveis efeitos da temperatura da água, e os animais não necessitaram de maiores ingestões de água mais fria ou à temperatura normal para dissipar o excesso de calor corporal.

Segundo o National Research Council (2001), o consumo de água livre por vacas de leite foi estimado a partir da temperatura e demais condições ambientais, em duas pesquisas (HOLTER; URBAN JÚNIOR, 1992; MURPHY; DAVIS; MCCOY, 1983), gerando equações para estimativa do consumo de água livre (CAL), a seguir apresentadas:

$$CAL = 15,99 + 1,58 \times CMS + 0,9 \times PROD + 0,05 \times CNa + 1,2 \times TMIN$$

Em que:

CAL = consumo de água livre (kg/d).

CMS = consumo de matéria seca (kg/d).

PROD = produção de leite (kg/d).

CNa = consumo de sódio (g).

TMIN = média de temperatura mínima semanal (°C).

MURPHY et al. (1983)

$$CAL = -32,39 + 2,47 \times CMS + 0,6007 \times PROD + 0,6205 \times MS + 0,0911 \times \text{dia juliano} - 0,000257 \times (\text{dia juliano})^2$$

Em que:

MS = matéria seca total da dieta (%).

A equação proposta por Murphy, Davis e Mccoy (1983) inclui uma variável associada à temperatura mínima semanal, indicando um acréscimo de 1,2 kg de água por aumento de 1 °C na temperatura mínima, com aumento do consumo de água livre em cerca de 25 % aumentando a temperatura mínima de 0 para 25 °C, enquanto a equação de Holter e Urban Júnior (1992) inclui dias julianos para estimativa do consumo de água livre. De 1 a 178 dias, quando se verificou o pico de consumo, houve aumento do consumo de água livre em cerca de 10 %. Apesar do ajuste dessa equação, as condições climáticas para as quais foi estabelecida são difíceis de repetibilidade em outras regiões, sendo preferível a adoção da equação de Murphy, Davis e Mccoy (1983), que considera a temperatura mínima média semanal.

Associada à temperatura do ar, a exposição à radiação solar direta tem afetado o consumo de água livre (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001).

O consumo de água por vacas de leite segundo a produção de leite, o peso vivo das vacas e a temperatura ambiente estão apresentados na Tabela 8.

A freqüência de ingestão de água depende da temperatura ambiente, da qualidade do alimento e da distribuição da água. Em pastagens verdes e abundantes, os ruminantes não bebem muita água; no entanto, quando o alimento é mais seco, necessitam de água regularmente. O consumo é maior quando aumenta a temperatura ambiente e a disponibilidade (ARNOLD; DUDZINSKI, 1978). Outros fatores também influenciam o consumo de água, como: produção de leite, consumo de alimentos, peso do animal, nível de atividade, estado fisiológico, raça dos animais, composição e forma física da dieta, precipitação pluviométrica, qualidade, acessibilidade e temperatura da água.

Tabela 8. Consumo total de água por vacas em lactação (kg/vaca/dia)

Produção de leite(kg/dia)	Peso vivo (kg)	Temperatura ambiente (°C)			
		-17 a 10	11 a 15	16 a 20	21 a 25
10	600	78	81	92	105
	350	52	54	61	70
20	600	88	92	104	119
	350	62	65	73	84
30	600	99	103	116	133
	350	73	76	85	98
40	600	109	113	128	147
	350	88	92	104	119

Fonte: Alderman e Cottrill (1993).

Em condições termoneutras, as vacas necessitam de cerca de 3 litros de água bebida para produzir 1 kg de leite, e a ingestão de água aumenta com o aumento do consumo de matéria seca. No entanto, em condições de estresse pelo calor, a ingestão de água aumenta enquanto o consumo de alimentos diminui. Conforme McDowell (1975) uma vaca de 500 kg, em lactação, mantida a uma temperatura de 21 °C, beberá em torno de 50 litros de água/dia, mas a 32 °C aumentará o consumo em 25 % a 100 %.

O aumento da ingestão de água em condições de estresse calórico visa à reposição das perdas sudativa e respiratória, além de ocasionar um possível resfriamento corporal, por meio do contato da água, mais fria que o corpo, com as mucosas do trato digestivo. Para maximizar a utilização da água, os bovinos, ao invés de reduzirem o volume urinário, eliminam urina mais concentrada e fezes mais secas.

A disponibilidade de água determina o padrão de pastejo especialmente em regiões secas. A área em torno do bebedouro tende a ser superpastejada, com conseqüente erosão, podendo ocorrer uma maior carga de parasitos nesse local. Os animais geralmente se aproximam dos pontos de água 1 a 2 horas depois do amanhecer, porém, em dias quentes essa aproximação pode ocorrer mais cedo (PIRES et al., 1998).

Os horários de ingestão de água estão relacionados com os padrões diurnos de pastejo e descanso, e a frequência de ingestão para vacas está em torno de cinco vezes ao dia, variando de uma a seis vezes. Em sistemas extensivos, esse padrão apresenta pouca variação, com a primeira ingestão ocorrendo depois do principal período de pastejo pela manhã. As vacas vão ao bebedouro entre 7h e 8h, não permanecendo no local, mas ao retorno do pastejo, em torno das 11h, elas permanecem descansando próximo do bebedouro por várias horas. No verão 30 % da ingestão de água ocorre entre 6h e 12h, 53 % entre 12h e 16h e 17 % entre 16h e 20h, e as vacas permanecem próximas ao bebedouro durante a maior parte do dia, principalmente se não existir sombreamento no piquete (ARNOLD; DUDZINSKI, 1978).

Sobre a produção de leite

Considera-se que a maior influência do estresse pelo calor sobre a produção de leite é exercida via diminuição do consumo de alimentos e conseqüente redução da ingestão de energia metabolizável. Temperaturas diárias médias e máximas têm efeitos variáveis sobre a ingestão de alimentos e, subseqüentemente, sobre a produção de leite, dependendo da umidade relativa do ar e do tempo em que as vacas ficam em temperaturas capazes de provocar estresse.

Alimentação sincronizada com o horário de ordenha pode ser observada tanto a pasto quanto em confinamento e em qualquer estação do ano. Usualmente, a maioria das vacas alimenta-se após o retorno da sala de ordenha à tarde e quando o cocho é reabastecido pela manhã.

Maust, McDowell e Hooven (1972) demonstraram que o estresse térmico não afeta a produção de leite no mesmo dia. Segundo os autores, o estresse pelo calor aumenta a temperatura corporal a qual deprime a ingestão de alimentos no mesmo dia, e a depressão da ingestão de

alimentos reduz a produção de leite poucos dias depois. De acordo com Beede e Shearer (1991), a redução da ingestão de alimentos em razão do estresse pelo calor leva a um menor fluxo de sangue à veia porta (fígado) e à glândula mamária e, conseqüentemente, menor quantidade de nutrientes e energia estará disponível para a produção de leite.

Igono et al. (1985) observaram a variação da produção de leite em dois rebanhos do Arizona (USA) durante um ano. Nas condições locais (deserto, com altas temperaturas durante o dia), a melhor produção diária ocorria nos períodos de termoneutralidade. A diminuição das horas do dia com essas características levou a uma sensível queda da produção. Na Tabela 9, apresentam-se alguns resultados. Dos dois rebanhos estudados, um deles era manejado com resfriamento evaporativo no estábulo durante as horas mais quentes do dia, ao passo que o outro não contava com esse benefício. A temperatura máxima diária variou de 18,6 °C no inverno até mais de 40,5 °C no verão; a umidade, de 10,6 % no verão a 70,1 % no inverno.

Tabela 9. Efeito da temperatura ambiente sobre a produção média diária de leite de vacas em dois rebanhos da raça Holandesa no Arizona (USA).

Ambiente	Com resfriamento		Sem resfriamento	
	n*	kg/dia	n	kg/dia
Frio	8.285	30,1	200	31,8
Frio a morno	12.739	29,6	616	29,0
Frio, morno e quente	12.542	28,2	712	28,4
Morno a quente	8.205	26,9	571	26,9
Quente	8.152	25,3	563	21,7

*n = número de animais.
Fonte: Igono et al. (1985).

Sobre o crescimento e desenvolvimento

O crescimento corporal é um conjunto complexo de acontecimentos metabólicos controlados pela genética e pelo meio a que o animal está exposto (MULLER, 1982). As condições climáticas que podem ocasionar estresse calórico, afetando o ritmo do crescimento fetal e ao nascer, antes e depois da desmama, são: temperatura, umidade relativa do ar, vento e radiação. Essas condições afetam a ingestão de alimento e, conseqüentemente, a disponibilidade de energia para as funções de manutenção e produção.

A temperatura do meio ambiente é, sem dúvida, o elemento climático mais importante que afeta o crescimento fetal. Segundo a literatura, é freqüente em raças européias, não adaptadas ao meio tropical, a produção de bezerras pequenas. Quando isso acontece, eles são muito débeis e morrem com freqüência em razão da inabilidade de ficarem de pé para mamar. Na Tabela 10, verifica-se que o peso ao nascer é bem maior nas zonas temperadas do que nas zonas tropicais. Destaca-se na Tabela 10, ainda, o bom desempenho da raça Nelore em condições do Brasil, o que se deve não apenas a condições ambientais melhores, mas também à seleção dispensada aos bovinos dessa raça a partir de sua introdução no País.

O crescimento das crias em lactação depende tanto do meio circulante como dos fatores ambientais impostos à mãe e da quantidade de leite. As altas temperaturas do meio podem impedir o crescimento de animais depois da desmama, em graus diferentes segundo a raça, idade, gordura corporal, plano de nutrição e umidade relativa do ar. De acordo com Muller (1982), as raças bovinas européias diminuem o crescimento se submetidas a uma temperatura constante acima de 24 °C. Os efeitos se agravam em temperaturas entre 29 °C e 32 °C, pois praticamente cessa o aumento de peso. Quando a temperatura chega a 41 °C, sobrevém a prostração, especialmente se a umidade relativa do ar é alta.

Tabela 10. Peso ao nascer (kg) de diferentes raças no Brasil e em seu país de origem.

