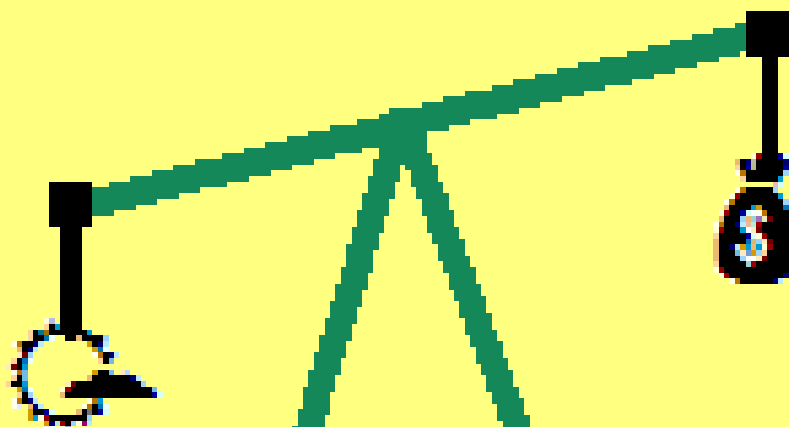


EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES EM AMBIENTE CLIMÁTICO TROPICAL



Arnaud Azevêdo Alves
Ronaldo de Oliveira Sales
Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo
Abelardo Ribeiro de Azevêdo
Francisco de Assis Vasconcelos Arruda

Exigências Nutricionais de Ruminantes em Ambiente Climático Tropical

Arnaud Azevêdo Alves

Ronaldo de Oliveira Sales

Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo

Abelardo Ribeiro de Azevêdo

Francisco de Assis Vasconcelos Arruda

2011

Exigências Nutricionais de Ruminantes
em Ambiente Climático Tropical
Copyright® - Federação da Agricultura e Pecuária do Estado do Ceará

Proibida a reprodução total ou parcial deste livro,
por qualquer meio ou sistema, sem prévio consentimento dos autores.

Todos os direitos desta edição são reservados à:

Home-page: <http://www.>

E-mail:

Editor: Ronaldo de Oliveira Sales
2ª Edição Revisada e Ampliada

Alves, Arnaud Azevêdo

Exigências Nutricionais de Ruminantes em Ambiente
Climático Tropical / Arnaud Azevêdo Alves, Ronaldo de Oliveira
Sales, Danielle Maria Machado Ribeiro Azevedo, Abelardo
Ribeiro de Azevedo e Francisco de Assis Vasconcelos Arruda –
Fortaleza: FAEC, 2004.

vi, 86 f.: il.; 28 cm

Bibliografia

1. Nutrição animal. 2. Nutrição de ruminantes. 3. Exigências
Nutricionais. I. Título - II. Alves, Arnaud Azevêdo

C.D.D. 636.000

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da
Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação – UNESP, Campus de
Jaboticabal.

SOBRE OS AUTORES

Arnaud Azevêdo Alves, Engenheiro Agrônomo, formado pela UFPB, com Mestrado e Doutorado em Zootecnia na UFC. Professor do Departamento de Zootecnia da UFPI, onde desenvolve atividades na Área de Nutrição de Ruminantes.

Ronaldo de Oliveira Sales, Médico Veterinário, formado pela UECE, com Mestrado e Doutorado na Universidade Estadual de Campinas – São Paulo – UNICAMP e Pós Doutorado na Universidade Estadual Paulista Campus de Jaboticabal – SP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Departamento de Zootecnia. Professor da UFC no Departamento de Zootecnia, onde desenvolve atividades na Área de Nutrição de Ruminantes, Qualidade da carne, Subprodutos Pesqueiros na Alimentação Animal.

Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo, Médica Veterinária, formada pela UFPI, com Mestrado em Produção e Reprodução de Pequenos Ruminantes na UECE e Doutorado em Zootecnia na UFC. Bolsista de Desenvolvimento Científico Regional do CNPq, desenvolvendo atividades na Área de Produção de Ruminantes.

Abelardo Ribeiro de Azevêdo, Engenheiro Agrônomo, formado pela UFPB, com Mestrado em Zootecnia na UFV e Doutorado em Produção Animal na Universidad Politécnica de Madrid, Espanha. Professor Titular Aposentado do Departamento de Zootecnia da UFC, onde desenvolveu atividades na Área de Nutrição de Ruminantes.

Francisco de Assis Vasconcelos Arruda, Engenheiro Agrônomo, formado pela UFPB, com Mestrado em Zootecnia na UFC e Doutorado em Produção Animal na Universidad Politécnica de Madrid, Espanha. Pesquisador da EMBRAPA Meio-Norte, onde desenvolve atividades na Área de Nutrição de Ruminantes.

APRESENTAÇÃO

Os autores colocam à disposição da ciência e do setor agropecuário esta obra de autoria de pesquisadores já mencionados, dos mais variados setores, possuidores da mais alta qualificação, que progrediram técnico e cientificamente, graças à reconhecida competência, à dedicação e ao esforço na busca de conhecimentos, e que têm contribuído de maneira significativa para incentivar o desenvolvimento da pecuária nordestina.

Este livro representa a síntese das informações geradas pelas pesquisas de âmbito nacional, sobre as exigências nutricionais de ruminantes em ambiente climático tropical. A grandeza deste trabalho está traduzida nas páginas desta obra, sendo possível observar que foram resgatadas as experiências técnicas desenvolvidas pelos criadores, constituindo um marco importante para a criação de ruminantes. Assim, foram somadas os conhecimentos científicos com a sabedoria prática dos que produzem, características que podem antever o sucesso deste compêndio.

Esses aspectos concorrem para que este livro seja considerado de qualidade impar, o que compensa todas as dificuldades experimentadas pelos pesquisadores Arnaud Azevêdo Alves, Ronaldo de Oliveira Sales, Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo, Abelardo Ribeiro de Azevedo e Francisco de Assis Vasconcelos Arruda, que, ao longo desses últimos dois anos, se preocuparam em reunir as informações sobre o assunto em bibliotecas, instituições de pesquisa e no setor produtivo, após o que se dedicaram, decididamente, na preparação desta obra.

A amplitude da abordagem desta publicação constitui importante fonte de referência básica para estudantes de ciências agrárias, pesquisadores, criadores e mesmo aqueles que tomam decisões políticas. Este livro não esgota o assunto, mas abre espaço para outros desafios, contribuindo para que sejam vencidas diversas limitações.

Porém, a experiência profissional dos autores dispensa adjetivos e permite que, através desta importante obra, sejam delimitadas as fronteiras do conhecimento técnico-científico da criação de ruminantes, nas mais diversas regiões do País.

Portanto, poderão ser oferecidas novas opções à sociedade e ao setor produtivo, validando, dessa forma, a razão de ser da própria ciência.

Por fim, este livro simboliza a combinação da dedicação com a perseverança e mostra que os empreendimentos benéficos à sociedade e passíveis de serem realizados, devem ser feitos. O apego e a tenacidade dos autores mostraram que tudo é possível, sendo apenas uma questão de querer fazer, principalmente enquanto há tempo.

José Ramos Torres de Melo Filho

Presidente da FAEC

Prefácio

O diagnóstico de problemas relacionados ao desempenho animal e a tomada de decisões em sistemas de produção, requerem quantificação mais acurada dos efeitos do ambiente sobre a produção de leite ou taxa de crescimento. Tanto os efeitos diretos do ambiente quanto os indiretos demonstram grande impacto no consumo de nutrientes, exigências e utilização metabólica destes, tornando válido se considerar o papel do ambiente no manejo nutricional dos ruminantes.

Assume-se que os efeitos do ambiente são inicialmente refletidos em mudanças nas exigências de energia para manutenção e no consumo de matéria seca, enquanto os impactos sobre as exigências para prenhez, crescimento e lactação são secundários, após atendimento as exigências energéticas para manutenção.

