

CAPÍTULO 6

<http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.2013B004.6>

Exigências Nutricionais de Ruminantes Sob Estresse Térmico

Arnaud Azevêdo Alves

Ronaldo de Oliveira Sales

Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo

Abelardo Ribeiro de Azevêdo

Francisco de Assis Vasconcelos Arruda

Introdução

A principal razão pelas qual os bovinos leiteiros não são geralmente alimentados para 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 a sombras de árvores ou sombreamentos construídos para livre escolha, ou (3) confinados totalmente com ou sem equipamentos para controle da temperatura.

Bovinos leiteiros

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.

Acima de 25°C, o apetite pode ser influenciado pelo ambiente térmico. O grau deste efeito depende de muitos fatores, como tipo de alimento, quantidade de alimento oferecido, nível de umidade atmosférica, comprimento da pelagem, e em vacas em lactação o estágio de lactação e a produção diária de leite. Nos primeiros 60 dias de lactação, o apetite e o consumo de alimento são mais afetados pelo ambiente térmico que nos estágios finais de lactação (McDOWELL et al., 1976).

A faixa aproximada de correlações entre variáveis climáticas e produção de leite sob condições de campo tem variado entre -0,35 a 0,30, com a maioria de -0,1 a 0,2 (NRC, 1981a).

Vacas de leite

O estresse térmico induz a mudanças metabólicas e de comportamento nos bovinos (WEST, 1994). Algumas mudanças, tais como aumento da frequência respiratória, aumentam as perdas energéticas, enquanto outras mudanças reduzem o CMS, levam a consumo seletivo, reduzem a atividade e reduzem a taxa metabólica, reduzindo 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 NRC (2001) não foi ainda suficientemente validada.

As mudanças relativas nas exigências de manutenção e no CMS de uma vaca da raça Holandesa de 600 kg, com expectativa de produção de 27 kg de leite com 3,7% de gordura, segundo o NRC (1981a) estão apresentados na Figura 11.

A porção sólida da curva de MS foi derivada de um estudo de aproximadamente 85.000 dados de produção média diária de leite de períodos de 10 dias sob condições de campo em um período de 12 anos, quando as vacas consumiram uma dieta composta por feno de alfafa, silagem de milho, e concentrado numa relação de aproximadamente 60% forragem e 40%

concentrado. As classes de temperatura no momento do consumo de alimento variaram de 10 a 40°C, com intervalos de 3°C, com o ponto limite inferior às 6 h acima da classe média e não mais que 12 h acima da classe média. Quando as horas da classe media excedeu 12 horas, o dia foi considerado a maior classe (NRC, 1981a).

De -10 a 25°C houve declínio gradual no consumo de alimento. O consumo de alimento decresceu rapidamente quando o dia apresentou 6h ou mais com temperatura superior a 30°C (60F). Os declínios no consumo de alimento no extremo de temperatura elevada foram atribuídos às mudanças de comportamento, isto é, os animais se acalmaram para minimizar a produção de calor sob condições de estresse térmico (NRC, 1981a). Embora o NRC (1981a) tenha proposto ajuste no aumento das exigências de manutenção de 7 a 25% para uma vaca de 600 kg, equivalente a 0,7 a 2,4 Mcal de EL₁/dia, os dados atualmente disponíveis, segundo o NRC (2001), são insuficientes para quantificar estes efeitos com acurácia.

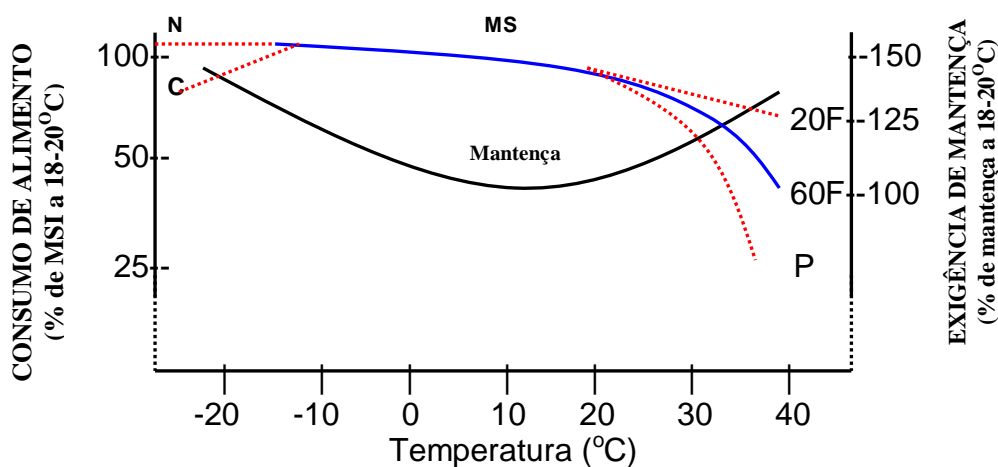


Figura 11 – Exigências estimadas para manutenção de vaca leiteiras com 600 kg em temperatura variável de -15 a 40°C; variação percentual no CMS, como percentagem do consumo a 18 a 20°C, em função da temperatura, nas relações forragem:concentrado 60:40 (60F) e 20:80 (20F) ou apenas a pasto (P); N=necessidades estimadas em -15 a -20°C e C=níveis de consumo mais relacionados às mudanças comportamentais para conservação de calor corporal (NRC, 1981a).

Há três opções que podem ser utilizadas individualmente ou em combinação para reduzir os efeitos ambientais no consumo de EM: proporcionar sombra ou proteção para os animais para no mínimo aliviar parcialmente o estresse de temperaturas extremas (OLIVEIRA et al., 1980ab); aumentar a proporção de concentrados na dieta, como 20% de forragem e 80% de concentrado; ou uso da combinação das duas opções. Aumento da proporção de concentrado pode levar as vacas a manterem o consumo de EM próximo ao nível exigido para manutenção e produção em faixa mais ampla de temperatura que em dietas com maiores conteúdos de forragem (NRC, 1981a).

Como a taxa de consumo de alimento declina devido ao estresse térmico, o peristaltismo ruminal declina, com redução na taxa de passagem. Os dados da Tabela 14 ilustram o impacto do tempo de exposição a temperaturas acima de 27°C na eficiência bruta de vacas da raça Holandesa (kg leite/McalEL). Independente do estágio de lactação, a eficiência bruta permanece alta com exposição por mais que 20 dias a temperatura acima de 27°C. Até 40 dias de exposição deprime a eficiência significativamente no estágio inicial da lactação. Vacas expostas por 40 a 87 dias apresentam marcante depressão (-27%) na eficiência que vacas expostas por 20 dias ou menos. Menores quantidades de forragem com reduzida digestibilidade são indubitavelmente fatores adicionais. Isto indica que seria proibitivo economicamente produzir em climas quentes vacas da raça Holandesa com peso vivo a idade adulta superior a 600 kg (NRC, 1981a).

O efeito das condições de calor sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de vacas holandesas até os 260 dias de lactação foi avaliado por MAUST et al. (1972), atribuindo-se a estes fatores variações de 9% na produção de leite, 13% na gordura do leite, 5% no consumo de alimento e 65% na temperatura retal.

Tabela 14 – Eficiência bruta (kg de leite/McalEL) de vacas da raça Holandesa na primeira lactação quando as temperaturas máximas diárias não excedem os 27°C ou excede os 27°C por 21 a 40 ou 40 a 87 dias por 100 dias de lactação

Estágio de Lactação (dias)	Número de dias, Máximo > 27°C		
	0-20	21-40	40-87
0 a 100	0,85 ^a	0,74 ^b	0,62 ^c
101 a 200	0,82	0,77	0,75
201 a 300	0,87	0,78	0,72

*Valores na mesma linha com letras diferentes diferem significativamente (P<0,05).