	Brasil		País de origem	
	Macho	Fêmea	Macho	Fêmea
Holandesa	40,3	36,2	42,4	40,8
Charolês	39,3	36,7	45,2	42,0
Chianina	39,5	37,0	46,0	42,0
Nelore	32,4	28,7	29,5	27,0

Fonte: Muller (1982).

Em todas as espécies animais, o crescimento pára em temperaturas limites, tanto baixas quanto altas, em que seja impossível a sobrevivência, dando-se o crescimento máximo nas zonas de conforto do animal. Isso é comprovado, pois as raças européias em zonas temperadas têm um crescimento maior do que os zebuínos, e isso se inverte quando são colocadas em zonas tropicais.

Em estudos sobre crescimento, o peso ao nascer é a informação mais correta da adaptabilidade de um animal. O peso ao nascer também é a informação mais precoce dessa característica, quando, no entanto, uma informação de adaptabilidade futura mostra como existe uma correlação estreita do peso ao nascer na desmama e na idade adulta.

Vacas leiteiras com acesso à sombra no verão, durante a gestação, parem bezerros mais pesados do que as vacas sem acesso à sombra, além de produzirem mais leite após o parto.

O estresse térmico sofrido pela cria também é um fator a ser considerado. Bezerros de raças leiteiras com menos de 2 semanas de idade não possuem capacidade termorregulatória suficiente para suportar as condições de calor extremo nas áreas tropicais, de modo que desenvolvem uma hipertermia que é a possível causa das altas taxas de mortalidade de bezerros observadas em certos rebanhos.

Em estudo avaliando os efeitos do estresse térmico sobre o crescimento de bezerras holandesas de 5 meses de idade, Baccari Júnior, Johnson e Hahn (1983) verificaram que os animais mantidos durante cinco semanas à temperatura de 32 °C a 34 °C apresentaram aumento da temperatura retal e redução do ganho de peso e da concentração de triiodotironina (T3). Carvalho e Olivo (1996) observaram que a disponibilidade de sombra permite um maior ganho de peso a novilhas da raça Holandesa.

Sobre o seu comportamento (atividades físicas, postura corporal, procura por sombra)

Os bovinos podem ajustar-se ao ambiente térmico alterando seu comportamento no que se refere a suas atividades físicas, postura corporal e busca por sombra.

Em ambientes quentes, os bovinos tendem a assumir uma postura de relaxamento e minimizar as atividades físicas, reduzindo ou cessando algumas atividades que podem ter como consequência a redução do consumo de alimentos e a manifestação de estro, por exemplo. A tendência dos animais em condições de temperaturas elevadas é procurar uma superfície fria para se deitarem e perderem calor por condução. Em alguns casos, ao contrário, preferem permanecer de pé, principalmente quando a superfície em que estão é de cimento, como ocorre em algumas propriedades leiteiras com o intuito de facilitar a higienização. Esse comportamento facilita as trocas de calor com o ar ambiente por convecção.

Damasceno, Baccari Júnior e Targa (1998) relataram uma preferência dos animais em ruminar deitados, principalmente nos períodos de temperaturas mais amenas, passando a ruminar mais tempo em pé durante os períodos quentes, em virtude do estresse pelo calor. Em trabalho publicado por Laganá et al. (2005), com o objetivo de avaliar o comportamento de vacas

holandesas em free-stall, com e sem resfriamento adiabático evaporativo (no caso banho de mangueira nas horas mais quentes do dia), observaram que as vacas do grupo controle tiveram mais tempo de ócio e permaneceram por mais tempo de pé, no corredor, durante a ruminação, o que pode ser interpretado como uma manifestação de desconforto.

Os bovinos podem permanecer de pé na água ou espojar-se na lama ou excreta quando estão em condições de estresse calórico. Permanecer de pé na água facilita a perda de calor por condução a partir dos apêndices e peito, enquanto no espojamento aplicam água à superfície corporal que se evapora, resfriando o animal quando esse deixa a área úmida. Vacas com estresse calórico freqüentemente borrifam água sobre seus corpos (CURTIS, 1981).

A vaca leiteira é muito sensível aos altos níveis de radiação solar, que pode superar em duas a três vezes o calor interno produzido pela vaca durante as cerca de 8 horas em que fica diretamente exposta aos raios solares. Assim, em dias com temperatura elevada e radiação solar intensa, as vacas pastam principalmente no início da manhã, final da tarde e durante a noite, procurando manter-se à sombra nas horas mais quentes.

Nos pastos que dispõem de árvores, as vacas abrigam-se sob as mesmas, principalmente nas horas mais quentes do dia, das 10h às 16h. Não havendo árvores, aproveitam o mínimo de sombra disponível, como a provida por moirões das cercas ou outros objetos, protegendo principalmente a cabeça (BACCARI JÚNIOR, 1998). As raças européias são mais sensíveis, podendo permanecer por até 11 horas por dia na sombra (ARNOLD; DUDZINSKI, 1978), concorrendo esse comportamento contra as outras atividades normais, como consumo de alimento e manifestação de estro.

Vacas com acesso à sombra apresentam freqüência respiratória e temperatura corporal mais baixas, além de produzirem aproximadamente 11 % a mais de leite, com taxa de concepção 19 % maior e incidência de mamite 10 % abaixo dos índices apresentados pelos animais sem-sombra (ROMAN-PONCE et al., 1977).

O comportamento de dois grupos de vacas holandesas produzindo 17 kg/dia, em média, com duas ordenhas, em sistema tipo loose housing, durante o verão, foi estudado por Baccari Júnior et al. (1997). Um grupo teve livre acesso ao abrigo sombreado, a partir de piquete adjacente (grupo sombra) e o outro foi mantido em piquete com exposição direta aos raios solares (grupo sol). O comportamento das vacas do grupo sol foi agrupamento, com postura da cabeça baixa, à sombra provida mutuamente, no curral adjacente à sala de espera; permanência junto à cerca do mesmo curral, sombreando a cabeça ou apenas a frente; postura da parte anterior ou de todo o corpo junto ao cocho sombreado do abrigo; deitarem-se à sombra do cocho descoberto no curral; imersão dos membros anteriores no bebedouro coletivo localizado no abrigo sombreado e deitarem-se em poça de lama no piquete. As vacas do grupo sombra passaram a maior parte do dia à sombra, no abrigo. A frequência respiratória e a temperatura retal das vacas do grupo sol foram 11 mov./min. e 0,6 °C superior ($P < 0,05$; $P < 0,01$) às do grupo sombra, com temperatura de globo negro de 40,2 °C e 29,9 °C respectivamente. Os autores concluíram que as vacas protegeram principalmente a cabeça, à sombra, para reduzir a carga de calor radiante sobre o hipotálamo e entraram na água ou lama para perder calor por condução e posterior evaporação.

Nas pastagens sem sombra, os animais apresentam sintomas de estresse calórico que se manifestam por movimentação excessiva (para perda de calor por convecção), agrupamento nos extremos do piquete, ingestão frequente de água e ócio na posição deitada. Por meio do agrupamento com as companheiras do rebanho, os animais tentam reduzir a área da superfície corporal exposta ao ambiente (reação conhecida por termorregulação social). Como consequência, segundo Curtis (1981), essas vacas podem permanecer deitadas, descansando, nas horas frescas do final da tarde, quando vacas com acesso à sombra reiniciam o pastejo, suspenso com a elevação da temperatura.

Sobre a reprodução e eficiência reprodutiva

Um dos aspectos fundamentais para o êxito de qualquer empreendimento é a obtenção de bons índices reprodutivos. De acordo com Valtorta e Gallardo (1996), a análise da influência dos fatores ambientais sobre a eficiência reprodutiva dos animais contribui para alcançar esse objetivo. No entanto, a redução dos índices reprodutivos durante os meses de calor intenso é uma realidade mundial, observada principalmente em países de clima tropical, onde, muitas vezes, predominam animais de raças leiteiras de origem européia. Nesse sentido, Costa (2000) consideram esse problema multifatorial, pois a hipertermia causada pelo estresse térmico resulta em alteração do funcionamento de diversos órgãos e tecidos.

Alguns efeitos do estresse térmico sobre o desempenho reprodutivo já estão elucidados. Entre eles, sabe-se que há uma redução da duração e intensidade dos sinais de estro (HANSEN; EALY, 1991), ocorrência de estros silenciosos e anestro (GWAZDAUSKAS et al., 1981; LABHSETWAR; TYLER; CASIDA, 1963), estros anovulatórios e ovulação retardada (AYALON; FEINGOLD; ALMEIDA, 1982). Esses fatores podem ser responsáveis pela baixa fertilidade de vacas em condições de temperaturas elevadas.

Alguns fatores devem ser também considerados: a idade, a raça e a lactação. Novilhas são mais resistentes ao estresse térmico do que vacas, em razão, principalmente, do incremento calórico que ocorre em decorrência da produção de leite e da gestação, que pode contribuir para a hipertermia (WILSON et al., 1998). Vacas jersey têm maior taxa de gestação que vacas pardo-suíças e holandesas em clima quente (BADINGA, 1985). Fêmeas com até quatro crias são mais termotolerantes que as mais velhas (GWAZDAUSKAS et al., 1981).

Segundo Hansen e Ealy (1991), os efeitos deletérios do estresse calórico sobre a função reprodutiva ocorrem por meio de dois mecanismos. No

primeiro, os sistemas fisiológicos, que estão envolvidos na regulação de temperatura corporal, incluem também aqueles que afetam os processos reprodutivos. Distúrbios desses sistemas, com a finalidade de manter a homeotermia, podem resultar em interrupção da função reprodutiva. Em segundo lugar, esses mecanismos podem, por si só, afetar a reprodução uma vez que vários tecidos do sistema reprodutivo, especialmente o tecido embrionário no período de perimplantação, são comprometidos por exposição a altas temperaturas. Hipertermia severa pode causar efeitos drásticos e potencialmente letais na estabilidade das proteínas e nas funções das membranas celulares.

O efeito mais estudado do estresse térmico sobre a reprodução de vacas leiteiras está relacionado à duração do estro e às manifestações comportamentais durante esse período. A duração do estro sofre influência de diversos fatores, podendo variar de 9 a 28 horas. Em condições de estresse por aumento da temperatura ambiente, pode ser reduzido a 5-6 horas.