A primeira parte desta obra proporciona uma fundamentação de informações que relacionam tanto os fundamentos da nutrição quanto o próprio animal ao ambiente, no sentido de esclarecer terminologias e conceitos adotados.

Na segunda parte, estão apresentadas discussões que descrevem o impacto do ambiente climático tropical sobre diversas espécies de ruminantes e são sugeridas técnicas de manejo nutricional.

As exigências nutricionais têm sido comumente estabelecidas em ambientes protegidos de extremos climáticos. Por esta razão, tais exigências são mais relevantes durante condições ambientais ótimas e menos apropriadas para animais expostos a ambientes estressantes.

Estresse é referido como uma condição ambiental adversa ao bem-estar animal, destacando-se que o estresse ambiental, em sentido mais amplo, inclui tanto aspectos físicos quanto psicológicos dos animais, embora dados relativos ao

ambiente e à nutrição envolvam o ambiente climático e, em particular, o efeito do estresse térmico.

Diante do exposto, a partir de revisão relativa aos efeitos do estresse ambiental sobre as exigências nutricionais de ruminantes sob condições climáticas tropicais, identificou-se que há uma lacuna de informações relacionadas ao tema, o que torna esta obra uma sistematização de resultados de pesquisas e teorias apresentadas, com grande potencial de uso por aqueles que praticam a produção de ruminantes na faixa tropical.

Não podemos deixar de agradecer à Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão (FUNEP) pela contribuição na realização deste projeto.

Muito obrigado a todos.

Arnaud Azevêdo Alves

Ronaldo de Oliveira Sales

Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo

Abelardo Ribeiro de Azevêdo

Francisco de Assis Vasconcelos Arruda

SUMÁRIO

	Página
INTERAÇÃO ANIMAL-AMBIENTE	1
Balanço térmico	1
Temperatura ambiente efetiva	4
Zonas térmicas	7
INTERAÇÃO NUTRIÇÃO-AMBIENTE	14
Consumo de alimento	15
Consumo por vacas de leite	15
Consumo por novilhas de reposição	17
Consumo por bovinos confinados	19
Consumo por ovinos	20
Digestibilidade e metabolizabilidade	21
Partição da energia da dieta	26
Metabolismo basal	29
INTERAÇÃO PLANTAS FORRAGEIRAS-AMBIENTE SOBRE CONSUMO E DIGESTIBILIDADE	33
INTERAÇÃO ÁGUA-AMBIENTE	35
Fontes de água	35
Perdas de água	36
Fatores que afetam o consumo de água	38
Diferenças interespecíficas	39
Estágio fisiológico	39
Frequência de bebida de água	39
Temperatura da água	41
Temperatura ambiente como determinante do consumo de água	42

	Página
EFICIÊNCIA NUTRICIONAL	49
EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES SOB ESTRESSE TÉRMICO.	53
Bovinos leiteiros	53
Vacas de leite	54
Ajustes para componentes não energéticos	58
Novilhas de reposição	60
Bezerros	64
Bovinos de corte	65
Ajustes para componentes não energéticos	68
Ovinos	70
Caprinos	75
LITERATURA CITADA	77

CAPÍTULO 1

Interação Animal-Ambiente

Arnaud Azevêdo Alves

Ronaldo de Oliveira Sales

Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo

Abelardo Ribeiro de Azevêdo

Francisco de Assis Vasconcelos Arruda

Introdução

Os animais vivem em um ambiente comprometido por vários fatores que afetam seus aspectos físicos e fisiológicos. O *ambiente térmico* tem uma grande influência sobre os animais da fazenda, com a temperatura do ar apresentando o principal efeito, sendo alterada pelo vento, precipitação, umidade e radiação. O impacto do ambiente térmico pode ser descrito em termos de *temperatura ambiente efetiva*, que combina os vários eventos climáticos. Os animais compensam, dentro de limites, variações na temperatura ambiente efetiva mediante alterações no consumo de alimentos, no metabolismo e na dissipação de calor, que por sua vez altera a partição da energia pelos animais (NRC, 1981a). A eficiência de utilização da energia decresce durante estresse térmico, possivelmente devido ao aumento das exigências para manutenção (CUMMINS, 1992), o que pode requerer mudanças quanto às relações entre os diferentes nutrientes e a energia da dieta (NRC, 1981a).

Balanço térmico

Os animais homeotérmicos mantêm a temperatura corporal relativamente constante com variação em torno de até 1°C (BERMAN et al., 1985), pelo balanço entre o calor produzido no metabolismo e o ganho do ambiente, funcionando a

temperatura corporal como a principal via de regulação da dissipação de calor. Este balanço térmico é obtido pelos efeitos dos mecanismos termorregulatórios fisiológicos, morfológicos e de comportamento. Sob muitas condições há perda líquida contínua de calor sensível da superfície corporal por condução, convecção, e radiação, e sob todas as condições há perda contínua de calor insensível (perda evaporativa) a partir do trato respiratório e superfície epidérmica (NRC, 2000).

As resistências à troca de calor que afetam a habilidade do animal a regular a temperatura corporal são tecidos, cobertura corporal, resistência do ar e resistência evaporativa. A resistência à transferência de calor não evaporativo é proporcional aos gradientes de temperatura dentro do corpo animal e entre o corpo e o ambiente, e inversamente proporcional ao fluxo de calor entre estes gradientes. Na resistência evaporativa, o gradiente através do qual o vapor d'água move-se é a umidade absoluta entre a pele e o ar (FINCH, 1986). Estes gradientes e os fluxos de calor entre os mesmos estão ilustrados na Figura 1.

Quanto às reações dos bovinos de corte às condições de temperatura elevada, o NRC (2000) destaca como mudanças de comportamento o decréscimo da atividade, busca por sombra para reduzir a exposição ao calor radiante, busca de colinas para aumentar a exposição ao vento, ou entrar na água para aumentar a dissipação de calor, e como mecanismos de adaptação fisiológica, mudanças no metabolismo basal, taxa respiratória, distribuição do fluxo sanguíneo para a pele e pulmões, consumo de alimento e água, taxa de passagem do alimento através do trato digestivo, cobertura de pelos e composição corporal. Mudanças fisiológicas usualmente associadas com temperaturas agudas incluem arrepios e sudorese, assim como mudanças no consumo de alimento e água, taxa respiratória, frequência cardíaca e atividade. Também se verifica que os animais diferem muito em respostas de comportamento e na habilidade para adaptação fisiológica ao ambiente térmico, com grande destaque para as diferenças genotípicas.

Segundo SILVA (2000), dentre as respostas fisiológicas dos ruminantes ao estresse térmico destaca-se a diminuição do fluxo sanguíneo ao epitélio ruminal, quantificado em 76% sob estresse severo e 32% sob estresse moderado.

A taxa líquida de perda de calor, caracterizada como demanda de calor ambiental, depende da demanda térmica do meio ambiente e resistência ao fluxo de calor dos tecidos, pele e sua cobertura. Esta demanda ambiental é função dos fatores

meteorológicos e reflete o poder de resfriamento do meio ambiente. Quando a temperatura ambiente excede à temperatura corporal, os animais podem ganhar calor líquido do ambiente, mas demandam energia para liberar o calor por evaporação (NRC, 1981a).