Fonte: McDOWELL et al. (1976).

Correlações entre consumo de EM e condições meteorológicas têm sido maiores para condições que ocorrem no mesmo dia ou no dia anterior, enquanto a produção de leite foi mais altamente correlacionada com a temperatura ambiente efetiva nos 2 a 5 dias precedentes. Vários experimentos (JOHNSON et al., 1962 e MAUST et al., 1972) demonstraram que tendo oportunidade, os bovinos podem mudar o hábito de alimentação do dia para a noite durante o verão, quantificado pelo NRC (1981a) em aumento de CMS de 12,4% à noite, enquanto no inverno consomem mais 8,5% de MS durante o dia. Em nenhum dos experimentos houve depressão significativa no consumo total de MS ou produção de leite, embora a temperatura máxima diária tenha excedido os 27°C.

O NRC (2001) não inclui qualquer efeito dos estressores climáticos sobre as exigências de proteína por bovinos de qualquer categoria. Naturalmente, há necessidade de maiores pesquisas nesta 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 PNDR em relação às funções fisiológicas de vacas em lactação submetidas a 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 no sentido de se estabelecer um gradiente de resposta para diferentes níveis de inclusão de gordura na dieta em relação ao estresse térmico.

A administração de bST a vacas de leite melhora a eficiência de utilização da energia para produção (kg de leite ou kg de leite corrigido para gordura por McalEL_i consumida), o que pode ser atribuído à redução na 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), sob 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 devido à associação entre produção de calor e maior produção de leite, o que indica a necessidade de práticas de manejo antiestresse visando atenuar este 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.

Devido à limitação de dados, o NRC (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 estes

efeitos, enquanto o NRC (1981a) chama atenção para o risco de possíveis interações negativas destes efeitos.

Ajustes para componentes não energéticos

A sudorese, como mecanismo para manutenção do balanço térmico, resulta na secreção de Na, e serve como um adicional ao Na excretado em excesso via urina sob condições de estresse térmico (SCHNEIDER et al., 1984). Em temperatura ambiental entre 25 e 30°C recomenda-se um adicional de Na às exigências de manutenção de 0,1 g/100 kg PV. Em temperatura ambiental >30°C, adotou-se um adicional de 0,4 g da Na/100 kg PV a um total de 0,5 g/100 kg PV para manutenção (ARC, 1980).

A concentração de Na no leite bovino depende do consumo de alimento, sendo 0,63 g/kg, segundo o NRC (2001), com base no ARC (1965), exceto em deficiência severa. Alta temperatura ambiente aumenta o conteúdo de cloro no leite.

Estresse térmico causa redução nas concentrações de K no plasma e urina, podendo a redução de K no plasma estar associada à depressão na secreção de aldosterona pelo córtex da adrenal, possivelmente reduzindo perdas urinárias de K. Estas reduções de concentração podem estar associadas à maior perda de K por sudorese. No entanto, se tem verificado aumento da excreção de Na na urina de ruminantes estressados pelo calor, levando à sugestão de aumento dietético destes minerais sob condições de estresse térmico, reservando-se atenção especial ao estado fisiológico do animal (BEEDE e COLLIER, 1986).

A termorregulação por sudorese em alta temperatura ambiental é parte das exigências de manutenção. WEST et al. (1987) constataram que durante estresse térmico, a inclusão de 1,53% de K na dieta para vacas da raça Holandesa resultou em maior CMS e tendência a maior produção de leite, inferindo que a recomendação do NRC para gado de leite vigente (NRC, 1978), de 0,8%, poderia não ser suficiente para vacas de alta produção sob estresse térmico. Em temperatura ambiente entre 25°C e 30°C, um adicional de 0,04 g de K/100 kg PV foi considerado parte da manutenção e em temperatura ambiente >30° C, um adicional de 0,36 g de K/100 kg PV a um total de 0,40 g/100 kg PV

foi adotado no modelo do NRC (2001), corrigindo assim distorções da edição anterior do NRC para bovinos de leite.

Durante estresse térmico, além da redução no CMS, aumenta a exigência de K devido sua secreção no leite e perdas por sudorese, sendo ainda necessário manter o balanço cátion-aniônico. Para vacas em lactação sob estresse térmico, o NRC (2001) recomenda 1,5% de K na MS da dieta para maximização da produção de leite, no entanto, como a maioria das dietas para esta categoria animal contém 1,5% ou mais de K na MS, geralmente é desnecessário 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, o aumento da frequência respiratória até ofegância resulta em redução na 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, devido Na_2CO_3 e K_2CO_3 serem os principais tampões encontrados na saliva (WEST et al., 1987).

Segundo BEEDE e COLLIER (1986), a inclusão de Na_2CO_3 a dietas como tampão para o ambiente ruminal em ruminantes estressados pelo calor, assim como de um agente acetogênico pode auxiliar a manter o equilíbrio cátion-aniônico do sangue. No entanto, as conseqüências desta combinação no desempenho de ruminantes estressados pelo calor merece 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, no entanto as dietas apresentavam FDA próxima às quantidades normalmente recomendadas para se prevenir alterações no rúmen ou redução na gordura do leite. Dietas com cerca de 21% de FDA podem não apresentar redução do CMS. 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 CMS por $^\circ\text{C}$ acima da temperatura mínima de 19 a 20°C foi estabelecida para vacas da raça Holandesa em lactação por CUMMINS (1992), como:

Decréscimo do CMS, kg/aumento em °C = $0,819 - 0,0333 \text{ FDA, \% na MS,}$
 $R^2=0,99$

O efeito linear decrescente da FDA sobre o CMS por animais estressados pode se justificar pelo incremento calórico determinado pela fermentação de dietas contendo maior proporção de fibra.

Novilhas de reposição

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

Em locais onde a temperatura máxima diária exceder o limite crítico inferior de 27°C durante 6 a 12 meses por ano, fêmeas da raça holandesa pesam 6 a 10% menos ao nascer (48 e 41kg) e apresentam peso adulto em média 16% menor (510 e 540 kg) que em latitudes ao norte. Estas diferenças ocorrem até mesmo quando as novilhas são cobertas pelos mesmos touros e não sofrem restrição alimentar. A exposição ao estresse térmico aumenta as exigências de energia para manutenção em parte do dia. Em consequência, o consumo é deprimido, resultando em menor fecundidade e taxa de crescimento ao nascimento (NRC, 1981a).

O NRC (2001) propõe rever estes fatores para a equação de estimativa do CMS 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 15).

Tabela 15 – Fatores de correção para a equação de estimativa do CMS 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

Fonte: NRC (2001).

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

$$EL_m = ((0,086 \times (0,96 \text{kgPV})^{0,75} \times \text{COMP})) + a_1,$$

Onde:

COMP = efeito compensatório para plano de nutrição;

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

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

O NRC (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.

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 de 5 (em uma escala de 9 pontos, onde 1=muito magro e 9=obeso), assim:

$$\text{COMP} = 0,8 + ((\text{ECC} - 5) \times 0,05)$$

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 NRC (2001) para descrever como as exigências de EL_m de bovinos adaptados a um dado ambiente térmico estão relacionadas com a temperatura prévia do ar ambiente:

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

Onde:

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

TempPrev=temperatura prévia.

O NRC (1981a) concluiu que a temperatura à qual o animal tenha sido exposto previamente (TempPrev) tem um efeito sobre a taxa metabólica basal atual do animal. Neste sentido, o NRC (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 estas temperaturas no ambiente das instalações do animal. A temperatura 20°C é considerada termoneutra para novilhas de leite, devido não afetar a taxa metabólica basal.