A alteração do comportamento do cio pode ser atribuída às seguintes causas, segundo Hafez (1973):

1. Diminuição da atividade física dos animais.
2. Mudanças dos níveis plasmáticos de estrógeno, progesterona e corticóides.
3. Mudanças do padrão de secreção de LH.

Experimentos comparando animais com acesso ou não à sombra mostram que, apesar de o calor não inibir a manifestação do cio, os animais sem acesso à sombra apresentaram concentrações mais elevadas de progesterona e corticóides durante a fase luteínica e menores concentrações de estrógeno durante a fase folicular de ciclo estral (pico anterior ao cio). Estudos de De La Sota (1996) demonstraram que o grupo

sem sombra apresentou maior concentração de progesterona ($> 0,7\text{ng/ml}$) provavelmente de origem adrenal, que pode inibir a onda pré-ovulatória de LH. Concentração de estrógeno mais baixa que o normal durante o proestro indica a presença de um folículo dominante de qualidade inferior e, conseqüentemente, a diminuição da intensidade dos sinais de cio.

A reduzida intensidade das manifestações comportamentais do estro, associada ao fato de maior ocorrência durante a noite, parece ser o problema mais sério para se manter um manejo reprodutivo adequado durante o verão. Esses fatores se combinam aumentando as falhas na identificação do cio. No Estado da Flórida (USA), a taxa de cios não detectados oscila em torno de 4 % no inverno a um máximo de 82 % no verão (VALTORTA; GALLARDO, 1996).

Em condições de temperatura ambiente elevada, vacas de raças européias apresentam cios mais curtos (em torno de 10 horas em comparação com 18 horas quando não há estresse calórico). Além disso, as manifestações de cio são menos notadas. Dessa forma, em condições tropicais, nas propriedades que se dedicam à atividade leiteira e nas quais se utiliza a inseminação artificial, a detecção do cio exige atenção especial em conseqüência da sua menor duração e pelo fato de que a maioria das fazendas mantém seus animais a pasto (MELLADO, 1995).

Abilay, Johnson e Madan (1975) observaram que quando o estresse calórico aumentou a temperatura retal de novilhas confinadas em free stall de $38,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ para $39,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, a duração do ciclo estral foi de 21,4 dias e a do cio, de 12 horas e 30 minutos, quando comparado com novilhas mantidas em ambiente termoneutro (ciclo estral de 19,5 dias e cio de 17 horas).

Da mesma forma, Wolfenson, Flamenbaun e Berman (1988) e Holroyd, Entwistle e Shepherd (1993) associaram temperatura retal a alterações do estro. Com um aumento de $38,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ para $39,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ na temperatura corporal, os primeiros autores encontraram uma variação de 4 horas e 30

minutos a menos na duração do cio, enquanto no segundo trabalho verificou-se que uma diferença de 0,3 °C na temperatura corporal de novilhas, resultou em apenas 34,5 % dos animais mantendo a normalidade com relação à duração do ciclo estral (18 a 24 dias).

A taxa de gestação também tem recebido atenção especial nos estudos relativos ao estresse térmico. Nesse caso, parece ser a mortalidade embrionária o principal fator responsável pela baixa fertilidade em vacas submetidas a temperaturas elevadas. A magnitude dos efeitos do estresse calórico sobre a taxa de gestação está relacionada com o grau de hipertermia da vaca. A probabilidade de que a inseminação ou outro tipo de monta resulte em um embrião viável diminui à medida que a temperatura corporal aumenta. A hipertermia severa pode causar efeitos drásticos e potencialmente letais na estabilidade das proteínas e nas funções das membranas celulares (HANSEN; EALY, 1991). Assim, os oócitos, os espermatozóides e o embrião são incapazes de manter as funções normais quando submetidos a temperaturas acima do normal e, desse modo, a gestação é interrompida quando essas células são expostas à hipertermia materna (HANSEN; ARÉCHIGA, 1994).

De acordo com Badinga et al. (1985) e Valtorta e Gallardo (1996), a temperatura ambiente no dia seguinte à inseminação ou cobertura é a variável mais relacionada à queda da taxa de concepção.

Alguns trabalhos pioneiros, como Ulberg e Burfening (1967) e Dunlap e Vincent (1971), merecem ser destacados. O primeiro trabalho afirma que, quando a temperatura retal da fêmea aumenta 1 °C, a taxa de gestação cai em 10 %. O segundo trabalho relata que, quando essa temperatura aumenta de 38,5 °C para 40 °C em até 72 horas após a inseminação artificial, a taxa de gestação cai de 48 % para 0 %.

No macho, as influências de altas temperaturas sobre a reprodução também são evidentes. Sabe-se que a temperatura nos testículos é

normalmente de 4 °C a 5 °C inferior à temperatura retal e que qualquer elevação da temperatura do testículo acima desse limite afeta a qualidade do sêmen (espermatogênese e produção das glândulas seminais). Esse fenômeno é bastante visível nos animais criptorquídicos, que invariavelmente apresentam azoospermia.

A qualidade do sêmen é afetada em seu volume, motilidade espermática, concentração e morfologia dos espermatozoides. Dessa forma, é importante atentar para a infertilidade nos períodos mais quentes do ano, o que pode acarretar, em associação aos problemas de fertilidade das fêmeas também submetidas ao estresse por calor, queda dos índices reprodutivos dos rebanhos.

Avaliação do estresse calórico em bovinos

Índices de adaptação e conforto térmico

A adaptabilidade ou capacidade de se adaptar pode ser avaliada pela habilidade de o animal ajustar-se às condições ambientais médias, assim como aos extremos climáticos. Animais bem-adaptados são caracterizados por manutenção ou perda mínima do desempenho produtivo durante exposição ao estresse, alta eficiência reprodutiva, alta resistência às doenças, longevidade e baixa taxa de mortalidade.

Nas regiões tropicais, em geral, são observadas taxas de crescimento lentas e baixa produção de leite. O tipo de animal ideal para os trópicos deveria, então, possuir:

1. Alta eficiência na utilização de alimentos.
2. Habilidade para promover a perda de calor corporal eficazmente.
3. Habilidade para conservar a produção corporal de calor permitindo que os processos produtivos ocorram em um nível normal, mesmo quando a temperatura do ar for alta.
4. Isolamento contra a radiação solar (características de pele e pêlos).
5. Habilidade para suportar um alto grau de desidratação e elevação da temperatura corporal.
6. Um alto grau de resistência às doenças mais comuns em regiões tropicais.

Seria ideal que a adaptabilidade de um animal a um determinado ambiente guardasse alta correlação com o rendimento ou desempenho produtivo. A maior parte das avaliações de adaptabilidade dos animais ao ambiente quente pode ser incluída em duas classes:

1. Adaptabilidade fisiológica: descreve a tolerância de um animal a um ambiente quente em razão principalmente de modificações em seu equilíbrio térmico.
2. Adaptabilidade de rendimento: descreve as modificações do desempenho do animal ocorridas em um ambiente quente.

Acredita-se em uma correlação alta e positiva entre as modificações mínimas no equilíbrio térmico e o rendimento em climas quentes. Com base nessas premissas, desenvolveram-se provas de adaptabilidade, constituídas de determinados testes, com os quais se verifica a capacidade do animal em manter sua homeostasia. Existem provas de campo e provas em câmaras climáticas.

Alguns cuidados que devem ser tomados antes da realização das provas de tolerância ao calor são:

1. A precisão dos resultados obtidos nas provas de campo sofre influência dos elementos climáticos em decorrência de sua alta instabilidade, o que pode ser minimizado com a utilização de estatística adequada (escolher adequadamente o delineamento experimental).
2. Os animais utilizados devem ser saudáveis e homogêneos (porte, nutrição).
3. As provas de campo são utilizadas principalmente em ruminantes, não sendo usadas com suínos, aves e coelhos.

Provas de campo

As provas de campo devem ser utilizadas com cautela, pois são boas para medir grandes diferenças, não tendo a possibilidade de detectar pequenas variações. Isso em geral não as invalida, pois apresentam como vantagens:

1. Não precisam de grandes investimentos em material.
2. Para a realização das provas, não se necessita de elementos especializados.
3. O custo é relativamente baixo.
4. Servem para medir grandes diferenças.

Por meio de provas de campo, podem-se determinar índices de adaptação e conforto térmico baseados em medidas ambientais (índice de temperatura e umidade - THI, índice de globo úmido - WBGT, índice de globo e umidade - BGHI, etc.) e baseados em medidas nos animais (temperatura retal, frequência respiratória, frequência cardíaca, teste de Ibéria, teste de Benezra, teste de Rainsby, entre outros).

Índices baseados em medidas ambientais

1. Índice de temperatura e umidade (ITU): é o índice mais utilizado e é calculado a partir da temperatura e umidade relativa do ar. Esse índice pode ser obtido pelas equações:

$$ITU = T_a + 0,36T_{po} + 41,2 \quad \text{ou}$$

$$ITU = 0,72(T_{bs} + T_{bu}) + 40,6$$

Em que:

Ta = temperatura ambiente (°C).

Tpo = temperatura do ponto de orvalho (°C).

Tbs = temperatura do bulbo seco (°C).

Tbu = temperatura do bulbo úmido (°C).

O ITU, originalmente desenvolvido por Thom (1958) como um índice de conforto térmico para humanos, tem sido utilizado para descrever o conforto de animais, principalmente bovinos, desde que Johnson et al. (1962) relataram redução da produção de leite de vacas associada ao aumento do valor do ITU. A partir de então, diversos pesquisadores têm classificado o ambiente térmico a partir de valores médios de ITU (DU PREZZ; GIESECKE; HATTING, 1990; HAHN; PARKHURST; GAUGHAN, 1985). De posse dos valores de temperatura ambiente e umidade relativa do ar, uma maneira prática de se obter esse índice é utilizando a Fig. 2.