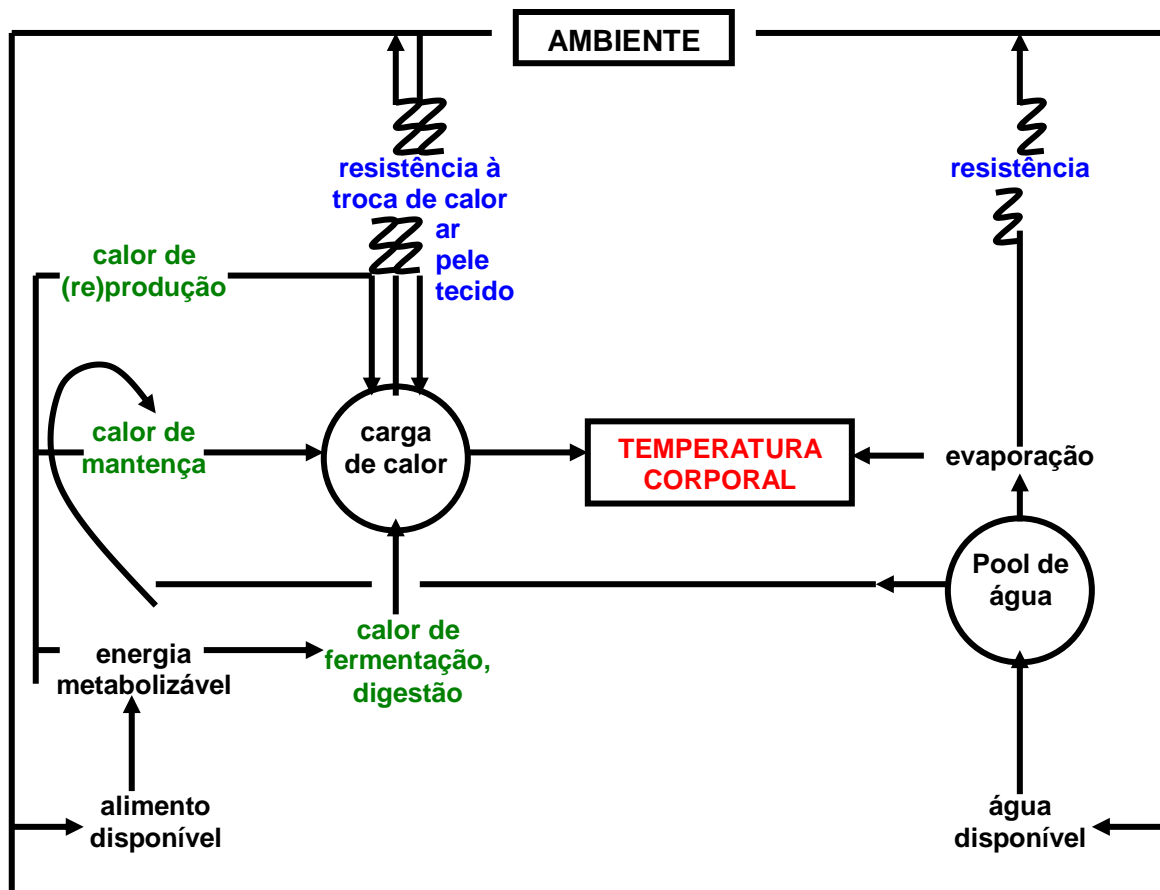


Figura 1 – Inter-relação entre calor, água e metabolismo energético nos herbívoros (FINCH, 1986).

Tanto os fatores ambientais quanto os relacionados ao próprio animal contribuem para diferenças nas perdas de calor pelo animal (NRC, 2000). Fatores ambientais incluem movimento do ar, precipitação, umidade, superfícies de contato e radiação térmica. Embora os resultados não sejam totalmente satisfatórias, vários esforços têm sido feitos no sentido de relacionar estes efeitos com as respostas animais. Os fatores que contribuem para diferenças na perda de calor pelo animal por condução, convecção e radiação são área superficial, que inclui superfície ou isolamento externo, e internos ou isolamento tissular. As perdas evaporativas são

influenciadas pelo volume respiratório, assim como pela área superficial, isolamento externo e isolamento tissular. As perdas respiratórias por bovinos de corte representam 5 a 25%, enquanto as perdas evaporativas totais de calor representam de 20 a 80% das perdas de calor.

Temperatura ambiente efetiva

Devido os animais se encontrarem expostos e afetados por vários componentes do ambiente climático, há vantagens em se avaliar respostas dos animais a um índice que represente o impacto térmico destes componentes ambientais.

Temperatura ambiente efetiva é um índice descrito em termos de demanda de calor ambiente: a temperatura de um ambiente isotérmico sem apreciável movimento de ar ou ganho de radiação. A maior dificuldade em se estabelecer uma maneira de quantificação da temperatura ambiente efetiva se deve principalmente aos recursos dos animais em combater o estresse térmico por reações fisiológicas e de comportamento, que por sua vez influenciam a demanda de calor ambiente. Embora os efeitos combinados de variáveis ambientais selecionadas tenham sido reportadas, não se tem desenvolvido fórmulas específicas para o cálculo da temperatura ambiente efetiva para cada espécie, como por exemplo, fatores vento-frio e o índice de temperatura e umidade (ITU).

Partindo-se do princípio que os efeitos da temperatura ambiente elevada são potencializados pela elevada umidade relativa do ar (WEST, 1997), devido sob elevada umidade relativa se tornar mais difícil a dissipação de calor corporal quando a temperatura ambiental se aproxima da temperatura do corpo (WEST, 1994), assim, o ITU é comumente usado para indicar o grau de estresse em bovinos leiteiros (ARMSTRONG, 1994). Dentre as fórmulas para cálculo do ITU, recentemente se tem adotado no Nordeste brasileiro (OLIVEIRA NETO et al., 2001) a fórmula proposta por PIRES et al. (1998):

$$ITU = 0,72 (Tbs + Tbu) + 40,6$$

Onde: Tbs = temperatura do bulbo seco (°C) e Tbu = temperatura do bulbo úmido (°C)

Quando o ITU excede 72, vacas leiteiras de produção elevada são afetadas adversamente (JOHNSON e VANJONACK, 1976 e NRC, 1981a). Frank Wiersma, do Department of Agricultural Engineering, da University of Arizona, desenvolveu um esquema, apresentado de forma modificado por PENNINGTON e VANDEVENDER (2002), para estimar a severidade do estresse térmico sobre vacas leiteiras (Figura 2). Da mesma forma, OLIVEIRA NETO et al. (2001), consideram como valores limites para estresse ameno ITU = 72-79, estresse moderado ITU = 80-89 e estresse severo: ITU = 90-98.

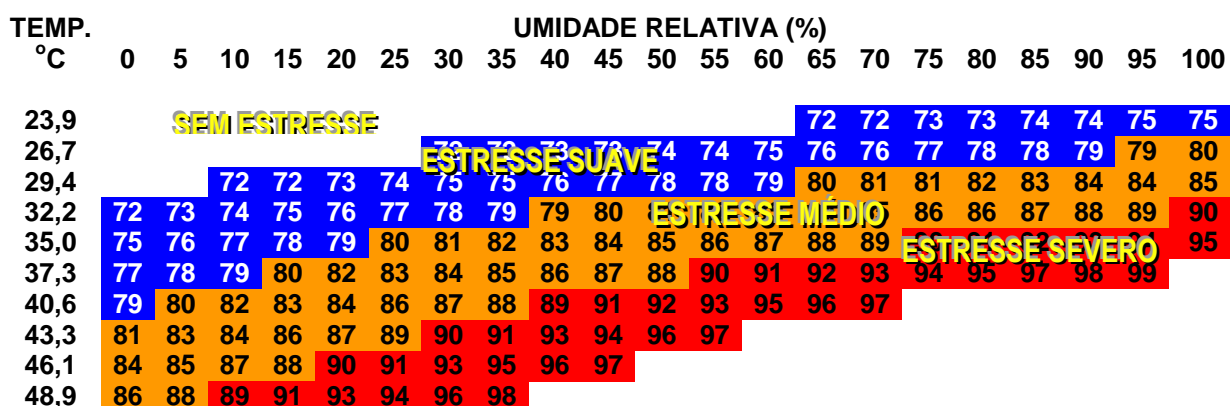


Figura 2 - Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para vacas de leite (PENNINGTON e VANDEVENDER, 2002).