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

$$EL_m \text{ (Mcal/dia)} = (((0,96\text{kgPV} - \text{PC})^{0,75}) \times ((a1 \times \text{COMP}) + a2)) + EL_{mat}$$

Onde:

KgPV = peso vivo (kg);

PC = peso do concepto;

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);

EL_{mat} = Energia Líquida para atividade.

Neste modelo, o NRC (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:

$$EL_{mat} = ((0,0009 \text{ PV}) + (0,0016 \text{ PV}))$$

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

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

Quando novilhas de reposição são submetidas a estresse por calor, o NRC (2001) recomenda considerar fatores de correção na equação para estabelecimento das exigências de energia, com base na taxa respiratória (Tabela 16). Assim, as exigências de energia para manutenção de novilhas

sofrieriam um incremento de 7% quando em respiração rápida até 18% sob condições de estresse intenso onde as novilhas se apresentarão ofegantes.

Tabela 16 – 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: NRC (2001).

Bezerros

Ao nascer, os bezerros possuem reservas energéticas corporais limitadas, e modesto isolamento, proporcionado pela cobertura de pelos e gordura corporal (NRC, 2001).

Dados da Tabela 17 ilustram os efeitos do decréscimo da temperatura ambiente abaixo da temperatura crítica inferior sobre a exigência de energia para manutenção de bezerros. Estes valores foram calculados pelo NRC (2001) a partir de dados de SCHRAMA (1993).

Com base nos dados apresentados na Tabela 17, o NRC (2001) estabelece correções para exigências energéticas de bezerros jovens, considerando apenas o estresse por frio (Tabela 18), no entanto, a exemplo do NRC (1981a), 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 (NRC, 1981a).

Tabela 17 – Efeito do ambiente sobre as exigências energéticas de bezerros^a

Temperatura ambiente (°C)	Aumento das exigências de energia para manutenção (kcal EL _m /dia)		Exigência de energia para manutenção (kcal EM/dia) ^b		Aumento percentual na EM para manutenção	
	Nascimento o a 3 semanas de idade ^c	> 3 semanas de idade ^d	Nascimento o a 3 semanas de idade ^c	> 3 semanas de idade ^d	Nascimento o a 3 semanas de idade ^c	> 3 semanas de idade ^d
	20	0	0	1735	1735	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

^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). Devido 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 às 3 semanas de idade apresentam temperatura crítica inferior na faixa dos 15–25°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.

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

Tabela 18 – Fatores relacionados à temperatura ambiente (FatorTemp) para correção do valor energético para manutenção de bezerros

Temperatura (°C)	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: NRC (2001).

A partir dos dados do quadro acima, e considerando que a equação para uso destes fatores apresentada pelo NRC (2001) é $EL_m = (EL_m \times (1 + \text{FatorTemp}))$, as exigências de EL para manutenção de bezerros aumenta 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 dois meses de idade. Este 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.

Bovinos de corte

Os bovinos de corte estão distribuídos em muitas regiões climáticas e, exceto em alguns sistemas de criação intensivos, estão amplamente expostos às condições climáticas locais. Em sistemas de produção intensivos tais como confinamentos com abrigos, pode ocorrer alguma modulação e proteção dos fatores climáticos, mas outros fatores de estresse, tais como gases contaminantes, poeira, lama, ou densidade podem comprometer o desempenho animal (NRC, 1981a).

Extremos na temperatura ambiente influenciam o comportamento, a fisiologia e a produtividade dos animais pelos complexos processos envolvidos. Para desenvolver fatores de ajuste para bovinos de corte, é necessária a simplificação e três áreas de influência são identificadas. Estas são: (1) consumo voluntário de alimento e de água, (2) valor nutritivo dos alimentos consumidos, e (3) exigências energéticas para manutenção do animal. A última é composta por dois componentes, um associado com a aclimação ao estresse térmico e o outro às respostas metabólicas agudas relacionadas ao estresse calórico imediato.

As Tabelas 19 e 20 apresentam sumários de mudanças no consumo voluntário de alimento e água, devido a vários estressores e são estimados em relação à estimativa de CMS tabulado no NRC (1976). Estimativas de consumo de alimento dentro e entre animais tornam-se mais variáveis e menos preditivas com as variações de temperatura acima da temperatura de referência 20°C. Além disso, a predição de uma resposta no consumo de

alimento por um animal não é sempre possível mediante mudança súbita ou abrupta no ambiente, especialmente quando a mudança não ocorrer na faixa adaptativa do animal. Na prática, um consumo predito baseado no estado geral do ambiente, por exemplo, na temperatura média semanal ou mensal, é geralmente mais útil que baseado nas variações diárias ou dentro do dia. Todavia, em condições de flutuação diurna onde, por exemplo, resfriamento noturno pode aliviar o animal da severidade de temperaturas diárias, tanto o consumo voluntário quanto o desempenho podem ser maiores que os preditos para a temperatura média diária ou semanal.

Os ajustes para exigências de energia para manutenção em estresse térmico devem ser baseados na severidade do estresse térmico, o que pode variar consideravelmente entre animais dependendo da aclimação, dieta, nível de produtividade e flutuações diurnas na carga de calor radiante. Durante estresse térmico severo, as necessidades de manutenção aumentam, devido o aumento no custo da frequência respiratória e alterações no metabolismo tissular, devido o aumento nas temperaturas dos tecidos. O tipo e intensidade da frequência respiratória podem resultar em um índice para um ajuste das exigências de manutenção (NRC, 1981a).

Tabela 19 – Sumário de Consumo voluntário de alimentos por bovinos de corte em diferentes ambientes térmicos

Ambiente térmico	Consumo relativo aos valores tabulados no NRC (1976)
> 35°C	Marcada depressão no consumo, especialmente com alta umidade e/ou radiação e onde houver pouco frio à noite. Bovinos com alimentação total deprimem o consumo em 10 a 35%. Bovinos próximos à manutenção deprimem em 5 a 20%. O consumo é menos deprimido quando há disponibilidade de sombras ou resfriamento e com dietas pobres em fibra.
25° a 35°C	Consumo deprimido em 3 a 10%.
15° a 25°C	São adotados valores como tabulados.
5° a 15°C	Consumo estimulado em 2 a 5%.

Fonte: NRC (1981a).

Tabela 20 – Sumário de Consumo voluntário de alimentos por bovinos expostos a estressores ambientais não térmicos

Estressor	Efeito estimado sobre consumo e fatores de ajuste tabulados no NRC (1976)
Chuva	Depressão temporária de 10 a 30%.
Lama	
Leve, profundidade 10 a 20 cm	Consumo deprimido em 5 a 15%.
Severa, profundidade 30 a 60 cm	Consumo deprimido em 15 a 30%. Os efeitos da lama são maiores quando o acesso ao alimento é limitado e quando há falta de cama disponível.
Doenças	Usualmente associada à depressão severa no consumo voluntário.

Fonte: NRC (1981a).

Segundo o NRC (2000), o NRC (1981a), com base em dados de YOUNG (1975ab), estabeleceu que a energia líquida para manutenção (EL_m) exigida por bovinos adaptados a ambientes térmicos relaciona-se à temperatura ambiente (temperatura do ar) prévia (T_p , °C) da seguinte maneira:

$$EL_m = (0,0007 \times (20 - T_p)) + 0,077 \text{ Mcal/PV}^{0,75}$$

Esta equação indica que as exigências de EL_m de bovinos variam 0,0007 Mcal/KgPV^{0,75} para cada °C que a temperatura ambiente prévia difere de 20°C.