O valor considerado limite entre situações de conforto e estresse varia segundo diversos autores (HAHN; PARKHURST; GAUGHAN, 1985; JOHNSON, 1980; MACHADO, 1998; MARTELLO et al., 2004), mas existe unanimidade em considerar que ambiente com ITU acima de 72 é estressante para vacas de alta produção. Nesses casos, a habilidade do animal em dissipar calor está comprometida e a produção de calor endógeno supera sua capacidade de resfriamento, gerando estoque de calor corporal com aumento da temperatura corporal acima dos valores normais. De acordo com Machado (1998), o valor de ITU igual a 72 pode ser alcançado com temperaturas tão baixas quanto 23 °C, quando a umidade relativa do ar for superior a 95 % ou quando a temperatura for 25 °C com umidade de 50 %.

Segundo Hahn, Parkhurst e Gaughan (1985), para os animais domésticos em geral, um valor de ITU igual ou inferior a 70 indica condição normal, não estressante; entre 71 e 78 é considerado crítico; entre 79 e 83 indica perigo; acima de 83 constitui emergência.

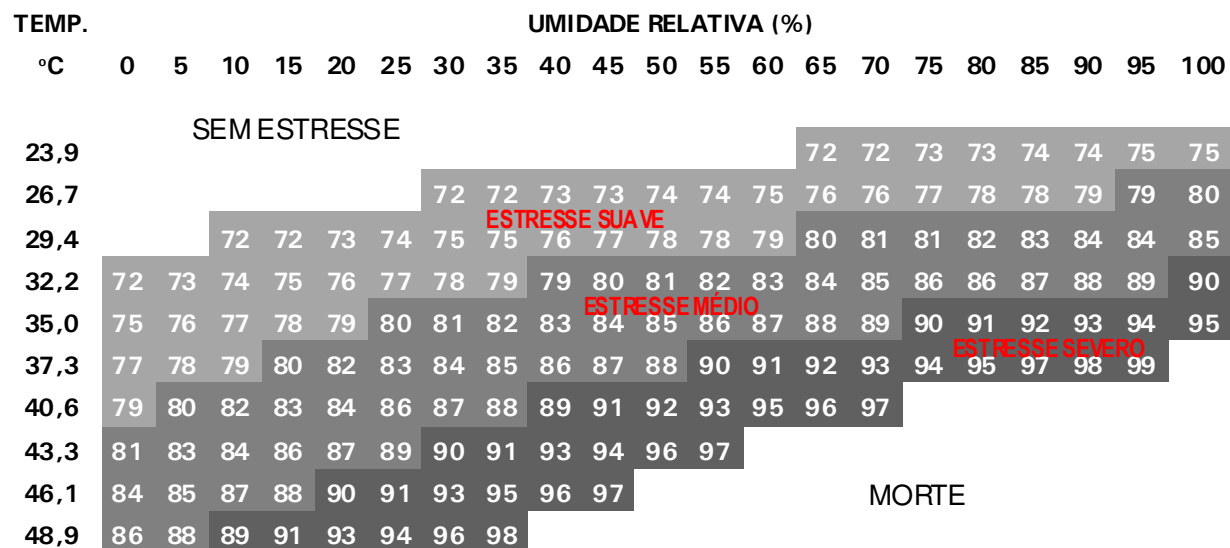


Fig. 2. Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para vacas de leite.

Fonte: Adaptado de PENNINGTON e VANDEVENDER (2002).

Para Johnson (1980), quanto mais produtora uma vaca, maior sua taxa metabólica e maior sua sensibilidade ao estresse pelo calor. O autor observou que o declínio da produção de leite acentua-se a partir do valor de ITU 76 a 78 e que vacas de mais baixa produção (13 kg/dia) são menos afetadas com o ITU 76 do que aquelas vacas de mais alta produção (22 kg/dia).

É importante observar que esse índice, apesar de muito utilizado, não é muito confiável, pois não detecta o efeito da radiação solar (SILVA, 2000) a que são submetidos os animais, principalmente em produção de leite a pasto.

2. Índice de globo úmido (ITGU ou WBGT): esse índice é bem mais eficiente que o ITU, pois engloba, além da temperatura do ar, o efeito da radiação, da umidade relativa do ar, da pressão barométrica e o efeito do vento. A utilização desse índice simula o processo de sudação. Utiliza-se a fórmula a seguir:

$ITGU = 0,7 tw + 0,2 tg + 0,1 ta$, em que tw é a temperatura de bulbo úmido medida em um psicrômetro exposto à radiação solar direta, mas não ventilado artificialmente, ta e tg são as temperaturas do ar e de um globo de Vernon respectivamente, todas em °C.

No caso de não se dispor de uma medida de tw , pode ser usada uma fórmula alternativa:

$ITGU = 0,7tu + 0,3 tg$, em que tu é a temperatura de bulbo úmido tomada em local protegido da radiação solar direta.

O globo de Vernon ou globo negro ou globotermômetro consiste de uma esfera oca, de cobre, com aproximadamente 0,15 m de diâmetro, pintada externamente com duas camadas de tinta preto-fosca para maximizar a absorção de radiação solar. Em seu interior, é inserido um termômetro para leitura da temperatura.

O globo negro indica, por meio do valor lido no termômetro, os efeitos combinados da energia radiante, temperatura e velocidade do ar, três importantes fatores que afetam o conforto térmico dos animais. É um meio prático de determinar o componente energia radiante no ambiente e está consolidado nas pesquisas em bioclimatologia, na determinação de índices que expressam o grau de conforto dos animais.

No entanto, apesar de prático, o globo negro tem sofrido modificações em sua forma, tamanho e material de confecção, decorrentes principalmente do preço do globo de cobre utilizado no instrumento padrão. Nesse sentido, Souza et al. (2002) testaram diferentes materiais na confecção do globo negro e observaram que a utilização de plástico tornou o preço do instrumento mais acessível e mostrou correlação satisfatória com o de cobre, podendo ser utilizado com o mesmo nível de eficiência para o cálculo do ITGU.

De acordo com Baêta (1985), o National Weather Service/USA, em 1976, após 13 anos de estudo, concluiu que os valores de ITGU até 74 definem situação de conforto para bovinos; de 74 a 78 definem situação de alerta; de 79 a 84, perigo e acima de 84, emergência.

Índices baseados em medidas de animais

1. Temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR) e frequência cardíaca (FC): consistem em avaliar em horários pré-determinados os parâmetros fisiológicos temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR) e frequência cardíaca (FC) de grupos de animais ou de animais de diferentes raças e utilizar delineamento estatístico adequado para detectar qual a raça ou grupo de animais mais adaptado (aqueles com menores valores para os parâmetros avaliados). Os valores considerados normais para bovinos, segundo Head (1995), são temperatura retal de 38,5 °C, frequência cardíaca de 60 a 80 batimentos por minuto e 10 a 30 movimentos respiratórios por minuto. O mesmo autor observa que a temperatura sofre pequena variação fisiológica durante o dia, sendo mais

alta no final da tarde e variando ainda em razão do ciclo estral e entre estações do ano.

De acordo com Pires (2006), para saber se um grupo de vacas está sendo afetado pelo estresse calórico, deve-se tomar a temperatura retal de dez dessas vacas em lactação antes da ordenha da tarde. Se sete ou mais vacas apresentarem a temperatura retal acima de 39,4 °C, é sinal de que esses animais estão exibindo sinais de estresse calórico. Em caso de estresse severo, a temperatura das vacas pode exceder 40 °C. Em adição, devem-se contar os movimentos respiratórios de dez vacas. Se a frequência for maior que 60 movimentos por minuto em no mínimo sete vacas, é também um sinal de estresse calórico. Para a pesquisadora, um rebanho também pode ser considerado em estresse calórico se houver redução de 10 % na ingestão de alimentos e na produção de leite. Na Tabela 11, há uma relação das variáveis fisiológicas e níveis de estresse.

Tabela 11. Relação entre alterações da temperatura retal e da frequência respiratória e níveis de estresse em vacas de leite.

Temperatura retal (°C)	Frequência respiratória (mov./min.)	Níveis de estresse
38,3	23	Sem estresse
38,4 a 38,6	45 a 65	Estresse sob controle (consumo, reprodução e produção normais)
39,1	70 a 75	Início do estresse calórico, redução do apetite, reprodução e produção estáveis
40,1	90	Estresse acentuado, redução maior do apetite, queda de produção, redução da manifestação de estro, repetição de estro
40,9	100 a 120	Estresse sério, grandes perdas de produção, a ingestão de alimentos diminui 50 % e a fertilidade pode cair para 12 %
> 41	> 120	Estresse mortal, as vacas expõem a língua e babam muito, não conseguem beber água nem se alimentar

Fonte: Pires (2006), adaptada pelos autores.

Teste de Rhoad ou teste de Ibéria

Esse teste foi desenvolvido por Rhoad (1944) para bovinos das raças Aberdeen Angus e Brahman na Estação Experimental de Ibéria, na Louisiana, Golfo do México. Determina quanto a temperatura retal dos animais excede 38,3°C, temperatura considerada normal para bovinos no ambiente de teste.

Execução do teste: os animais das raças escolhidas ou indivíduos dentro de uma determinada raça são expostos à radiação solar direta em um dia claro, luminoso, com temperatura do ar entre 29 °C e 35 °C. O animal deve ficar em estábulo com possibilidade de se movimentar bem. Não deve receber água ou ter abrigo durante o teste. A temperatura retal dos animais é avaliada às 10h e 15h, repetindo-se esse procedimento por três dias, consecutivos ou não. Obtém-se então a temperatura retal média (TRm) final de cada animal, ou grupo de animais, a qual será utilizada na fórmula abaixo:

$$CTC = 100 - 18 (TRm - 38,3)$$

Em que:

CTC = coeficiente de tolerância ao calor.

TRm = temperatura retal média final.

O resultado é expresso como uma porcentagem da eficiência máxima em manter a temperatura retal em 38,3 °C. Quanto mais elevado o coeficiente, maior o grau de tolerância.

A frequência respiratória (FR) contada nas mesmas horas da TR pode ser utilizada como critério adicional para se estabelecer diferença entre dois animais que mostram o mesmo aumento da TR. O animal com menor aumento da TR e a menor FR é considerado mais tolerante ao calor.