Segundo o NRC (1981a), a temperatura ambiente efetiva é um conceito útil quando da predição do efeito do ambiente térmico sobre os animais, embora vários fatores, além da temperatura do ar, influenciem a demanda térmica ambiental, destacando-se:

1. *Radiação térmica.* A radiação térmica recebida por um animal provém de duas fontes principais: radiação solar (direta, ou refletida das superfícies das nuvens ou do ambiente em torno) e radiação terrestre. O impacto líquido da radiação térmica no animal depende da diferença entre a combinação da radiação solar e a radiação recebida pelo animal e a radiação emitida pelo animal. Sombras, estruturas aproximadas e outros animais, cobertura do solo, nuvens, características da superfície dos animais, e isolamento pelas superfícies internas das instalações, são exemplos de fatores que influenciam o impacto líquido da radiação térmica.

Para animais em radiação solar, ocorre usualmente um ganho líquido de calor que resulta em aumento na temperatura ambiente efetiva de 3 a 5°C.

2. *Umidade.* A umidade do ar influencia o balanço térmico do animal, particularmente em ambientes quentes, onde a perda evaporativa de calor é fundamental para a homeotermia. Ao aumentar a pressão do vapor ambiente, se verifica redução do gradiente de pressão de vapor da pele ou do trato respiratório ao ar, e redução da taxa de evaporação. Um aumento na pressão de vapor ambiente geralmente tem menos impacto no balanço térmico das espécies que dependem mais da respiração (e menos da sudorese) para perder calor durante estresse térmico. Assim, são atribuídos pesos diferentes às temperaturas dos bulbos seco e úmido para o cálculo dos índices de temperatura e umidade para diferentes espécies. Para bovinos, que suam em resposta ao estresse térmico, o índice é calculado como:

$$(0,35 \times \text{temperatura do bulbo seco}) + (0,65 \times \text{temperatura do bulbo úmido}).$$

3. *Vento.* O vento afeta as taxas de troca de calor convectivo e evaporativo. No entanto, a magnitude deste efeito é algo moderada pela redução na temperatura da pele devido a vasoconstrição reduzir o gradiente térmico animal-ambiente. O aumento na taxa de perda ou ganho de calor por unidade de aumento na velocidade do ar é maior em baixa velocidade do ar devido à quebra na barreira de proteção do corpo requerer relativamente pouco movimento do ar. Acima de 6 km/h, aumentos na velocidade do ar resultam em pouco aumento adicional na transferência de calor convectivo. Em ambientes extremamente quentes, quando a temperatura ambiente excede a temperatura da superfície corporal dos animais, estes ganham calor por convecção.

4. *Contato superficial.* A natureza e temperatura do piso e outras superfícies de contato determina a taxa de fluxo de calor condutivo de um animal. Embora isto seja ordinariamente uma pequena parte de troca de calor total, pode ser significativa em algumas situações. Um animal pode responder por mudança de comportamento, por mudança em sua postura e na orientação a componentes ambientais específicos tais

como área de contato com um piso frio ou quente, orientação a fontes de radiação e aberturas, e orientação em relação ao vento.

5. *Precipitação*. Algumas vezes os animais são expostos a rigorosas condições meteorológicas. A combinação baixa temperatura, vento, e chuva ou umidade pode afetar adversamente o balanço térmico do animal.

O esforço continuado para melhorar e desenvolver critérios para determinação da temperatura ambiente efetiva será uma meta de pesquisas continuadas, uma vez que embora a temperatura ambiente efetiva seja proposta, deve-se usar a melhor descrição do ambiente disponível em termos de demanda térmica ambiental (NRC, 1981a).

Zonas térmicas

A avaliação das relações entre os animais e seu ambiente térmico inicia com a zona de termoneutralidade. O conceito de termoneutralidade pode ter significados variáveis dependendo do ponto de vista do descritor. Para animais de interesse zootécnico, o NRC (1981a) destaca que este tópico foi revisado por MOUNT (1974), que usou o termo *temperatura ambiente operativa* como similar à *temperatura ambiente efetiva*, onde as seguintes definições foram envolvidas:

1. A faixa de temperatura ambiente efetiva na qual a produção de calor metabólico permanece basal.
2. A faixa de temperatura ambiente efetiva na qual a temperatura corporal permanece normal, sudorese e intensa freqüência respiratória não ocorrem, e a produção de calor permanece mínima. Algumas vezes é referida como zona de mínimo esforço de regulação térmica.
3. A faixa que proporciona uma sensação de conforto máximo. Também definida como zona de conforto térmico.
4. A temperatura ambiente efetiva selecionada para um animal oferece uma irrestrita faixa de ambientes, que compreende o denominado ambiente térmico preferido.

5. O ambiente térmico ótimo do ponto de vista do animal, capaz de promover o máximo desempenho e o mínimo de estresse, incluindo doenças, para o animal.

Enquanto estes termos não forem considerados sinônimos, em geral serão concordantes. O NRC (1981a) e ARMSTRONG (1994), definem zona de termoneutralidade como a faixa de temperatura ambiente efetiva em que as funções de manutenção e produção normais do animal não estressado liberam calor para o ambiente sem requerer aumento na taxa de produção de calor metabólico. Segundo o NRC (2000), dentro da zona de termoneutralidade, a temperatura ambiente efetiva é essencialmente independente da temperatura e é determinada pelo consumo e eficiência de uso do alimento.

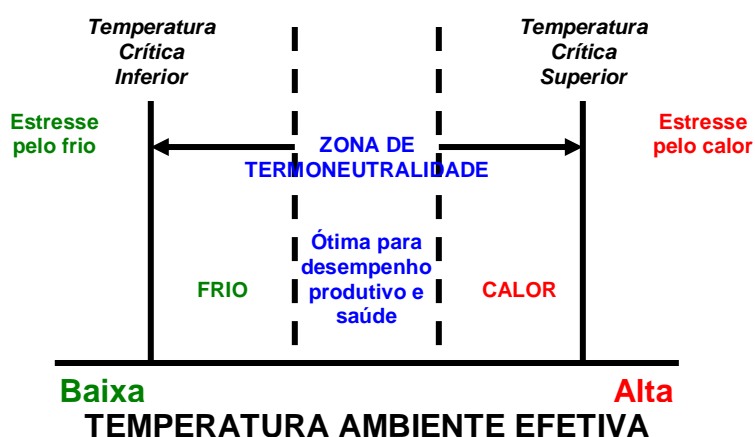


Figura 3 – Representação esquemática da relação entre zonas térmicas e temperaturas (NRC, 1981a).

Quando a temperatura ambiente efetiva aumenta acima da zona de termoneutralidade, a produtividade decresce, principalmente como resultado do menor consumo de alimento (NRC, 2000), sendo considerada pelo NRC (1981a) como zona de calor (Figura 3), onde as reações termorregulatórias são limitadas.

O decréscimo no tecido de isolamento térmico por vasodilatação e o aumento na área superficial efetiva por mudança de postura são os principais mecanismos usados para facilitar a taxa de perda de calor. Quando a temperatura ambiente efetiva excede a temperatura crítica superior, aumenta o trabalho de dissipação de calor e os animais podem empregar os mecanismos de perda de calor evaporativo, tais como

sudorese e aumento da frequência respiratória e cardíaca. O animal é então considerado estressado pelo calor, com aumento das exigências energéticas para manutenção, como esquematizado na Figura 4 (NRC, 1981a, 2000).

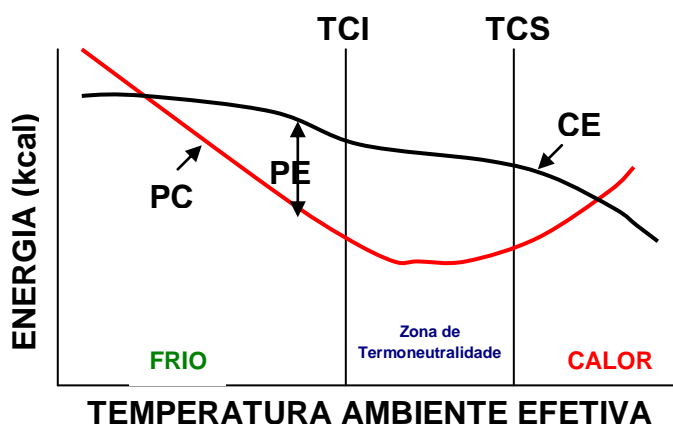


Figura 4 – Relação esquemática de produção de calor (PC), consumo de energia (CE) e energia para produção (EP = CE - PC) com zonas térmicas (NRC, 1981a).