O animal pode receber ou perder calor pela radiação solar direta e indireta. O impacto líquido da radiação térmica depende da diferença ente a radiação solar direta e indireta recebida pelo animal e a radiação emitida pelo animal. Para animais sob radiação solar direta, usualmente ocorre ganho líquido de calor a partir da radiação térmica, resultando em aumento na temperatura ambiente efetiva em 3 a 5°C (NRC, 1981a) e redução da temperatura crítica inferior em 3 a 5°C.

Várias pesquisas foram realizadas acerca dos vários aspectos do estresse térmico sobre o desempenho animal, mas não há bases estabelecidas para

uma descrição quantitativa dos efeitos (NRC, 2000). Geralmente, se concorda que os ajustes de exigências de energia para manutenção sob estresse térmico seriam baseados na severidade do estresse térmico, no entanto, a severidade pode variar consideravelmente entre animais, dependendo do comportamento animal, aclimação, dieta, nível de produtividade, carga de calor radiante ou genótipo. O tipo e a intensidade de frequência respiratória pelo animal pode fornecer um índice para ajustes adequados das exigências de manutenção – recomendando-se aumento de 7% quando se verificar rápida frequência respiratória e de 11 a 25% quando esta for intensa (NRC, 1981a).

Ajustes para componentes não energéticos

A exigência total de água varia com o peso vivo, consumo de alimento, estágio fisiológico e temperatura ambiente. As necessidades de água aumentam com o aumento do consumo de proteína ou sal, e em vacas em lactação. Relações entre temperatura ambiente e exigência de água por bovinos estão sumarizadas na Tabela 21. A qualidade da água é importante para os bovinos, especialmente com relação ao conteúdo de sais e compostos tóxicos (NRC, 1981a).

Tabela 21 - Exigências de água por bovinos de corte em diferentes ambientes térmicos

Ambiente térmico	Exigência de água
> 35°C	8 a 15 kg de água/kg de MS ingerida
25 a 35°C	4 a 10 kg de água/kg de MS ingerida
15 a 25°C	3 a 5 kg de água/kg de MS ingerida. Bovinos jovens e em lactação requerem 10 a 50% mais água
-5 a 15°C	2 a 4 kg de água/kg de MS ingerida

Enquanto o estresse ambiental tem conseqüências diretas nas exigências dietéticas de energia de bovinos, atualmente há incertezas para ajustes desejáveis para os componentes não energéticos das dietas. Qualquer ajuste na composição da ração deve considerar os efeitos econômicos e possíveis efeitos do maior fornecimento de alguns componentes da ração. Muitos dos suplementos protéicos fornecidos acima das exigências imediatas do animal são catabolizados e utilizados como fonte energética (NRC, 1981a).

O NRC (2000) destaca que os estoques de vitamina A no fígado podem prevenir deficiências desta vitamina, podendo variar muito, e inclui entre os fatores que determinam a deposição ou remoção desta vitamina o estresse por temperatura elevada. Apesar da reconhecida influência do ambiente térmico sobre o *status* hepático de vitamina A, a instabilidade dos dados leva ao estabelecimento de recomendação com base prática pelo NRC (2001) de proteção dos estoques de vitamina A por não mais que 2 a 4 meses, sob estas condições, também sugerido por BEEDE e COLLIER (1986).

Aumentando-se a porcentagem de forragem em dietas para bovinos aumenta a produção de calor devido ao incremento calórico da alimentação. É vantajoso fornecer dietas com baixa quantidade de forragem durante o estresse por calor. No entanto, há necessidade de informações acerca da interação entre as exigências de proteína, minerais e vitaminas de bovinos de corte e o conjunto de estressores ambientais envolvidos em sistemas comerciais de bovinos de corte (NRC, 1981a).

Ovinos

Comparativamente, os ovinos são mais tolerantes aos extremos climáticos que outros animais (NRC, 1981a). As zonas térmicas para ovinos dependem muito do isolamento externo proporcionado pelo velo, no caso de ovinos lanados. O cálculo da temperatura mínima crítica indica que o aumento no consumo de alimentos e o conseqüente aumento na produção de calor reduz a temperatura crítica inferior em cerca de 20°C de um regime de alimentação à vontade para jejum. O vento aumenta a taxa de perda de calor e tem um efeito aditivo quando os ovinos encontram-se molhados (NRC, 1981a). Uma vez que a zona de termoneutralidade é um termo descritivo que relaciona o balanço

entre a produção e a perda de calor, qualquer fator que afete qualquer um destes determinantes afetará conseqüentemente a zona de termoneutralidade e a temperatura crítica inferior.

Muitos fatores afetam a quantidade de EM disponível ao animal. Estes incluem digestibilidade dos alimentos, quantidade de alimento consumido e/ou a habilidade do animal em adquirir o alimento. Em geral, os fatores que influenciam a quantidade de EM disponível podem ser considerados como consumo de alimento.

Assumindo-se que algumas exigências de nutrientes, como vitaminas e minerais, sejam constantes em ampla faixa de aumento de temperatura, a relação em que se considere o consumo pode ter maior efeito sobre o consumo de vitaminas e minerais. Quando estes nutrientes representam uma percentagem constante da dieta, é óbvio que o consumo reduzido pode levar à deficiência, devendo ser tomadas cuidados e se fazer ajustes necessários para atender às exigências nestas condições. A mesma consideração pode ser feita para aditivos não nutrientes, quando estiverem disponíveis em uma taxa diária constante. Obviamente, ajustes dietéticos para componentes que não sejam afetados pelo calor ambiente alteram as proporções a ponto de alterar as taxas de consumo de alimento. Por esta razão, é importante que sejam estabelecidas estimativas acuradas de consumo voluntário durante estresse térmico.

Para níveis de alimentação pré-estabelecidos, quanto mais curto se apresentar o velo, maior será a temperatura crítica inferior (NRC, 1985). O NRC (1981a) reporta temperatura crítica inferior de 25° a 31°C para ovinos deslanados e -3°C para ovinos lanados. Para ovinos tosquiados, com temperatura crítica inferior 13°C, o NRC (1981a) apresenta relação linear para estimativa do consumo de MS em uma faixa ampla de temperatura ambiente (-5 a 35°C), obtida por BRINK e AMES (1975), $CMS=111,3-0,52T$, sendo CMS =consumo diário de MS, $g/W^{0,75}$ e T =temperatura ambiente, °C, no entanto, na edição do NRC (1985) para ovinos e do AFRC (1993) este efeito não foi considerado.

Expectativas de aumento na produção de calor por ovinos durante exposição ao calor têm sido reportados, mas pouca quantificação do aumento das exigências energéticas está disponível. Durante exposição ao calor, as exigências de energia aumentam com a frequência respiratória, a atividade das

glândulas sudoríparas e o efeito hormonal sobre a produção de calor (NRC, 1981a). Segundo o NRC (1981a), o aumento da temperatura retal contribuiu com aproximadamente 62% do aumento do consumo de O₂ em bovinos, e AMES et al. (1971) quantificaram aumento de 23% no consumo de O₂ a 35°C (estresse calórico moderado) e de 41% no consumo de O₂ a 45°C (estresse calórico severo) em ovinos. A não linearidade no aumento do consumo de O₂ durante o calor é esperado, devido o decréscimo na eficiência dos mecanismos evaporativos, com maiores perdas de calor via respiração sob estresse moderado (35°C em ovinos tosquiados) e incremento destas perdas via sudorese em estresse severo (40 a 45°C em ovinos tosquiados) e ao aumento do consumo de O₂ à medida que o estresse térmico torna-se mais severo (AMES et al., 1971). Estimativas mais precisas do aumento nas exigências de energia durante o estresse por calor são confundidas com a depressão do apetite (NRC, 1981a).