O teste de Rhoad apresenta duas limitações principais:

1. As condições ambientais não são suficientemente padronizadas.
2. O valor 38,3 °C, considerado a temperatura retal média normal de bovinos, não considera as variações relativas à idade, raça, nível de alimentação, nível de produção, etc.

Visando evitar a segunda limitação, pode-se utilizar a temperatura retal inicial tomada pela manhã, descartando-se o valor arbitrário de 38,3 °C e considerando a temperatura retal da tarde. Nesse caso, a fórmula ficaria:

$CTC = 100 - 18(T_{15} - T_{10})$, em que T15 a TR tomada às 15h e T10 a temperatura retal tomada às 10h.

Teste de Benezra

Nesse teste, associam-se os dados da frequência respiratória aos valores de temperatura retal na determinação do coeficiente de tolerância ao calor pelo teste de Ibéria, tornando-o mais sensível e utilizável também com animais estabulados nas horas mais quentes do dia. A fórmula utilizada é:

$$CTC = TR/38,3 + FR/23$$

Quanto mais próximo de 2 o coeficiente encontrado, maior a capacidade de tolerância ao calor, já que dois seria o valor mínimo só obtido nos animais que mantivessem normais sua TR e FR.

Teste de Rainsby

Esse teste baseia-se na capacidade de o animal dissipar o calor corporal excedente, ou seja, retornar à sua temperatura normal. Ao invés de serem simplesmente colocados ao sol ou em câmaras climáticas, os animais são submetidos a exercícios intensos, fazendo que a TR suba acima de 40 °C.

Procedimento: os animais devem permanecer no curral na noite anterior ao teste. Pela manhã, faz-se um exame da TR para verificar as boas condições dos animais a serem testados. Depois disso, eles são submetidos a um exercício intenso dentro do curral, durante 15, 20 e 30 minutos, até uma temperatura de 40 °C. Procede-se a partir daí à determinação da temperatura. Depois do exercício, os animais vão à sombra, medindo-se a temperatura a intervalos regulares até voltar ao normal.

Esse teste tem como vantagem em relação aos anteriormente comentados girar em torno de dissipar e não de adquirir calor, podendo ser considerado, realmente, um teste de adaptabilidade.

Câmaras climáticas

Em experimentos de laboratório, utilizam-se as câmaras climáticas, que permitem o estudo das variáveis climáticas, isoladas ou em conjunto, sendo corrigidos todos os fatores de meio que possam prejudicar os trabalhos experimentais.

Os experimentos realizados em câmaras climáticas são facilmente realizados e os resultados obtidos são de grande precisão, permitindo observar pequenas diferenças na adaptabilidade de animais. O seu grande inconveniente é o alto custo de aquisição e manutenção.

Estratégias para amenizar os efeitos do estresse calórico em bovinos leiteiros

Objetivando aliviar os animais de produção dos efeitos do estresse pelo calor e, assim, melhorar a produção e o desempenho reprodutivo, algumas estratégias de manejo ambiental podem ser utilizadas, entre as quais, a provisão de sombra (natural ou artificial), o resfriamento pela água, combinado ou não à ventilação forçada mediante ventiladores, a utilização de lagoas de resfriamento e mesmo o ar refrigerado em confinamento total.

Na escolha da prática a ser adotada na propriedade, devem-se considerar as necessidades dos animais (em muitos casos, mutáveis durante o ano), o impacto das tecnologias escolhidas sobre as condições ambientais, o nível de gerenciamento da propriedade, o capital disponível e a relação custo-benefício da tecnologia escolhida (PIRES; CAMPOS, 2004). Em razão da diversidade climática entre as regiões, os sistemas e tecnologias utilizados devem ser adaptados às condições locais (LAGANÁ et al., 2005). No entanto, a maioria dos sistemas adotados no Brasil foi desenvolvida em condições ambientais distintas dos países tropicais.

É importante observar que, independentemente do sistema de manejo utilizado para amenizar o estresse das vacas leiteiras, a utilização de salas de espera (ou salas de pré-ordenha) arrefecidas dá maior conforto e gera maior bem-estar aos animais. Deve-se considerar ainda que a ordenha é um momento-chave durante o qual ocorre uma série de mudanças hormonais que levam à ejeção do leite e que, caso o animal esteja estressado, a liberação do leite poderá ser dificultada.

Segundo Huber (1989), se for realizado o arrefecimento da sala de espera, após regressarem ao curral as vacas aumentam o período de ingestão de alimentos e também a quantidade de alimento consumido. Pinheiro et al. (2005) utilizaram o resfriamento da sala de espera para vacas da raça Jersey e verificaram que essa estratégia propiciou maior conforto às fêmeas visto que as temperaturas da pele e retal foram inferiores às das vacas-controle, sem acesso à sala resfriada. Os autores não observaram alteração em relação à quantidade de leite produzida.

Para Armstrong (1994), se uma vaca é confinada na sala de espera por 15 a 60 minutos, duas ou três vezes por dia, pode ocorrer o estresse mesmo em temperatura ambiente moderada. Isso provavelmente se deve ao ambiente reduzido para movimentação e expressão de seus comportamentos normais, além de propiciar o maior contato entre animais, quebrando as relações de hierarquia social já estabelecidas.

De acordo com Pires e Campos (2004), independentemente do tipo de sistema, confinamento ou a pasto, as estratégias utilizadas para amenizar o estresse calórico devem atender a um princípio básico: reduzir o calor ambiental decorrente principalmente da temperatura e da umidade relativa do ar. E assim, segundo os autores, como a temperatura é uma função direta da radiação solar, a interceptação da radiação passa a ser prioridade nos programas de manejo ambiental para amenizar o estresse calórico.

Segundo Pires (2006), a maneira mais eficiente de se combater o estresse calórico é estabelecer um sistema de manejo e de ambiente integrados, com o objetivo de manter a temperatura corporal do animal próxima do normal (38 °C a 39 °C) a maior parte do dia. Nesse sentido, o controle eficiente do ambiente pode utilizar mecanismos naturais ou artificiais para potencializar a dissipação de calor. Entre esses, podem-se destacar o incremento da movimentação do ar, o umedecimento da superfície do animal, o resfriamento evaporativo do ar e o uso de sombras para minimizar os efeitos da radiação solar, destacados a seguir.

Sombreamento

O sombreamento, natural ou artificial, é considerado essencial para manter a eficiência da produção de leite em climas quentes (PINHEIRO et al., 2005). Segundo Buffington, Collier e Canton (1983), seu principal objetivo é reduzir a carga térmica radiante e proteger o animal contra os efeitos da radiação solar direta. As árvores devem, portanto, ser parte obrigatória dos pastos e piquetes para vacas leiteiras, a fim de que estas possam aliviar sua carga térmica radiante. Entretanto, poucos produtores utilizam-se desse artifício, afirmando que a presença de árvores no pasto dificulta o seu estabelecimento e manutenção.

As árvores mais indicadas são aquelas frondosas, de folhas perenes, com altura mínima de três metros para propiciar uma sombra de 20 m² pelo menos e boa ventilação de modo que o solo sombreado possa secar rapidamente, evitando o acúmulo de umidade e reduzindo a ocorrência de afecções nos cascos. As folhas, frutos ou casca não devem conter agentes tóxicos para os animais, nem raízes expostas que possam dificultar a acomodação das vacas. As árvores não devem produzir frutos grandes, com mais de 5 cm de diâmetro, pois se ingeridos podem causar obstrução do esôfago com conseqüente timpanismo e morte do animal (BACCARI JÚNIOR, 1998).

Na falta de arborização nativa, deve-se realizar o plantio de árvores. Quando se tratar de faixas arborizadas, devem ser utilizadas, preferencialmente, em curvas de nível, reduzindo a erosão do solo e protegendo as nascentes e cursos d'água. A presença de bosques na área das pastagens é imprescindível para que o gado possa proteger-se de quedas bruscas de temperatura e de ventos.

O plantio de árvores deve prever a utilização da maior diversidade possível de espécies, obedecendo às características da região, adotando-se árvores nativas ou adaptadas. Algumas árvores indicadas para o Brasil: jatobá,

figueira, ingazeiro, mangabeira, aroeira, faveira-de-bolota, pau-ferro, copaíba, barbatimão-de-folha-miúda, leucena, angico, pequi e seringueira.

Mesmo considerando que a melhor sombra é a provida por árvores (BACCARI JÚNIOR, 1998), tanto em razão da sua maior eficiência em resfriamento quanto em virtude dos custos mais baixos, na impossibilidade de utilização de árvores no pasto e dependendo do sistema de produção, pode-se utilizar o sombreamento artificial, seja por meio de sombras portáteis, com uso de sombrite, seja por meio de abrigos permanentes.

O sombreamento artificial deve ser planejado de modo que possibilite espaço suficiente para os animais manterem sua distância normal quando deitados ou em pé e como proteção contra o calor, permitindo o máximo de circulação do ar. Pires e Campos (2004) sugerem que deve ser assegurado um espaço de 2,3 m² a 4,5 m² por animal adulto nesse tipo de sombreamento.

O sombreamento artificial pode ser constituído por uma tela de fibra sintética (polipropileno) erguida sobre uma estrutura simples de metal (ou madeira). Uma vantagem é poder ser removida de um lugar para outro, o que permite limpar e secar os diferentes locais de acordo com a necessidade. A tela é resistente aos raios ultravioleta, pode prover de 30 % a 90 % de sombra (de acordo com o espaçamento da rede) e tem boa durabilidade se mantida adequadamente estendida. Em geral, recomenda-se a tela para provisão de 80 % de sombra (PIRES; CAMPOS, 2004).

Já a construção de abrigos permanentes demanda custos mais elevados ainda e está na dependência do tipo de material a ser utilizado para a cobertura e sustentação. A escolha de um determinado material para o telhado ou para toda a instalação estará em razão da relação custo-benefício esperada.