Tanto a temperatura crítica superior quanto a inferior variam com a taxa de produção de calor em condições de termoneutralidade e com a habilidade dos animais em dissiparem e conservarem calor. A produção de calor pelos animais sob condições de termoneutralidade pode diferir substancialmente em função do consumo de alimento, estágio fisiológico, genótipo, sexo e atividade (NRC, 2000). Para vacas de leite da raça Holandesa, BERMAN et al. (1985) sugerem 25 a 26°C como limite superior de temperatura ambiente em que estes animais podem manter a estabilidade de temperatura corporal.

O isolamento tissular (IT_i, °C/Mcal/m²/dia) é principalmente função da gordura subcutânea e espessura da pele. Valores típicos são 2,5 para bezerros recém-nascidos, 6,5 para bezerros com um mês de idade, [5,1875 + (0,3125 x escore corporal)] para bovinos de um ano e [5,15 + (0,75 x escore corporal)] para bovinos adultos, segundo o NRC (2001).

O isolamento externo (IE) é proporcionado pela camada de pelos que envolve o corpo. Assim, o isolamento externo é relacionado com o comprimento dos pelos. No

entanto, a eficiência dos pelos como isolantes externos é determinada pelo vento, precipitação, lama e espessura da pele. Estes efeitos têm sido descritos como segue:

$$IE = (7,36 - 0,296 \times Vento + 2,55 \times Pelo) \times Lama \times Espessura \text{ da pele}$$

Onde:

$$IE = \text{°C/Mcal/m}^2/\text{dia};$$

Vento = velocidade do vento (km/h);

Pelo = comprimento efetivo do pelo (cm);

Lama e Espessura da pele = ajustes para lama (Tabela 1) e espessura da pele.

Tabela 1 – Fatores de correção para a equação de estimativa do CMS por novilhas de reposição baseados nas condições de piso

Condição do piso	Fator de correção
Limpo e seco	1,00
Pouca lama	1,00
Lamacento	0,85
Coberto por neve/lamacento	0,70

Fonte: NRC (2001).

O isolamento total (*IT*) é assim calculado:

$$IT = IT_i + IE$$

Sendo: *IT* = isolamento total; *IT_i* = isolamento tissular e *IE* = isolamento externo.

Segundo o NRC (1981a), a temperatura crítica inferior (*TCI*) pode ser assim calculada:

$$TCI = 39 - IT \times (PC/AS - H_e)$$

Onde: *IT* = isolamento total, *PC* = produção de calor, *AS* = área superficial; e *H_e*=perda mínima de calor evaporativo total (NRC, 2000), estimada como:

$$PC = EM - ER$$

Onde: EM = energia metabolizável ingerida e ER = energia retida, que pode incluir EL_g, EL_l, etc. (expressas em relação ao $PV^{0,75}$).

$$AS, m^2 = 0,08 PV^{0,67}$$

$$H_e = PC/AS \times 0,15$$

A temperatura crítica inferior predita para ruminantes adultos em níveis elevados de alimentação é consideravelmente menor que para animais jovens (Figura 5). Os valores extremamente baixos para bovinos confinados e vacas leiteiras no pico de lactação resultam das grandes quantidades de calor produzidas como consequência inevitável da digestão e metabolismo em altos níveis de produção, da pequena relação área superficial/massa corporal destes animais relativamente grandes e da grande quantidade de tecido para isolamento térmico.

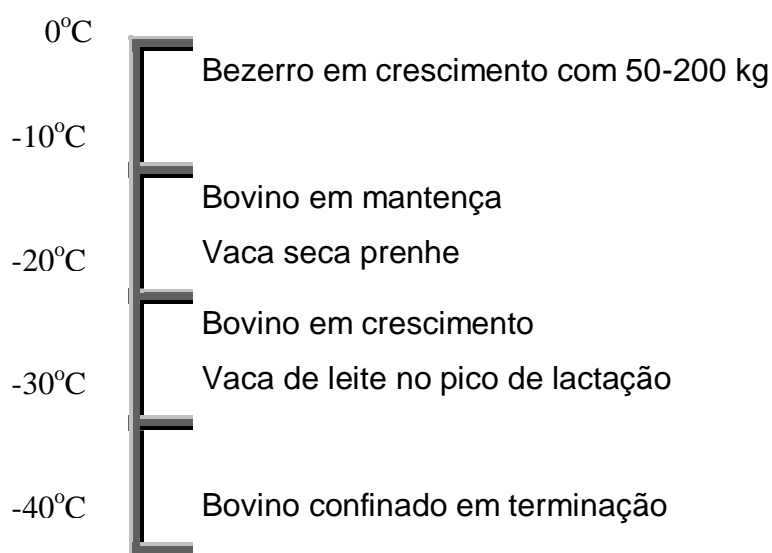


Figura 5 – Representação esquemática das estimativas de temperatura crítica inferior para bovinos em diferentes idades e estágios fisiológicos (YOUNG, 1981a).

Medidas de temperatura crítica inferior têm sido úteis na determinação das exigências de nutrientes, no estabelecimento de critérios de projetos de instalações, e em guias práticos para decisões de criações, particularmente para animais sensíveis ao frio tais como ovinos e bezerros.

A definição das zonas de termoneutralidade depende de muitos fatores, destacando-se como mais importantes, idade, quantidade de alimento ingerido, quantidade de gordura subcutânea, e comprimento e densidade da cobertura pilosa (NRC, 2001).

Na Figura 6 estão apresentadas zonas de termoneutralidade para ovinos e bovinos jovens e adultos, no entanto, mudanças na zona de termoneutralidade resultam da aclimação do animal ao ambiente, que segundo o NRC (2000), descrevem mudanças adaptativas em resposta às mudanças nas condições climáticas, que incluem tanto mudanças de comportamento quanto fisiológicas. Há aproximação entre a zona de termoneutralidade apresentada na Figura 6 e a estabelecida pelo NRC (2001) para bezerros muito jovens, entre 15 e 25°C.

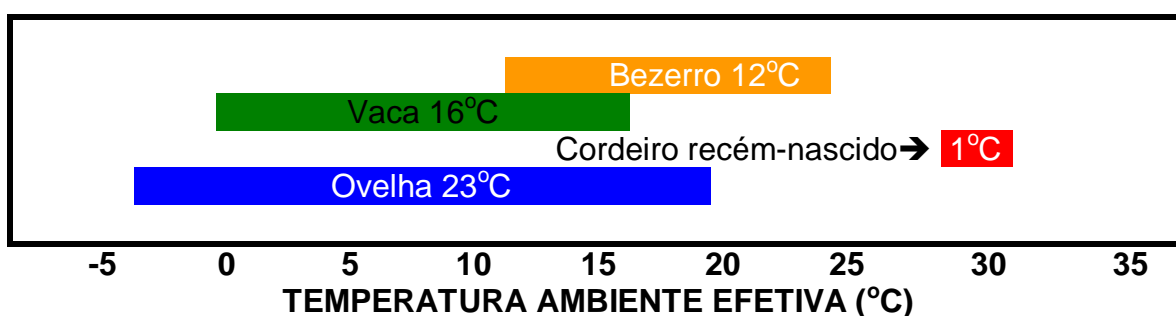


Figura 6 – Variação estimada na zona de termoneutralidade para bovinos e ovinos recém-nascidos e adultos (NRC, 1981a).