O ajuste de dietas durante estresse térmico pode ser uma prática visando a minimização dos efeitos do calor, apesar do aumento nas exigências para manutenção durante o calor ser difícil de se estimar com acurácia (NRC, 1981a).

WEST (1994) sugerem aumentar a densidade energética e protéica quando da formulação de dietas, no sentido de compensar a menor disponibilidade de nutrientes decorrente da redução do consumo sob estresse térmico. MOOSE et al. (1969) observaram que dietas para ovinos com baixa proporção de concentrado (35%) apresentaram maior incremento calórico que dietas com elevada proporção (70%) e reportaram que em temperaturas acima de 25°C o elevado incremento calórico pode comprometer seriamente a eficiência de dietas que contenham maiores percentagens de forragem. REA e ROSS (1961), em ensaio de crescimento com cordeiros, concluíram que quando alimentados com dieta com proporção 40% volumoso:60% concentrado ganharam peso mais rápido à temperatura 26,7°C em relação à temperatura 4,4°C.

A principal razão para se aumentar o CMS pela adição de gordura é o menor incremento calórico por unidade de energia que outras fontes energéticas durante períodos de estresse térmico e/ou redução do efeito hipofágico do propionato, por reduzir o fluxo deste AGV ao fígado, no CMS quando gordura substitui grãos (ALLEN, 2000). Neste sentido, o NRC (2001)

inclui o ambiente como fator determinante do nível ideal de gordura na dieta para bovinos leiteiros, além do próprio tipo de gordura, alimentos constituintes da dieta basal, estágio da lactação, nível de produção de leite, e manejo alimentar.

Exigências protéicas incluem tanto a necessidade de manutenção do equilíbrio de N (proteína para manutenção) quanto para as funções produtivas. O teor de proteína da dieta acima das exigências de manutenção é usado para produção (crescimento, lã ou leite), no entanto, o crescimento e outras funções produtivas podem ser limitados pela energia disponível, devido ao aumento na energia para manutenção durante estresse térmico. Quando há limitação de energia, a proteína pode ser catabolizada e servir como fonte energética (NRC, 1981a).

O estresse térmico leva freqüentemente a balanços negativos de N devido à redução do consumo de MS, uma vez menos proteína ser disponível para funções produtivas quando não se verifica aumento das concentrações protéicas da dieta. No entanto, excesso de proteína leva a perdas de energia devido à excessiva síntese de uréia a partir da amônia, assumindo-se uma perda adicional de energia de 10 kcal/gN em excesso a ser excretado na urina (OLDHAM, 1984), enquanto HIGGINBOTHAM et al. (1989) estimam um custo energético de 5,5 kcal/gN ingerido.

Devido à relação entre exigência de energia e proteína, o efeito direto do clima sobre a exigência energética tem um efeito subsequente sobre a exigência de proteína para crescimento e produção. A relação energia:proteína adotada na formulação de dietas não é adequada para elaboração de dietas durante estresse térmico, quando a exigência de energia para manutenção e o consumo variam, exceto quando valores de calorias e proteína para manutenção são usados para calcular a relação. Assim, quando da formulação de dietas considerando o ambiente térmico, tanto energia quanto proteína devem ser incluídas para atender as exigências de cada nutriente em separado, devendo-se ignorar a relação energia:proteína da dieta (NRC, 1981a; BEEDE e COLLIER, 1986).

Fundamentando-se no fato de que qualquer fator que tenda a modificar a disponibilidade de energia pode influenciar a utilização da proteína da dieta, AMES e BRINK (1977) constataram reduzida eficiência protéica por ovinos

durante estresse térmico (35°C) em relação à zona de termoneutralidade. Assim, a mesma equipe (AMES et al., 1980) tem sugerido um sistema para ajustar a proteína acima das exigências de manutenção visando atender às taxas de crescimento esperadas para ovinos expostos a estresse térmico. Por este sistema, quando a proteína é ajustada, a taxa de crescimento durante o estresse térmico não é alterada, mas a eficiência protéica (g de crescimento/g de PB da dieta) é melhorada. Além disso, ao se considerar a proteína como o nutriente de custo mais elevado que a energia, o custo de ganho pode ser reduzido. A Tabela 22 indica ajustes protéicos para ovinos com 27 kg com expectativa de ganho de peso de 272 g/dia.

A exposição de ovinos ao estresse térmico afeta o consumo voluntário de alimento e as exigências de manutenção, como discutido anteriormente. Obviamente, o ganho diário médio e necessidade de alimento por unidade de ganho também são afetados pelo estresse térmico.

Tabela 22 – Ajuste de proteína para cordeiros em crescimento

Desvio da temperatura crítica	Ganho médio diário esperado (g) ^a	Proteína para manutenção (g)	Proteína para crescimento (g)	PB na ração (%) ^c
20	54	33,2	17,0	2,4
15	132	33,2	41,0	5,8
10	195	33,2	60,8	8,6
5	236	33,2	73,6	10,4
Temperatura crítica	272	33,2	84,9	12,0
- 5	222	33,2	69,3	9,8
- 10	181	33,2	56,6	8,0
-15	136	33,2	42,5	6,0
-20	95	33,2	29,7	4,2

^aAmes et al., 1975.

^cConsumo constante.

Em 1975, AMES e colaboradores, desenvolveram equações de regressão para se estimar o ganho médio diário (GMD) por ovinos tosquiados sob condições de estresse térmico provocado pelo frio e pelo calor, assim caracterizadas:

$$\text{Frio: } GMD(g) = 112,12 + 6,99 T$$

$$\text{Calor: } GMD(g) = 213,16 + 3,75 T - 0,24T^2,$$

Onde:

T = temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

Posteriormente, AMES e BRINK (1977) conduziram pesquisas de crescimento e eficiência de ovinos tosquiados expostos a temperaturas ambiente variáveis de -5 a 35°C , recebendo dieta com proporção volumoso:concentrado 50:50. A Tabela 23 relaciona temperatura com ganho médio diário e eficiência alimentar. O ganho médio diário (GMD) para estes cordeiros foi predito pela equação:

$$GMD(g) = 129,94 + 9,27 T - 0,35T^2,$$

Onde:

T = temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

A partir desta equação, estabeleceu-se 15°C como a temperatura para ganho médio diário máximo de ovinos tosquiados. Para ovinos com velo, a temperatura para máximo crescimento e eficiência seria inferior.

Medidas diretas da produção de calor em sistemas de confinamento comerciais não têm sido bem feitas (NRC, 1981a), embora o NRC (1985) considere que há demanda de energia para manutenção visando as *atividades voluntárias*, consideradas como *incremento de atividade*, as quais variam muito com a disponibilidade de alimento, água e sobra e com a topografia da pastagem, o que pode refletir em grandes diferenças entre os sistemas de confinamento e de pastejo. Apesar desta participação efetiva da demanda energética para atividade nas exigências de manutenção, o NRC (1985) não inclui ajustes no estabelecimento de exigências para ovinos, no entanto, o sistema AFRC (1993) propõe ajustes para atividade, e considera um gasto em atividade de movimento horizontal de $0,62$ cal/kgm e para movimento vertical $6,69$ cal/kgm.

Tabela 23 – Ganho médio diário e eficiência alimentar de cordeiros em crescimento em diferentes temperaturas ambiente

Temperatura (°C)	Ganho médio diário (g)	Eficiência alimentar (ganho/alimento)
- 5	72,6	0,038
0	129,9	0,080
5	169,8	0,108
10	192,1	0,145
15	197,0	0,138
20	184,3	0,134
30	106,5	0,081
35	41,4	0,044

Fonte: AMES e BRINK (1977).