O abrigo deve ser aberto lateralmente com a orientação preferencial leste-oeste no sentido do eixo longitudinal do telhado, principalmente quando as

vacas são mantidas confinadas no interior da instalação nas horas mais quentes do dia. A altura mínima recomendada é de 3,6 m do ponto mais baixo do telhado ao solo e a largura não deve exceder 15 m, dimensões que, combinadas, permitem uma ventilação natural adequada. O piso indicado é concreto reforçado com 10 cm de espessura pelo menos e declive de 1,5 % a 2 %. Deve-se obedecer a uma distância mínima de 15 m entre o abrigo e outras edificações ou obstáculos para aumentar a ventilação natural (BUFFINGTON; COLLIER; CANTON, 1983). Nesse tipo de construção, o telhado em forma de "A" (tipo duas-águas) é o mais indicado, com declividade de 33 % e abertura ou lanternim ao longo da cumeeira, o que favorece a circulação de ar de modo que o ar que entra na instalação se aquece e sobe saindo por meio da abertura superior (efeito chaminé). A largura recomendada da abertura, em climas quentes e úmidos, é no mínimo de 30 cm mais 5 cm para cada 3 m de largura da instalação quando esta tem mais de 6 m (BUCKLIN et al., 1991). Para cobertura, os tipos de material mais indicados são as telhas de barro, chapa galvanizada ou alumínio, estas pintadas de branco na parte superior, de preferência (BACCARI JÚNIOR, 1998).

Independentemente do tipo de sombreamento utilizado, se natural ou artificial (com tela ou material permanente), água à vontade e alimento em cocho coberto devem estar bem próximos à área sombreada utilizada pelos animais.

Resfriamento pela água, pelo aumento da ventilação e suas associações

A água é um excelente agente resfriador em virtude da sua alta capacidade calórica e do elevado calor latente de vaporização. Dessa forma, durante as épocas quentes do ano, além da sombra, as vacas holandesas procuram água para se refrescar e, assim, entram na água de

lagos, naturais ou artificiais, ou em outros locais onde há água, até mesmo em bebedouros (BACCARI JÚNIOR et al., 1997).

A aspersão de água é indicada com base no comportamento natural e na capacidade de suar das vacas, quando não há disponibilidade de água para imergir em condições adequadas. A água no sistema de aspersão direta sobre o corpo do animal deve penetrar bem e umedecer completamente a pelagem e a pele e, assim, as vacas são resfriadas por condução, mas principalmente pela evaporação da água a partir dos pêlos e da pele.

Em condição de altas temperaturas ambientais, a evaporação por meio do suor ou da respiração torna-se a principal via de perda de calor. Assim, quando se umedece o corpo do animal utilizando aspersores, as gotas de água evaporam e nesse processo retiram calor da superfície corporal, aumentando o conforto do animal. Esse sistema só é vantajoso em climas secos.

Em alguns sistemas de produção de leite, usa-se a aspersão de água combinada com a ventilação forçada mediante ventiladores. Experimentos demonstraram que, com essa prática, vacas holandesas produziram 7,1 % a mais de leite em Israel e 15,8 % a mais no Kentucky (EUA), segundo dados referidos por Bucklin et al. (1991).

Em algumas fazendas brasileiras, bem como em alguns parques de exposição na Região Nordeste, tem-se observado, entre outras, a prática de fazer correr água sobre o telhado das instalações das vacas leiteiras. Essa conduta visa à diminuição da temperatura interna da instalação, propiciando maior conforto térmico para os animais.

De modo geral, a aplicação de água, de diferentes formas, como agente resfriador, visando aliviar as vacas do estresse térmico e aumentar sua produção, é recomendada nas horas mais quentes do dia, à sombra e quando a temperatura do ar ultrapassa 26-27 °C e a umidade relativa do ar não é muito elevada (abaixo de 70 %). O número de vezes a ser

praticada é variável e deve ser economicamente viável. Deve-se atentar, no entanto, que, embora a água doce seja um recurso natural renovável (ciclo hidrológico), ela está tornando-se escassa pela crescente demanda de consumo mundial e pela poluição. Assim, seu uso deve ser controlado, evitando-se o desperdício.

Em geral, o uso de lagoas não é recomendado em razão da sua associação com o aparecimento de mastites. No entanto, estudos recentes têm mostrado que a carga microbiana presente na lagoa é muito menor que a necessária para iniciar uma infecção da glândula mamária. As lagoas devem ser manejadas adequadamente para evitar o acúmulo excessivo de matéria orgânica e elevação da carga bacteriana, o que pode ser alcançado por um fluxo contínuo de água. Cuidado também deve ser dispensado ao perigo de os animais atolarem-se nessas lagoas quando da redução do nível de água.

Manejo nutricional

Uma das reações do animal ao desconforto térmico é reduzir o consumo, porém, segundo Pires (2006), os efeitos do calor na produtividade de vacas leiteiras podem ser reduzidos mediante a implementação de práticas nutricionais, mas a relação custo/benefício dessas medidas deve ser analisada antes de sua utilização.

O manejo nutricional para as épocas mais quentes do ano deve incluir o fornecimento de dieta fria, ou seja, dieta que gera uma alta proporção de nutrientes para a síntese e diminui o incremento calórico oriundo da fermentação e metabolismo dos alimentos. As características dessa dieta são: maior teor de energia, fibra de alta fermentação, menor degradabilidade de proteínas e alto conteúdo de nutrientes protegidos. Estão incluídos nessa categoria as pastagens tenras, silagem com alto conteúdo de grãos e concentrados ricos em gordura.

Fontes de gordura (3 % a 6 % na matéria seca da dieta) podem gerar aumentos em torno de 2 kg/animal/dia na produção de leite, dada a sua menor fermentação no rúmen. Cardoso (1997) sugere o caroço de algodão (2 kg/animal/dia), soja integral tostada e moída (1 a 2 kg/animal/dia) ou gordura inerte ou protegida. O mesmo autor lembra que o extrato etéreo na matéria seca total da dieta deve ser inferior a 7 % e que se deve utilizar o mínimo de 20 % de FDA e 30 % de FDN para manter a ruminação.

De acordo com Pires (2006), um bom manejo nutricional vai além da formulação das dietas visto que diversos outros fatores relacionados ao manejo diário da propriedade terão reflexos diretos na ingestão de alimento pelas vacas, como o manejo pré-parto, a condição corporal ao parto, a qualidade da forragem, o manejo da silagem, a disponibilidade de água de boa qualidade, problemas de casco, o manejo de cocho incluindo a limpeza e a área de cocho por animal, a disponibilidade de alimento na maior parte do dia, o horário de alimentação, o parcelamento no fornecimento, a separação das vacas por lotes, etc.

Resumidamente, algumas estratégias nutricionais citadas por Simas (1998) e Pires (2006) para minimizar o desconforto térmico são:

- Aumentar a densidade energética da dieta (fornecer forragem de alta qualidade, aumentar a proporção de concentrado, adicionar à dieta ingredientes com alto teor de óleo ou gordura - não ultrapassar 7 % da dieta total).
- Aumentar a porcentagem de minerais na ingestão de matéria seca total (atentar para potássio, cloreto de sódio e magnésio).
- Não fornecer dieta com mais de 65 % de proteína degradável no rúmen (a excreção de N gera calor metabólico).
- Adicionar tamponantes à dieta (incluir 1 % de bicarbonado).

- Aumentar a frequência das refeições (mínimo de três vezes) e evitar cochos vazios.
- Fornecer alimentos nas horas mais frescas do dia (entre 18h e 6h).
- Fornecer alimentos fermentados (silagens) logo após a retirada do silo, evitando aquecimentos.
- Utilizar ração total imediatamente após a ordenha.
- Dispor de espaço no cocho de no mínimo 0,7 m/vaca.
- Colocar cochos e bebedouros na sombra.

Referências

- ABILAY, T. A.; JOHNSON, H. D.; MADAN, M. Influence of environmental heat on peripheral plasma progesterone and cortisol during the bovine estrous cycle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 58, n. 12, p. 1836-1840, 1975.
- AGRICULTURAL FOOD AND RESEARCH COUNCIL (AFRC). Technical Committee on Responses to Nutrients. Nutritive requirements of ruminant animal: protein. **Nutrition Abstracts & Reviews, series B**, v. 62, n. 12, p. 787-835, 1992.
- ALBRIGHT, J. L. Feeding behavior of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, n. 2, p. 485-498, 1993.
- ALDERMAN, G.; COTTRILL, B. R. (Comp.). **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: CAB International: AFRC, 1993. 159 p. An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients.
- ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 77, n. 7, p. 2044-2050, 1994.
- ARNOLD, G. W.; DUDZINSKI, M. L. **Ethology of free-ranging domestic animals**. New York: Elsevier, 1978. 198 p.
- AYALON, N.; FEINGOLD, D.; ALMEIDA, A. Disturbed ovulation and summer infertility in friesian cows in Israel. **Refuah Veterinarith**, Tel Aviv, v. 39, n. 1, p. 1-12, 1982.
- BACCARI JÚNIOR, F. Manejo ambiental para produção de leite em climas quentes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2., 1998, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Universidade Católica de Goiás, 1998. p. 136-161.
- BACCARI JÚNIOR, F.; AGUIAR, I. S.; DAL FAVA, C.; BRASIL, L. H. A.; GOTTSCHALK, A. F. Comportamento adaptativo termorregulador de vacas holandesas sob radiação solar direta, mediante o aproveitamento de sombra e água. In: CONGRESSO DE ZOOTECNIA, 6., 1996, Evora. **Actas...** Lisboa: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos, 1997. v. 2, p. 331-336.
- BACCARI JÚNIOR, F.; JOHNSON, H. D.; HAHN, G. L. Compensatory growth of young dairy heifers subjected to heat stress. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 51, p. 4, 1980. Suplemento.
- BACCARI JÚNIOR, F.; JOHNSON, H. D.; HAHN, G. Environmental heat effects on growth, plasma T3, and postheat compensatory effects on Holstein calves. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, New York, v. 173, n. 3, p. 312-318, 1983.

BADINGA, L.; COLLIER, R. J.; THATCHER, W. W.; WILCOX, C. J. Effects of climatic and management factors on conception rate of dairy cattle in subtropical environment. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 68, n. 1, p. 78-85, 1985.

BAÊTA, F. C. **Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature, humidity and wind velocity in the warm season**. 1985. 218 f. Tese (Doutorado) - University of Missouri, Columbia.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: UFV, 1997. 246 p.