A zona de termoneutralidade em bezerros muito jovens varia de 15 a 25°C (NRC, 2001).

Faixas de temperaturas para diferentes espécies ruminantes nas quais animais bem alimentados e submetidos às demais práticas de manejo de maneira correta poderão apresentar eficiência produtiva foram apresentadas por HAHN (1981), no entanto, estas faixas podem ser mais amplas que a zona de termoneutralidade para estas espécies (Tabela 2).

Tabela 2 – Temperaturas médias diárias para produção e eficiência de ruminantes

Espécie/categoria animal	Faixa de temperatura aceitável (°C)
Vacas de leite	
Em lactação ou 2 semanas pós-parto	4 a 24
Paridas	10 a 26
Bovinos de corte	4 a 26
Ovinos	4 a 24

Fonte: HAHN (1981).

Em um ambiente quente, os animais são levados à dissipação de calor metabólico em uma situação onde há um reduzido gradiente térmico entre a superfície corporal e o ambiente, resultando em menor capacidade de perda de calor sensível. A resposta imediata de animais ao estresse térmico é a redução no consumo de alimento, para tentar ajustar a produção de calor metabólico à capacidade de dissipação de calor. Os animais de maior produção, com maior calor metabólico (resultante da síntese de produtos), tendem a ser mais susceptíveis ao estresse térmico.

Sob condições de temperatura ambiente maior que a temperatura corporal, o calor ambiente decorrente da radiação solar direta ou indireta, radiação de ondas longas, condução e convecção resulta em ganho de calor pelo animal (NRC, 1981a, DEVENDRA e BURNS, 1983). No entanto, ganhos por radiação de ondas longas, condução e convecção são verificados apenas se a temperatura das superfícies em torno do animal ou a temperatura do ar forem maiores que a temperatura da superfície do corpo do animal (NRC, 1981a).

A evaporação da umidade da superfície epidérmica ou trato respiratório é o mecanismo principal usado pelos animais para perder o excesso de calor corporal em

um ambiente quente: este mecanismo é limitado pela pressão de vapor do ar, mas é alterado pelo vento.

Literatura Consultada

- ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science*, v.77, n.7, p.2044-2050, 1994.
- 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.
- 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.
- DEVENDRA, C.; BURNS, M. *Goat production in the tropics*. UK: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1983. 183p.
- 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.
- HAHN, G.L. Housing and management to reduce climatic impacts on livestock. *Journal of Animal Science*, v.52, n.1, p.175-186, 1981.
- 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*. 6th ed. Rev., Washington, D.C.: National Academy Press, 2000. 232p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. *Nutrient requirements of dairy cattle*. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381p.
- 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.
- 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.
- SILVA, R.G. Introdução à bioclimatologia animal. São Paulo: Nobel, 2000. 286p.
- 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.
- YOUNG, B.A. Cold stress as it affects animal production. *Journal of Animal Science*, v.52, n.1, p.154-163, 1981.

CAPÍTULO 2

Interação Animal-Ambiente

Arnaud Azevêdo Alves

Ronaldo de Oliveira Sales

Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo

Abelardo Ribeiro de Azevêdo

Francisco de Assis Vasconcelos Arruda

Introdução

Convencionalmente, as medidas de energia têm sido a base de muitos sistemas de alimentação animal, tabelas de composição de alimentos, e recomendações nutricionais para animais. Devido a energia na forma de calor estar intimamente envolvida com o balanço térmico, é conveniente o uso da energia como um denominador comum quando da descrição da interação entre animais e o ambiente.

Tabelas de exigências de nutrientes listam valores para animais em condições presumivelmente livres de estresse térmico e em desempenho esperado próximo ao potencial genético. Na prática, as condições ambientais nem sempre são ideais e o desempenho dos animais freqüentemente afasta-se do potencial genético. Fatores que contribuem para a redução da produtividade incluem fatores climáticos e fatores de manejo. A importância dos fatores de manejo aumenta muito para animais confinados em sistemas de produção intensiva. Dos muitos estressores que afetam a taxa e eficiência de produtividade animal, merecem destaque as conseqüências do ambiente térmico e fatores associados, como umidade, radiação e vento, como também altitude, barulho, densidade animal, confinamento, contaminação química e biológica, entre outros.

Estressores individuais podem reduzir independentemente o desempenho animal, ou podem interagir com outros fatores criando um complexo de situações de estresse. Animais abrigados ou alojados tendem a eliminar ou moderar o impacto do macroambiente, mas, simultaneamente, pode ser criada uma nova ordem de estresse microambiental a ser enfrentada pelo animal.

Consumo de alimento

Há muita similaridade entre espécies no que se refere à influência do ambiente na taxa de consumo de alimento e exigência de energia para manutenção, mas há limitação de informações que relacionem sistematicamente as flutuações ambientais às variações das exigências nutricionais dos ruminantes. O efeito do ambiente nas taxas de fluxo de energia é importante em todos os casos e é a base das muitas interações observadas entre nutrição e ambiente. Muitos dos estudos laboratoriais têm demonstrado modificações relativamente significativas no consumo de alimento em condições de temperatura elevada, mas a transferência deste conhecimento tem sido limitada, devido as variações climáticas nas fazendas serem consideravelmente mais instáveis que as avaliadas nos laboratórios. Quando se considerar os efeitos diretos do calor sobre o consumo de alimentos e desempenho animal, também se deve atentar para a influência das mudanças climáticas na qualidade da forragem (NRC, 1981a).

Consumo por vacas de leite

A zona de termoneutralidade para bovinos de leite está entre os 5 e 20°C, mas varia entre animais. HOLTER et al. (1997) verificaram que vacas da raça Holandesa do meio ao final da lactação reduziram mais acentuadamente o CMS (22%) que as primíparas (9%) no mesmo estágio de lactação e prenhez quando submetidas a estresse térmico, o que pode ser justificado pelo crescimento compensatório das primíparas (NRC, 1981a).

Aumento da temperatura ambiente acima da zona de termoneutralidade resulta em redução na produção de leite, devido à redução no CMS e alteração da atividade metabólica (NRC, 2001). HOLTER et al. (1997) e EASTRIDGE et al. (1998) afirmam

ocorrer decréscimo no CMS em temperaturas acima dos 20°C. A equação sugerida pelo NRC (2001) para predição do CMS por vacas em lactação não inclui fatores de ajuste para temperatura ou umidade, devido à insuficiência de dados de CMS fora da zona de termoneutralidade para validação de modificações na equação:

$$\text{CMS (kg/dia)} = (0,372 \times \text{LCG} + 0,0968 \times \text{PV}^{0,75}) \times (1 - e^{(-0,192 \times (\text{SL} - 3,67))})$$

onde

LCG = leite corrigido para 4% de gordura (kg/dia),

PV = peso vivo (kg),

SL = semana de lactação.

$1 - e^{(-0,192 \times (\text{WOL} - 3,67))}$ = termo de ajuste adotado para a redução no CMS durante o início da lactação.

No entanto, a reduzida produção de leite durante períodos de estresse calórico reflete a redução no CMS comumente observada neste período. EASTRIDGE et al. (1998) sugerem a seguinte mudança no CMS para temperatura acima da zona de termoneutralidade:

$$\text{Se temperatura} > 20^\circ\text{C, CMS} \times (1 - ((^\circ\text{C} - 20) \times 0,005922)).$$

A aplicação dos fatores de ajuste de EASTRIDGE et al. (1998) para predição do CMS pode resultar em CMS excessivamente baixo, devido ao fato da própria produção de leite já se tornar reduzida neste período (NRC, 2001).

Segundo o NRC (2001), um decréscimo no CMS de até 55% daquele verificado na zona de termoneutralidade, associado a um aumento de 7 a 25% nas exigências de manutenção foi reportado para vacas sob estresse térmico pelo NRC (1981a).