Caprinos

Os caprinos apresentam grande habilidade para se adaptarem à restrição de água. MALOIJ e TAYLOR (1971) demonstraram que caprinos adaptados a climas desérticos, mais que 12 horas com temperatura superior a 40°C, consumiram água à vontade em cerca de 8% do PV, com redução à metade quando o fornecimento de água foi restrito.

Caprinos nativos de raças para corte e leite nos trópicos apresentam um consumo diário de MS variável de 1,8 a 4,7% do PV, equivalente a 40,5 a 131,1 g/kg^{0,75}/dia. Destas, as raças para corte apresentam um CMS de 1,8 a 3,8% do PV, enquanto a raça leiteira Jamnapari atinge 2,0 a 4,7% do PV, correspondentes a consumos de 40,5 a 127,3 g/kg^{0,75}/dia e 41,1 a 131,1 g/kg^{0,75}, respectivamente. Cabras de leite de regiões temperadas nos trópicos apresentam CMS entre 2,8 e 4,9% do PV, similar ao apresentado pela Jamnapari, mas algo superior em relação ao tamanho metabólico, 61,7 a 141,8 g/kg^{0,75}/dia, indicando que quando da introdução de raças exóticas para produção de leite nos trópicos deve-se atentar para o CMS. Caprinos em

manutenção apresentam um baixo CMS, de 1,4 a 1,7% do PV, equivalente a 43,5 a 46,9 g/kg^{0,75}/dia (DEVENDRA e BURNS, 1983).

As exigências energéticas para manutenção de caprinos em regiões temperadas são 94,85 kcalEM/kg^{0,75}, enquanto nos trópicos, há um incremento desta exigência para 102,77 KcalEM/kg^{0,75} (DEVENDRA e BURNS, 1983), valor bastante próximo ao preconizado pelo NRC (1981b) de 101,38 kcalEM/PV^{0,75}, para caprinos de forma geral, sem considerar o ambiente.

LITERATURA CONSULTADA

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. AFRC. *Energy and protein requirements of ruminants*. Wallingford, UK: CAB INTERNATIONAL, 1993. 159p.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. ARC. *The nutrient requirements of ruminant livestock*. Slough, England: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1980. 351p.
- ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.83, n.7, p.1598-1624, 2000.
- ALVES, A.A.; SALES, R.O. Aspectos do manejo nutricional de bubalinos para abate: uma revisão. *Revista Científica de Produção Animal*, v.2, n.2, p.233-248, 2000.
- AMES, D.R.; BRINK, D.R. Effect of temperature on lamb performance and protein efficiency ratio. *Journal of Animal Science*, v.44, n.1, p.136-140, 1977.
- AMES, D.R.; BRINK, D.R.; SCHALLES, R.R. Relationship of temperature and ADG. *Journal of Animal Science*, v.41, n.1, p.262-263, 1975. (Abstr.).
- AMES, D.R.; BRINK, D.R.; WILLMS, C.L. Adjusting protein in feedlot diets during thermal stress. *Journal of Animal Science*, v.50, n.1, p.1-6, 1980.
- AMES, D.R.; NELLOR, J.E.; ADAMS, T. Energy balance during heat stress in sheep. *Journal of Animal Science*, v.32, n.4, p.784-788, 1971.
- ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science*, v.77, n.7, p.2044-2050, 1994.

- ATTEBERY, J.T.; JOHNSON, H.D. Effect of environmental temperature, controlled feeding and fasting on rumen motility. *Journal of Animal Science*, v.29, n.5, p.734-737, 1969.
- BACCARI JR., F.; JOHNSON, H.D.; HAHN, G.L. Compensatory growth of young dairy heifers subjected to heat stress. *Journal of Animal Science*, v.51, (Suppl. 1), p.4, 1980. (Abstr.).
- BARBOSA, O.R.; CARDOSO, R.M.; COELHO DA SILVA, J.F. et al. 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 da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.12, n.1, p.86-96, 1983.
- BARBOSA, O.R.; CARDOSO, R.M.; COELHO DA SILVA, J.F. 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 da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.12, n.1, p.97-114, 1983.
- BEEDE, D.K.; COLLIER, R.J. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *Journal of Animal Science*, v.62, n.2, p.543-554, 1986.
- BERMAN, A.; FOLMAN, Y.; KAIM, M. et al. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. *Journal of Dairy Science*, v.68, n.6, p.1488-1495, 1985.
- BESSE, J. *La alimentación del ganado*. Madrid: Mundi-Prensa, 1986. 379p.
- BHATTACHARYA, A.N.; HUSSAIN, F. Intake and utilization of nutrients in sheep fed different levels of roughage under heat stress. *Journal of Animal Science*, v.38, n.4, p.877-886, 1974.
- BHATTACHARYA, A.N.; UWAYJAN, M. Effect of high ambient temperature and low humidity on nutrient utilization and on some physiological responses in Awasi sheep fed different levels of roughage. *Journal of Animal Science*, v.40, n.2, p.320-328, 1975.
- BRINK, D.R.; AMES, D.R. Effect of ambient temperature on lamb performance. *Journal of Animal Science*, v.41, n.1, p.264, 1975. (Abstract).

- BROUWER, E. Report of subcommittee on constants and factors. *Proc. of 3rd. International Symposium on Energy Metabolism*, European Association of Animal Production. Publ. N^o. 11, p.441, 1965.
- CHURCH, D.C.; POND, K.R.; POND, W.G. *Basic animal nutrition and feeding*. 4.ed., New York: John Wiley & Sons, 1995. 624p.
- CUMMINS, K.A. Effect of dietary acid detergent fiber on responses to high environmental temperature. *Journal of Dairy Science*, v.75, n.6, p.1465-1471, 1992.
- CUNNINGHAM, M.D.; MARTZ, F.A.; MERILAN, C.P. Effect of drinking-water temperature upon ruminant digestion, intraruminal temperature, and water consumption of nonlactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.47, n. , p.382-385, 1964.
- DAWS, G.T.; SQUIRES, V.R. Observations on the effects of temperature and distance to water on the behaviour of Merino and Border Leicester sheep. *Journal of Agricultural Science*, v.82, n.3, p.383-390, 1974.
- DEVENDRA, C.; BURNS, M. *Goat production in the tropics*. UK: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1983. 183p.
- EASTRIDGE, M.L.; BUCHOLTZ, H.F.; SLATER, A.L. et al. Nutrient requirements for dairy cattle of the National Research Council versus some commonly used ration software. *Journal of Dairy Science*, v.81, n.11, p.3049-3062, 1998.
- ELAM, C.J. Problems related to intensive indoor and outdoor beef production systems. *Journal of Animal Science*, v.32, n.3, p.554-559, 1971.
- FINCH, V.A. Body temperature in beef cattle: its control and relevance to production in the tropics. *Journal of Animal Science*, v.62, n.2, p.531-542, 1986.
- 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*, v.99, p.479-487, 1982.
- FORBES, J. Water intake of ewes. *British Journal Nutrition*, v.22, p.33, 1968.
- FOX, D.G.; BLACK, J.R. A system for predicting body composition and performance of growing cattle. *Journal of Animal Science*, v.58, n.3, p.725-739, 1984.

- FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P. Accounting for the effects of environment on the nutrient requirements of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.81, n.11, p.3085-3095, 1998.
- GENGLER, W.R.; MARTZ, F.A.; JOHNSON, H.D. et al. Effect of temperature on food and water intake and rumen fermentation. *Journal of Dairy Science*, v.53, p.434-437, 1970.
- GUIMARÃES, C.M.C. *Termorregulação e digestibilidade em bubalinos submetidos a duas temperaturas do ar e duas proporções de volumoso:concentrado*. Lavras, MG: Universidade Federal de Lavras - UFLA, 1998. 64p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, 1998.
- 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*, v.52, (Suppl. 1), p.403, 1981. (Abstr.).
- 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*, v.51, (Suppl. 1), p.365, 1980. (Abstr.).
- HAHN, G.L. Housing and management to reduce climatic impacts on livestock. *Journal of Animal Science*, v.52, n.1, p.175-186, 1981.
- HARRIS, R.R.; YATES, H.F.; BARNETT JR., J.E. Refrigerated water for fattening steers. *Journal of Animal Science*, v.26, n.1, p.207-208, 1967.
- HIGGINBOTHAM, G.E.; TORABI, M.; HUBER, J.T. Influence of dietary protein concentration and degradability on performance of lactating cows during hot environmental temperatures. *Journal of Dairy Science*, v.72, n.10, p.2554-2564, 1989.
- HOFFMAN, P.C.; BREHM, N.M.; HOWARD, W.T. et al. The influence of nutrition and environment on growth of Holstein replacement heifers in commercial dairy herds. *Professional Animal Science*, v.10, p.59-65, 1994.
- HOLTER, J.B.; WEST, J.W.; MCGILLARD, M.L. Predicting *ad libitum* dry matter intake and yield of Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, v.80, n.9, p.2188-2199, 1997.

- HOLTER, J.B.; URBAN JR., W.E. Water partitioning and intake prediction in dry and lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, v.75, n.6, p.1472–1479, 1992.
- HUBER, J.T.; HIGGINBOTHAM, G.; GOMEZ-ALARCON, R.A. et al. Heat stress interactions with protein, supplemental fat, and fungal cultures. *Journal of Dairy Science*, v.77, n.7, p.2080-2090, 1994.
- HUBER, J.T.; HIGGINBOTHAM, G.; GOMEZ-ALARCON, R.A. et al. Heat stress interactions with protein, supplemental fat, and fungal cultures. *Journal of Dairy Science*, v.77, n.7, p.2080-2090, 1994.
- HUERTAS, A.A.G.; COELHO DA SILVA, J.F.; CAMPOS, O.F. et al. Efeito da temperatura ambiente sobre o consumo, a digestibilidade e a retenção de nutrientes em ovinos. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.3, n.2, p.245-266, 1974.
- ITTNER, N., KELLY, C., GUILBERT, H. Water consumption of Hereford and Brahman cattle and the effect of cooled drinking water in a hot climate. *Journal of Animal Science*, v.10, p.742, 1951.
- JOHNSON, H.D.; VANJONACK, W.J. Effects of environmental and other stressors on blood hormone patterns in lactating cows. *Journal of Dairy Science*, v.59, p.1603, 1976.
- JOHNSON, J.C., SOUTHWELL, B.L., GIVENS, R.L. et al. Interrelationships of certain climatic conditions and productive responses of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.45, p.695, 1962.
- JOHNSTON, J.E.; HINDERY, G.A.; HILL, D.H. et al. Factors concerned in hot weather effects on growth and feed efficiency of dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, v.44, n.5, p.976, 1961.
- KENNEDY, P.M.; YOUNG, B.A.; CHRISTOPHERSON, R.J. Studies on the relationship between thyroid function, cold acclimation and retention time of digesta in sheep. *Journal of Animal Science*, v.45, n.5, p.1084-1090, 1977.
- KETELAARS, J.J.M.H; TOLKAMP, B.J. Toward a new theory of feed intake regulation in ruminants. 1. Causes of differences in voluntary intake: critique of current views. *Livestock Production Science*, v.30, p.269-296, 1992.
- KLEIBER, M. *The fire of life*. New York: John Wiley and Sons Inc., 1961. 428p.

- LANHAM, J.K.; COPPOCK, C.E.; MILAM, K.Z. et al. Effects of drinking water temperature on physiological responses of lactating Holstein cows in summer. *Journal of Dairy Science*, v.69, n.4, p.1004–1012, 1986.
- LAREDO, M.A.; MINSON, D.J. The voluntary intake, digestibility and retention time by sheep of leaf and stem fractions of five grasses. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.24, n.6, p.875-888, 1973.
- LOFGREEN, G.P.; GARRETT, W.W. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *Journal of Animal Science*, v.27, n.3, p.793-806, 1968.
- MALOY, G.M.O.; TAYLOR, C.R. Water requirements of African goats and haired sheep. *Journal of Agricultural Science*, v.77, p.203-208, 1971.
- MAUST, L.E.; McDOWELL, R.E.; HOOVEN, N.W. Effect of summer weather on performance of Holstein cows in three stages of lactation. *Journal of Dairy Science*, v.55, n.8, p.1133-1139, 1972.
- McDOWELL, R.E. HOOVEN, N.W., CAMOENS, J.K. Effect of climate on performance of Holsteins in first lactation. *Journal of Dairy Science*, v.59, p.956, 1976.
- McDOWELL, R.E.; HERNANDEZ-URDANETA, A. Intensive systems for beef production in the tropics. *Journal of Animal Science*, v.41, p.1228, 1975.
- McDOWELL, R.E.; LEE, D.H.K.; FOHRMAN, M.H. The measurement of water evaporation from limited areas of a normal body surface. *Journal of Animal Science*, v.13, p.405, 1954.
- McDOWELL, R.E.; MOODY, E.G.; VAN SOEST, P.J. et al. Effect of heat stress on energy and water utilization of lactating cows. *Journal of Dairy Science*, v.52, n.2, p.188-194, 1969.
- MERTENS, D.R.; ELY, L.O. A dynamic model of fiber digestion and passage in the ruminant for evaluating forage quality. *Journal of Animal Science*, v.49, n.4, p.1085-1095, 1979.
- MILAM, K.Z.; COPPOCK, C.E.; WEST, J.W. et al. Effects of drinking water temperature on production responses in lactating Holstein cows in summer. *Journal of Dairy Science*, v.69, n.4, p.1013–1019, 1986.
- MILLER, J.K.; SWANSON, E.W.; LYKE, W.A. et al. Effect of thyroid status on digestive tract fill and flow rate of undigested residues in cattle. *Journal of Dairy Science*, v.57, n.2, p.193-197, 1974.

- MOODY, E.G.; VAN SOEST, P.J.; McDOWELL, R.E. et al. Effect of high temperature and dietary fat on performance of lactating cows. *Journal of Dairy Science*, v.50, n.12, p.1909-1916, 1967.
- MOOSE, M.G.; ROSS, C.V.; PFANDER, W.H. Nutritional and environmental relationships with lambs. *Journal of Animal Science*, v.29, n.4, p.619-627, 1969.
- MOUNT, L.E. Concepts of thermal neutrality. In: *Heat loss from animals and man*. MONTEITH, J.L., MOUNT, L.E. eds. Butterworth, London, 1974.
- MURPHY, M.R.; DAVIS, C.L.; McCOY, G.C. Factors affecting water consumption by Holstein cows in early lactation. *Journal of Dairy Science*, v.66, n.1, p.35–38, 1983.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. *Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals*. Washington D.C.: National Academy Press, 1981a. 152p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. 4th ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1970. 55p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. 6th ed. Rev., Washington, D.C.: National Academy Press, 2000. 232p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. 5th ed., Washington, D.C.: National Academy Press, 1976.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 6th.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1989. 157p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. *Nutrient requirements of dairy cattle*. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. *Nutrient requirements of goats: angora, dairy, and meat goats in temperate and tropical countries*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1981b. 91p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. *Nutrient requirements of sheep*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1985. 99p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. *Nutritional energetics of domestic animals and glossary of energy terms*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1981c. 54p.
- OLDHAM, J.D. Protein-energy interrelationships in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.67, p.1090, 1984.