BARBOSA, O. R.; CARDOSO, R. M.; SILVA, J. F. C.; ALMEIDA, M. ; TORRES, C. A. A.; OLIVEIRA, J. S. Influência da temperatura da água de beber no desempenho de animais 7/8 Holandês-Zebu, na época do verão. II. Consumo de alimento, ganho de peso e produção de ácidos graxos voláteis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 12, n. 1, p. 97-114, 1983b.

BARBOSA, O. R.; CARDOSO, R. M.; SILVA, J. F. C.; ALMEIDA, M.; TORRES, C. A. A.; OLIVEIRA, J. S. Influência da temperatura da água de beber no desempenho de animais 7/8 Holandês-Zebu, na época do verão. I. Temperatura retal, ritmo respiratório e ingestão de água. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 12, n. 1, p. 86-96, 1983a.

BEEDE, D. K.; COLLIER, R. J. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 62, n. 2, p. 543-555, 1986.

BEEDE, D. K.; SHEARER, J. K. Nutritional management of dairy cattle during hot weather. **Agri-practice**, Santa Barbara, v. 12, n. 5, p. 5-13, Sep./Oct. 1991.

BESSE, J. **La alimentacion del ganado**. Madrid: Mundi-Prensa, 1986. 379 p.

BLACKSHAW, J. K. **Notes on some topics on applied animal behavior**. 2nd ed. Brisbane: University of Queensland, 1984. 131 p.

BUCKLIN, R. A.; TURNER, L. W.; BEEDE, D. K.; BRAY, D. R.; HEMKEN, R. W. Methods to relieve heat stress for dairy cows in hot, humid climates. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 7, n. 2, p. 241-246, 1991.

BUFFINGTON, D. E.; COLLIER, R. J.; CANTON, G. H. Shade management systems to reduce heat stress for dairy cows in hot, humid climates. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 26, n. 6, p. 1798-1802, Nov./Dec. 1983.

CARDOSO, R. M. Conforto animal em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 13., 1996, Piracicaba. **Produção de bovinos a pasto: anais**. Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 185-198.

CARVALHO, N. M.; OLIVO, C. J. Reações fisiológicas e ganho de peso corporal de novilhas leiteiras, mantidas ao sol e a sombra. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. v. 3, p. 141-143.

CHURCH, D. C.; POND, K. R.; POND, W. G. **Basic animal nutrition and feeding**. 4th ed. New York: John Wiley & Sons, 1995. 624 p.

COSTA, M. J. R. P. Ambiência na produção de bovinos de corte a pasto. In: ENCONTRO ANUAL DE ETOLOGIA, 18., 2000, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Etologia, 2000. p. 26-42.

COWAN, R. T.; MOSS, R. J.; KERR, D. V. Northern dairy fedbase 2001. 2. Summer feeding systems. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 27, n. 3, p. 150-161, Sep. 1993. (NÃO É 1981 E SIM 1993)

CUMMINS, K. A. Effect of dietary acid detergent fiber on responses to high environmental temperature. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, n. 6, p. 1465-1471, June 1992.

CURTIS, S. E. **Environment management in animal agriculture**. Illinois: Animal Environment Services, 1981. 430 p.

DAMASCENO, J. C.; BACCARI JÚNIOR, F.; TARGA, L. A. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas com acesso à sombra constante ou limitada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 595-602, 1998.

DE LA SOTA, R. L. Fisiologia ambiental: mecanismos de respuestas del animal al estress calorico. In: JORNADA DE MANEJO DEL ESTRESS CALÓRICO, 1., 1996, La Plata. **Anais...** La Plata: EDULP, 1996. p. 1-43.

DUNLAP, S. E.; VICENT, C. K. Influence of post-breeding thermal stress on conception rate in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 32, n. 6, p. 1216-1218, 1971.

DU PREEZ, J. H.; GIESECKE, W. H.; HATTING, P. J. Heat stress in dairy cattle and other livestock under Southern African conditions. I. Temperature-humidity index mean values during the four main seasons. **Onderstepoort Journal of Veterinary Research**, v. 57, n. 1, p. 77-87, Mar. 1990.

FINCH, V. A.; BENNETT, I. L.; HOLMES, C. R. Sweating responses in cattle and its relation to rectal temperature, tolerance of sun and metabolic rate. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 99, pt. 3, p. 479-487, Dec. 1982.

FOX, D. G.; BLACK, J. R. A system for predicting body composition and performance of growing cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 58, n. 3, p. 725-739, Mar. 1984.

- FOX, D. G.; TYLUTKI, T. P. Accounting for the effects of environment on the nutrient requirements of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 81, n. 11, p. 3085-3095, Nov. 1998.
- FRASER, A. F.; BROOM, D. M. **Farm animal behavior welfare**. 3rd ed. London: Baillière Tindall, 1990. 437 p.
- GRANT, R. J.; ALBRIGHT, J. L. Feeding behavior and management factors during the transition period in dairy cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 9, p. 2791-2803, Sept. 1995.
- GWAZDAUSKAS, F. C.; THATCHER, W. W.; KIDDY, C. A.; PAAPE, M. J.; WILCOX, C. J. Hormonal patterns during heat stress following PGF₂α-THAM salt induced luteal regression in heifers. **Theriogenology**, Maryland Heights, v. 16, n. 3, p. 271-285, Sept. 1981.
- HAALAND, G. L.; TYRRELL, H. F.; MOE, P. W. The effect of dietary protein and cattle breed on energy utilization for growth. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 51, Suppl. 1, p. 365, 1980.
- HAALAND, G. L.; TYRRELL, H. F.; MOE, P. W. The effect of dietary protein level and cattle breed on energy utilization of corn-corn silage diets for growth assessed by respiration calorimetry. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 52, Suppl. 1, p. 403, 1981.
- HAFEZ, E. S. E. **Adaptacion de los animales domésticos**. Barcelona: Labor, 1973. 563 p.
- HAHN, G. L. **Bioclimatologia e instalações zootécnicas: aspectos teóricos e aplicados**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 28 p.
- HAHN, G. L.; PARKHURST, A. M.; GAUGHAN, J. B. Compensatory performance in livestock: influence on environmental criteria. In: YOUSEF, M. K. (Ed.). **Stress physiology in livestock**. Boca Raton: CRC Press, 1985. v. 2, p. 52-145.
- HANSEN, P. J.; ARÉCHIGA, C. F. Reducing effects of heat stress on reproduction of dairy cow. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIVESTOCK IN THE TROPIS, 1994, Gainesville. **Proceedings...**Gainesville: University of Florida, Institute of Food and Agricultural Science, 1994. p. 92-99.
- HANSEN, P. J.; EALY, A. D. Effects of heat stress on the establishment and maintenance of pregnancy in cattle. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 1, supl. 3, pt. 1, p. 108-119, 1991. Edição dos Anais do 9 Congresso Brasileiro de Reprodução Animal, Belo Horizonte, jul. 1991.
- HEAD, H. H. Management of dairy cattle in tropical and subtropical environments. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2., 1995, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBBiomet, 1995. p. 26-68.

HOLROYD, R. G.; ENTWISTLE, K. W.; SHEPHERD, R. K. Effects on reproduction of estrous cycle variations, rectal temperatures and liveweights in mated Brahman cross heifers. **Theriogenology**, Maryland Heights, v. 40, n. 3, p. 453-464, Sept. 1993.

HOLTER, J. B.; URBAN JÚNIOR, W. E. Water partitioning and intake prediction in dry and lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, n. 6, p. 1472-1479, June 1992.

HUBER, J. T. Alimentação de vacas de alta produção sob condições de stress térmico. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. **Bovinocultura leiteira**. Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 33-48.

HUBER, J. T. Relação entre nutrição e "stress" térmico em gado leiteiro. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL, 6., 1989, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1989. p. 63-65.

HUBER, J. T.; HIGGINBOTHAM, G.; GOMEZ-ALARCON, R. A.; TAYLOR, R. B.; CHEN, K. H.; CHAN, S. C.; WU, Z. Heat stress interactions with protein, supplemental fat, and fungal cultures. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 77, n. 7, p. 2080-2090, July 1994.

IGONO, M. O.; STEEVENS, B. J.; SHANKLIN, M. D.; JOHNSON, H. D. Spray cooling effects on milk production, milk, and rectal temperatures of cows during a moderate temperate summer season. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 68, n. 4, p. 979-985, Apr. 1985.

JOHNSON, H. D. Environmental management of cattle to minimize the stress of climatic change. **International Journal of Biometeorology**, Heidelberg, v. 24, suppl. 7, p. 65-78, 1980.

JOHNSON, H. D.; RAGSDALE, A. C.; BERRY, I. L.; SHANKLIN, M. D. **Environmental physiology and shelter engineering. 62 Effect of various temperature-humidity combinations on milk productions of holstein cattle**. Columbia: University of Missouri, College of Agriculture, 1962. 39 p. (Agricultural Experiment Station, Columbia, Missouri. Research Bulletin, 791).

LABHSETWAR, A. P.; TYLER, W. J.; CASIDA, L. E. Genetic and environmental factors affecting quiet ovulations in Holstein cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 46, n. 8, p. 843-845, 1963.

LAGANÁ, C.; BARBOSA JÚNIOR, A. M.; MELO, D. L. M. F.; RANGEL, J. H. A. Respostas comportamentais de vacas holandesas de alta produção criadas em ambiente quentes, mediante ao sistema de resfriamento adiabático evaporativo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 6, n. 2, p. 67-76, 2005.

LANHAM, J. K.; COPPOCK, C. E.; MILAM, K. Z.; LABORE, J. M.; NAVE, D. H.; STERMER, R. A.; BRASINGTON, C. F. Effects of drinking water temperature on physiological responses of lactating Holstein cows in summer. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 69, n. 4, p. 1004-1012, Apr. 1986.

MACHADO, P. F. Efeitos da alta temperatura sobre a produção, reprodução e sanidade de bovinos leiteiros. In: SILVA, I. J. O. **Ambiência na produção de leite em clima quente**. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 179-188.

MALLONÉE, P. G.; BEEDE, D. K.; COLLIER, R. J.; WILCOX, C. J. Production and physiological responses of dairy cows to varying dietary potassium during heat stress. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 68, n. 6, p. 1479-1487, June 1985.

MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; SILVA, S. da L. e; TITTO, E. A. L. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 181-191, 2004.

MAUST, L. E.; MCDOWELL, R. E.; HOOVEN, N. W. Effect of summer weather on performance of Holsteins cows in three stages of lactation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 55, n. 8, p. 1133-1139, Aug. 1972.

MCDOWELL, R. E. **Bases biológicas de la producción animal em zonas tropicales**. Zaragoza: Acríbia, 1975. 692 p.

MCDOWELL, R. E.; HOOVEN, N. M.; CAMOENS, J. K. Effect of climate on performance of Holsteins in first lactation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 59, n. 5, p. 965-973, May 1976.

MELLADO, M. Respuesta fisiológica, producción de leche, eficiencia reproductiva y salud del ganado lechero expuesto a temperaturas ambientales elevadas. **Veterinária México**, México, v. 26, n. 4, p. 389-399, oct./dic. 1995.

MILAM, K. Z.; COPPOCK, C. E.; WEST, J. W. ; LANHAM, J. K.; NAVA, D. H.; LABORE, J. M.; STERMER, R. A.; BRASINGTON, C. F. Effects of drinking water temperature on production responses in lactating Holstein cows in summer. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 69, n. 4, p. 1013-1019, Apr. 1986.

MOBERG, G. P. Biological responses to stress: implications for animal welfare. In: MOBERG, G. P.; MENCH, J. A. (Ed.). **The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare**. Wallingford: CABI International, 2000. p. 1-22. (CORRETO É 2000 E NÃO 2004)

MULLER, P.B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. 2. ed. Porto Alegre: Sulina, 1982. 158 p.

MULLER, C. J. C.; BOTHA, J. A.; SMITH, W. A. Effect of shade on various parameters of Friesian cows in Mediterranean climate in South Africa. 3. Behaviour. **South African Journal of Animal Science**, Hatfield, v. 24, n. 2, p. 61-66, June 1994.

MURPHY, M. R.; DAVIS, C. L.; MCCOY, G. C. Factors affecting water consumption by Holstein cows in early lactation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 66, n. 1, p. 35-38, Jan. 1983.

NÃÃS, I. A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Ícone, 1989. 183 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (U.S.). Committee on Animal Nutrition. Subcommittee on Environmental Stress. **Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals**. Washington D.C.: National Academy Press, 1981. 152 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (U.S.). Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition. **Nutrient requirements of dairy cattle**. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381 p.

OLIVEIRA NETO, J. B. de; MOURA, A. de A. A.; NEIVA, J. N. M.; GUILHERMINO, M. M. Indicadores de estresse térmico e utilização da somatotropina bovina (bST) em vacas leiteiras mestiças (*Bos taurus* x *Bos indicus*) no semi-árido do Nordeste. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 360-367, 2001.

OORT, A. H. The energy cycle of the earth. **Scientific American**, New York, v. 223, n. 3, p. 54-63, Sept. 1970.

PENNINGTON, J. A.; VANDEVENDER, K. **Heat stress in dairy cattle**. Little Rock: University of Arkansas, Division of Agriculture, Cooperative Extension Service, 2000. (Agriculture and Natural Resources, FSA3040). Disponível em: http://www.uaex.edu/Other_Areas/publications/PDF/FSA-3040.pdf. Acesso em: 10 dez. 2009.

PERERA, K. S.; GWAZDAUSKAS, F. C.; PEARSON, R. E.; BRUMBACK JUNIOR, T. B. Effect of season and stage of lactation on performance of Holsteins. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 69, n. 1, p. 228-236, Jan. 1986.

PINHEIRO, M. G.; NOGUEIRA, J. R.; LIMA, M. L. P.; LEME, P. R.; MACARI, M.; NÃÃS, A.; LALONI, I. A.; ROMA JÚNIOR, L. C.; TITTO, E. A.; PEREIRA, A. F. Efeito do ambiente pré-ordenha (sala de espera) sobre a temperatura da pele, a temperatura retal e a produção de leite de bovinos da raça Jersey. **Revista Portuguesa de Zootecnia**, Portugal, v. 12, n. 2, p. 37-43, 2005.

PIRES, M. de F. A. **Manejo nutricional para evitar o estresse calórico**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2006. 4 p. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 52.).

PIRES, M. F. A. **Comportamento, parâmetros fisiológicos e reprodutivos de fêmeas da raça Holandesa confinadas em free-stall, durante o verão e o inverno**. 1997. 151 f. Tese (Doutorado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PIRES, M. de F. A.; CAMPOS, A. T. de. **Modificações ambientais para reduzir o estresse calórico em gado de leite**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2004. 6 p. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 42).

- PIRES, M. de F. A.; VILELA, D.; VERNEQUE, R. da S.; TEODORO, R. L. Reflexos do estresse térmico no comportamento das vacas em lactação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1., 1998, Piracicaba. **Produção de leite em clima quente: anais**. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 68-102.
- POND, W. G.; CHURCH, D. C.; POND, K. R. **Basic animal nutrition and feeding**. 4th ed. New York: John Wiley & Sons, 1995. 615 p.
- REIS, J. Cientistas discutem volta das pestes. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 1 dez. 1996. Coluna "Periscópio", p. 5-6.
- RICHARDS, J. I. Milk production of Friesian cows subjected to high daytime temperatures when allowed food either ad lib or at night-time only. **Tropical Animal Health Production**, Edinburgh, v. 17, n. 3, p. 141-152, Aug. 1985.
- ROMAN-PONCE, H.; THATCHER, W. W.; BUFFINGTON, D. E.; WILCOX, C. J.; VAN HORN, H. H. Physiological and production responses of dairy cattle to a shade structure in a subtropical environment. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 60, n. 3, p. 424-430, Mar. 1977.
- SCHNEIDER, P. L.; BEEDE, D. K.; WILCOX, C. J.; COLLIER, R. J. Influences of dietary sodium and potassium bicarbonate and total potassium on heat-stressed lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 67, n. 11, p. 2546-2553, Nov. 1984.
- SCHRAMA, J. W. **Energy metabolism of young unadapted calves**. 1993. 139 f. Ph. D. Thesis (Ph. D. degree) - Department of Animal Husbandry and Department of Animal Nutrition, Wageningen Agricultural University, Wageningen.
- SELYE, H. A syndrome produced by diverse nocuous agents. **Nature**, London, v. 138, n. 3479, p. 32, 1936.
- SHEARER, J. K.; BEEDE, D. K. Thermoregulation and physiological responses of dairy cattle in hot weather. **Agri-Practice**, Santa Bárbara, v. 11, n. 4, p. 5-8, 13, 16-17, July/Aug. 1990.
- SILVA, R. G. da. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.
- SIMAS, J. M. C. Nutrição de animais em condições de estresse. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1., 1998, Piracicaba. **Ambiência na produção de leite em clima quente: anais**. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 103-113.
- SOUZA, C. de F.; TINÓCO, I. de F. F.; BAÊTA, F. da C.; FERREIRA, W. P. M.; SILVA, R. S. da. Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 157-164, jan./fev. 2002.
- STERMER, R. A.; BRASINGTON, C. F.; COPPOCK, C. E.; LANHAM, J. K.; MILAM, K. Z. Effect of drinking water temperature on heat stress of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 69, n. 2, p. 546-551, Feb. 1986.

- THOM, E. C. Cooling degrees: day air conditioning, heating and ventilating. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 55, n. 7, p. 65-72, 1958.
- TITTO, E. A. L. Clima: influência na produção de leite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 10-23.
- ULBERG, L. C.; BURFENING, P. J. Embryo death resulting from adverse environment on spermatozoa or ova. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 26, n. 3, p. 571-577, 1967.
- VALTORTA, S.; GALLARDO, M. El stress por calor en producción lechera. In: TEMAS de producción lechera. Rafaela, Santa Fé, Argentina: INTA-EEA Rafaela, 1996. p. 85-112. (INTA-EEA Rafaela. Publicación miscelánea, 81).
- VASILATOS, R.; WANGSNES, P. J. Feeding behavior of lactation dairy cows as measured by time-lapse photography. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 63, n. 3, p. 412-416, Mar. 1980.
- WECHSLER, B.; FROHLICH, E.; OESTER, H.; OSWALDT, T.; TROXLER, J.; WEBER, R.; SCHMID, H. The contribution of applied ethology in judging animal welfare in farm animal housing system. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 53, n. 1/2, p. 33-43, May 1997.
- WEST, J. W. Interactions of energy and bovine somatotropin with heat stress. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 77, n. 7, p. 2091-2102, July 1994.
- WEST, J. W.; COPPOCK, C. E.; MILAM, K. Z.; NAVE, D. H.; LABORE, J. M.; ROWE JUNIOR, L. D. Potassium carbonate as a potassium source and dietary buffer for lactating Holstein cows during hot weather. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 70, n. 2, p. 309-320, Feb. 1987.
- WILKS, D. L.; COPPOCK, C. E.; LANHAM, J. K.; BROOKS, K. N.; BAKER, C. C.; BRYSON, W. L.; ELMORE, R. G.; STERMER, R. A. Responses of lactating Holstein cows to chilled drinking water in high ambient temperatures. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 73, n. 4, p. 1091-1099, Apr. 1990.
- WILSON, S. J.; KIRBY, C. J.; KOENIGSFELD, A. T.; KEISLER, D. H.; LUCY, M. C. Effects of controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle. 2. heifers. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 81, n. 8, p. 2123-2138, Aug. 1998.
- WOLFENSON, D.; FLAMENBAUM, I.; BERMAN, A. Hyperthermia and body energy store effects on estrous behavior, conception rate, and corpus luteum function in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 71, n. 12, p. 3497-3504, Dec. 1988.
- YOUNG, B. A. Effects of winter acclimatization on resting metabolism of beef cows. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 55, n. 4, p. 619-625, Dec. 1975a.
- YOUNG, B. A. Temperature-induced changes in metabolism and body weight of cattle (*Bos taurus*). **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, Ottawa, v. 53, n. 5, p. 947-953, Oct. 1975b.