Durante períodos de elevada temperatura ambiente, vacas de leite reduzem o consumo de forragem antes de reduzir o consumo de concentrado, o que pode decorrer do incremento de temperatura interna determinado pelo calor de fermentação da fibra da dieta (CUMMINS, 1992). Quando vacas em lactação foram alimentadas à vontade com uma dieta contendo 60-65% de forragem de alta qualidade e 35-40% de concentrados e expostas a condições térmicas variáveis, o consumo de alimentos mostrou um baixo declínio no consumo a 25-27°C em relação

a 18-20°C, com significativo declínio acima de 30°C, enquanto aos 40°C o consumo foi em geral não mais que 60% do obtido a 18-20°C (Figura 7).

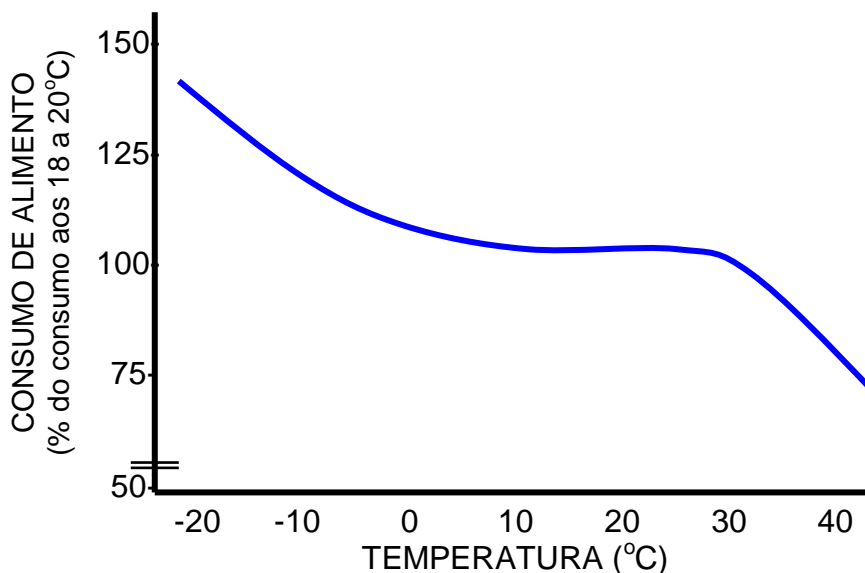


Figura 7 – Efeito de temperatura em câmara climática sobre o consumo de alimento usando como base 18 a 20°C (NRC, 1981a).

A taxa de declínio do consumo de alimento em estresse calórico é influenciada pelo nível de produção de leite e em alguma extensão pela raça (NRC, 1981a).

Quando a temperatura máxima diária excede a 25°C, a taxa de CMS em pastejo pode declinar rapidamente devido em parte aos efeitos diretos do estresse térmico sobre as vacas, causando supressão da atividade e o declínio indireto devido à qualidade da forragem. Frequentemente, a redução da qualidade da forragem decorrente dos efeitos da alta temperatura sobre o crescimento e composição das forragens pode ser tão ou mais importantes quanto o efeito direto do estresse térmico sobre as vacas.

Consumo por novilhas de reposição

Após cerca de seis meses de idade, as novilhas às vezes podem apresentar restrição no consumo sob quaisquer condições ambientais, dificultando prever a

influência da temperatura sobre as exigências nutricionais nesta fase (NRC, 1981a). HOFFMAN et al. (1994) demonstraram que a estação do ano, o tipo de instalação, o piso lamacento, o comprimento do pêlo, e a condição corporal das novilhas afetam o ganho médio diário de peso, devendo-se ajustar as exigências de energia para ganho.

Pesquisas conduzidas em câmara com temperatura controlada sugerem cautela quando da determinação da influência da temperatura ambiente sobre o consumo de alimento e taxa de crescimento de novilhas (NRC, 1981a). Posteriormente, pesquisas revelaram que o crescimento compensatório pode superar a supressão de crescimento decorrente de temperaturas elevadas quando os animais retornarem a temperaturas moderadas (BACCARI et al., 1980), no entanto, esta conclusão decorre de pesquisa por período restrito de tempo, cerca de dois meses.

Em ambientes controlados de câmaras climáticas, quando novilhas de reposição foram transferidas das faixas de temperatura 15,6-21,1°C para 23,9-35,0°C, os ganhos diários declinaram durante os primeiros 20 dias, mas foram compensados durante os 20 dias seguintes (JOHNSTON et al., 1961), sendo estas mudanças de ganho correlacionadas positivamente com o CMS.

Resultados preliminares de testes de campo realizados na Venezuela, uma área tropical, revelaram que novilhas da raça Holandesa em alta alimentação, expostas durante toda a vida a uma temperatura máxima igual ou superior a 27°C, foram 50 kg mais leves aos 24 meses que as meio-irmãs paternas em Maryland embora tenham recebido níveis similares de energia. As diferenças de peso entre os dois ambientes não foram significativas, mas as novilhas criadas nos trópicos foram significativamente menores em comprimento (-3,2 cm) e em altura (-2,1 cm), além de possuírem consideravelmente mais gordura corporal. As condições de temperatura da Venezuela possivelmente criaram um desequilíbrio não identificado na utilização de alimentos, que pode ter afetado o desenvolvimento esquelético. Embora testes em câmara climática tenham indicado menores mudanças no consumo de alimento por novilhas zebuínas que por taurinas com o estresse térmico, o percentual de declínio interespecífico foi aproximadamente o mesmo, levando à conclusão geral que as condições térmicas em fazendas pode levar a distúrbios que afetariam a eficiência de utilização de alimentos pelas novilhas em crescimento, mas os efeitos da temperatura são menores que para vacas em lactação ou bovinos confinados (NRC, 1981a).

Consumo por bovinos confinados

Geralmente, bovinos em crescimento e engorda apresentam um CMS ligeiramente menor por unidade de tamanho metabólico que as vacas em lactação, mas a interação alimentação x temperatura mostra-se similar nos dois grupos (Figura 8 vs. Figura 7).

Estimativas de mudanças no consumo de alimento com a temperatura por bovinos confinados foram derivadas de experimentos de alimentação simulando-se condições de fazenda, utilizando-se dietas completas com no mínimo 70% de digestibilidade.

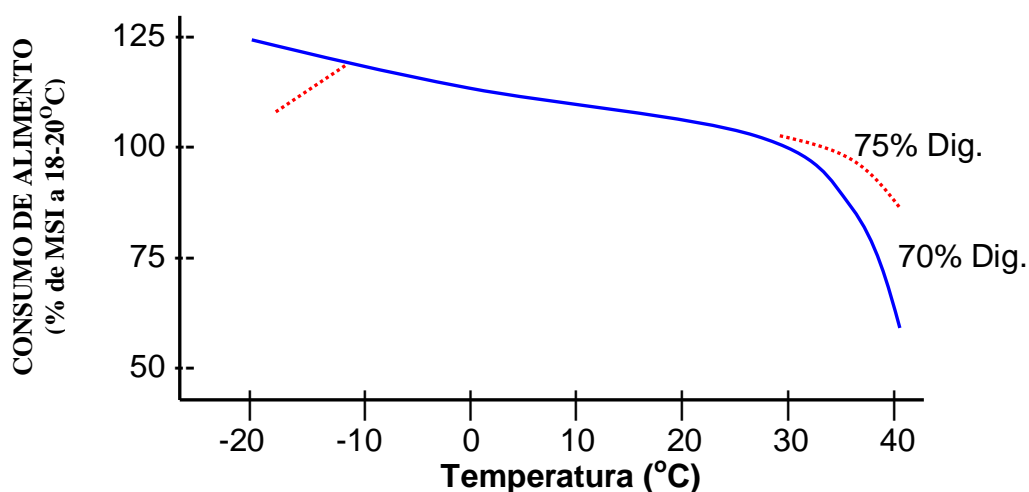


Figura 8 - Mudanças estimadas no consumo de matéria seca por bovinos confinados com ração com 70% de digestibilidade aparente ou em temperaturas acima de 27°C e 75% de digestibilidade aparente. Linhas pontilhadas indicam mudanças no comportamento (NRC, 1981a).