- OLIVEIRA NETO, J.B.; MOURA, A.A.A.; NEIVA, J.N.M. et al. 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*, v.30, n.2, p.360-367, 2001.
- OLIVEIRA, E.G.; OLIVEIRA, M.E. Comportamento e dieta de caprinos no período seco em pastagem nativa. In: SIMPÓSIO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS: Pesquisa com Caprinos e Ovinos no CCA, Teresina, 1992. *Anais...* Teresina: CCA/UFPI, 1992. p.31-39.
- OLIVEIRA, J.S.; MILAGRES, J.C.; CARDOSO, R.M. et al. Comportamento de novilhas de três graus de sangue, expostas ao sol e à sombra, em Viçosa, M.G. II. Componentes sangüíneos e ganhos de peso. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.9, n.1, p.72-89, 1980a.
- OLIVEIRA, J.S.; MILAGRES, J.C.; GARCIA, J.A. et al. Comportamento de novilhas de três graus de sangue, expostas ao sol e à sombra, em Viçosa, M.G. I. Temperatura retal e ritmo respiratório. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.9, n.1, p.46-71, 1980b.
- ØRSKOV, E.R.; RYLE, M. *Energy nutrition in ruminants*. New York: Elsevier Science Publishers, 1990. 149p.
- OSBOURN, D.F.; TERRY, R.A.; OUTEN, G.E. et al. The significance of a determination of cell walls as the rational basis for the nutritive evaluation of forages. *Proc. 12th International Grassland Congress*, v.3, p.374-380, 1974.
- PENNINGTON, J.A.; VANDEVENDER, K. *Heat stress in dairy cattle*. University of Arkansas/Division of Agriculture/Cooperative Extension Service, 2002. 3p. <http://www.uaex.edu/Other_Areas/publications/PDF/FSA-3040.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2003.
- PIRES, M.F.A.; CAMPOS, A.T.; FERREIRA, A.M. Importância do conforto, ambiente e instalações no manejo de matrizes leiteiras. In: SIMPÓSIO – O AGRONEGÓCIO DO LEITE NO NORDESTE: ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E PERSPECTIVAS DE MERCADO, 1988, Natal. *Anais...* Natal, 1998. p.266-282.
- REA, J. C.; ROSS, C.V. Effect of environmental temperature on gains feed efficiency and digestibility of feed by lambs. *Journal of Animal Science*, v.20, n.4, p.948-949, 1961. (Abstract).

- SCHNEIDER, P.L.; BEEDE, D.K.; WILCOX, C.J. et al. Influence of dietary sodium and potassium bicarbonate and total potassium on heat-stressed lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.67, n.11, p.2546-2553, 1984.
- SCHRAMA, J.W. *Energy Metabolism of Young Unadapted Calves*. Ph.D. thesis, Department of Animal Husbandry and Department of Animal Nutrition, Wageningen, The Netherlands: Wageningen Agricultural University, 1993. 156p.
- SILVA, R.G. *Introdução à bioclimatologia animal*. São Paulo: Nobel, 2000. 286p.
- SODERQUIST, H.G.; KNOX, K.L. Temperature-energy relationships in fattening lambs. *Journal of Animal Science*, v.26, n.4, p.930, 1967. (Abstr.).
- SOUTO, P.R.L.; MILAGRES, J.C.; COELHO DA SILVA, J.F. Consumo, digestibilidade, reações fisiológicas e componentes sangüíneos de ovinos submetidos a diferentes temperaturas e a dietas com diferentes níveis de energia. II. Reações fisiológicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.25, n.9, p.1252-1259, 1990a.
- SOUTO, P.R.L.; MILAGRES, J.C.; SILVA, M.A. et al. Consumo, digestibilidade, reações fisiológicas e componentes sangüíneos de ovinos submetidos a diferentes temperaturas e a dietas com diferentes níveis de energia. I. Consumo de alimento e ingestão de água. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.25, n.9, p.1247-1251, 1990b.
- STERMER, R.A.; BRASINGTON, C.F.; COPPOCK, C.E. et al. Effect of drinking water temperature on heat stress of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.69, n.2, p.546-551, 1986.
- STOTT, G.H. What is animal stress and how is it measured?. *Journal of Animal Science*, v.52, n.1, p.150-153, 1981.
- TEIXEIRA, J.C.; COELHO DA SILVA, J.F.; GARCIA, J.A. et al. Exigências de energia e proteína, composição e área corporal e principais cortes de carcaça em seis grupos genéticos de bovídeos. II-Exigências de energia e proteína. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.16, n.2, p.181-192, 1987.
- TOLKAMP, B.J.; KETELAARS, J.J.M.H. Toward a new theory of feed intake regulation in ruminants. 2. Costs and benefits of feed consumption: a

- optimization approach. *Livestock Production Science*, v.30, p.297-313, 1992.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2th ed. Ithaca, New York: Cornell University, 1994. 476p.
- VON KEYSERLINGK, G.E.M.; MATHISON, G.W. The effect of ruminal escape protein and ambient temperature on the efficiency of utilization of metabolizable energy by lambs. *Journal of Animal Science*, v.71, n.8, p.2206-2217, 1993.
- WALDO, D.R.; MILLER, R.W.; OKAMOTO, M. et al. Ruminant utilization of silage in relation to hay, pellets, and hay plus grain. II. Rumen content, dry matter passage and water intake. *Journal of Dairy Science*, v.48, n.11, p.1473-1480, 1965.
- WARREN, W.P.; MARTZ, F.A.; ASAY, K.H. et al. Digestibility and rate of passage by steers fed tall fescue, alfalfa and orchardgrass hay in 18 and 32 C ambient temperatures. *Journal of Animal Science*, v.39, n.1, p.93-96, 1974.
- WEETH, H.J.; HAVERLAND, L.H. Tolerance of growing cattle for drinking water containing sodium chloride. *Journal of Animal Science*, v.20, n.3, p.518-521, 1961.
- WELCH, J.G.; SMITH, A.M. Influence of forage quality on rumination time in sheep. *Journal of Animal Science*, v.28, n.6, p.813-818, 1969.
- WEST, J.W. *Balancing diets for dairy cattle during heat stress conditions*. In: FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 1997, Flórida. *Proceedings...* Flórida: University of Florida, 1997. Disponível em: <<http://www.animal.ufl.edu/extension/dairy/Pubs/PDFs/flnutr.pdf>>. Acesso em: 3 mar. 2003.
- WEST, J.W. Interactions of energy and bovine somatotropin with heat stress. *Journal of Dairy Science*, v.77, n.7, p.2091-2102, 1994.
- WEST, J.W.; COPPOCK, C.E.; MILAM, K.Z. et al. Potassium carbonate as a potassium source and dietary buffer for lactating Holstein cows during hot weather. *Journal of Dairy Science*, v.70, n.2, p.309-320, 1987.
- WILKS, D.L.; COPPOCK, C.E.; LANHAM, J.K. et al. Responses of lactating Holstein cows to chilled drinking water in high ambient temperatures. *J. Dairy Sci.*, v.73, p.1091-1099, 1990.

- WINCHESTER, C.F.; MORRIS, M.J. Water intake rates of cattle. *Journal of Animal Science*, v.15, n.3, p.722-740, 1956.
- YOUNG, B.A. Cold stress as it affects animal production. *Journal of Animal Science*, v.52, n.1, p.154-163, 1981.
- YOUNG, B.A. Effects of winter acclimatization on resting metabolism of beef cows. *Canadian Journal of Animal Science*, v.55, p.619-625, 1975a.
- YOUNG, B.A. Temperature-induced changes in metabolism and body weight of cattle (*Bos taurus*). *Canadian Physiology and Pharmacology*, v.53, p.947-953, 1975b.