De 10°C a aproximadamente 25°C houve pouca mudança no consumo de alimento, mas com uma dieta com 70% de digestibilidade o consumo diário da dieta declinou rapidamente quando os bovinos foram expostos por mais que 6 horas ao dia a temperatura acima de 30°C. Aumentando-se o valor energético da ração para uma digestibilidade de 75% pareceu auxiliar na manutenção do consumo pelos animais.

Assim, é mais difícil manter o consumo por bovinos de corte em confinamento que por vacas em lactação sob condições extremas de temperatura.

Acima de 25°C o tipo de ração e o nível de temperatura afetam marcadamente o consumo, mas quando a temperatura estiver entre 0°C e 25°C, a digestibilidade da ração é mais importante que a temperatura ambiente. Embora a temperatura seja a variável ambiental mais freqüentemente associada ao consumo de alimento, os efeitos da superfície dos piquetes e a área por animal e suas interações também são importantes no consumo de alimento (ELAM, 1971; McDOWELL e HERNANDEZ URDANETA, 1975).

Há algumas evidências de estudos com bovinos de leite que o apetite de vacas cruzadas é menos influenciado pelo estresse térmico que por vacas puras. Com o elevado uso de cruzamentos na pecuária de corte, possíveis vantagens de cruzamentos sobre a eficiência alimentar durante períodos de estresse merecem atenção (NRC, 1981a).

Consumo por ovinos

Valores para predição das interações temperatura-consumo de alimento em fazendas de criação de ovinos são limitados, principalmente devido a grande maioria dos ovinos ser criada sob condições extensivas. É bem aceito que a cobertura corporal quanto à presença de velo afeta a resposta de ovinos às condições de temperatura, por interferir diretamente no estabelecimento da temperatura crítica inferior (NRC 1985).

Os valores na Tabela 3 indicam que o nível de forragem na dieta e a temperatura influenciam o consumo de alimentos. VON KEYSERLINGK e MATHISON (1993) constataram CMS 8% inferior por cordeiros em crescimento a 21°C em relação a 4,7°C. Devido o menor consumo de energia por ovinos em condições de estresse térmico, deve-se aumentar a EM por unidade de peso ganho.

Tabela 3 – Efeito da relação feno de alfafa:concentrado sobre o consumo de alimento por ovinos sob diferentes condições ambientais*

Relação feno:concentrado	Consumo (g/dia)	
Temperatura (°C)	21,0-24,1	21,0-32,5
Umidade relativa (%)	42,0-73,0	33,0-69,3
25:75	1000 ^{a1}	820 ^b
50:50	1180 ^a	1032 ^b
75:25	1050 ^b	1016 ^b
75:25+gordura	879 ^a	868 ^a
Média	1027 ^a	934 ^b

¹Médias seguidas por mesmas letras nas linhas não diferem pelo teste de Duncan (P>0,05).

*Adaptado de BHATTACHARYA e UWAYJAN (1975).

Digestibilidade e metabolizabilidade

A digestibilidade e a metabolizabilidade são medidas biológicas do valor energético ou nutricional dos alimentos e dependem não apenas da natureza física e química dos alimentos em si, como também dos animais que os ingerem, do estado fisiológico dos animais, e da quantidade de alimento consumido (NRC, 1981a).

Diferenças reconhecidas, particularmente nos processos digestivos, entre espécies pelas quais alimentos ingeridos apresentam diferentes valores nutritivos levam ao desenvolvimento de sistemas de alimentação algumas vezes independentes, incluindo tabelas de composição de alimentos para as várias espécies.

Independente de qualquer influência do ambiente sobre o crescimento vegetal e a composição ou qualidade do alimento para o animal, o ambiente influencia diretamente as funções digestivas e metabólicas do animal, destacando-se que temperaturas elevadas aumentam o esforço dos ruminantes para dissiparem calor, com aumento na frequência respiratória e cardíaca, temperatura corporal e consumo de água, com grande destaque, segundo VAN SOEST (1994) para o decréscimo no consumo de alimento. Sob estresse térmico severo nos trópicos, a habilidade dos

animais para digerir alimentos pode ser deprimida, com ênfase para as menores digestibilidades da MS, PB, EE e energia (BHATTACHARYA e HUSSAIN, 1974).

Resultados sumarizados na Tabela 4 indicam o efeito da temperatura ambiente sobre os valores de digestibilidade. A menor taxa de passagem do alimento, com maior tempo de retenção ruminal, e maior volume ruminal com aumento da temperatura ambiente, são de magnitude suficiente para alterar estimativas da digestibilidade aparente (BEEDE e COLLIER, 1986). Assim, deve-se tomar cuidados ao interpretar estimativas da digestibilidade de alimentos durante períodos em que sejam verificadas mudanças no ambiente térmico ou durante estresse térmico constante (NRC, 1981a).

Embora informações relacionando a digestibilidade das dietas ao estresse térmico não sejam de consenso geral, vários trabalhos de pesquisa tendem a suportar a hipótese que a digestibilidade aumenta durante o estresse térmico. Alguns acreditam que isto resulta do decréscimo no consumo voluntário que de um efeito direto do aumento da temperatura ambiente efetiva (NRC, 1981a). AMES e BRINK (1977) usaram ovinos tosquiados alimentados em câmaras climáticas para determinação dos efeitos da temperatura ambiente sobre a digestibilidade dos componentes da dieta. Verificou-se aumento da digestibilidade da MS, PB e ENN quando a temperatura aumentou de 15°C a 35°C (temperatura crítica inferior foi 13°C). A digestibilidade da FB aumentou quando a temperatura aumentou de 15 para 30°C, mas não aumentou em 35°C. Não foram verificadas diferenças na digestibilidade do EE durante estresse térmico. BHATTACHARYA e HUSSAIN (1974) reportaram que durante estresse térmico as dietas para ovinos apresentam menor digestibilidade da MS, PB, EE e energia, exceto para carboidratos, com maior efeito sobre as dietas com maior proporção de forragem (75%). Talvez variações nos achados relacionando estresse térmico à digestibilidade da dieta sejam alteradas pela relação forragem:concentrado. Assim, são necessários maiores conhecimentos para diferentes dietas.

Embora haja relação do apetite com a exposição ao calor, as mudanças observadas na digestibilidade dos alimentos não são apenas dependentes do consumo de alimento, uma vez estes efeitos serem também verificados quando o consumo de alimento é restringido, com maior relação do tempo de retenção médio

da forragem no rúmen com a temperatura ambiente que com o consumo de alimento (WARREN et al., 1974; KENNEDY et al., 1977).

Tabela 4 – Influência da temperatura ambiente na habilidade de bovinos e ovinos digerirem alimentos

Espécies	Nutriente	Temperatura		Variação no coeficiente de digestibilidade por cada 1°C	Fonte
		Baixa (°C)	Alta (°C)		
<i>Bovina</i>					
Novilhos Holandeses	MS ¹	18	32	+0,30	WARREN et al. (1974)
Vacas Holandesas	MS	20	32	+0,27	McDOWELL et al. (1969)
Vacas Holandesas	EB ²	20	32	+0,20	McDOWELL et al. (1969)
Novilhos Holandeses	FDA ³	18	32	+0,41	WARREN et al. (1974)
Vacas Holandesas	FDA	20	32	+0,96	McDOWELL et al. (1969)
Novilhos Holandeses	PB ⁴	18	32	+0,19	WARREN et al. (1974)
Vacas em lactação	PB	20	32	+0,35	McDOWELL et al. (1969)
<i>Ovina</i>					
Macho Awasi	MS	18,2	26,8	-0,41	BHATTACHARYA e HUSSAIN (1974)
Castrado tosquiado	MS	17	33,5	+0,33	HUERTAS et al. (1974)
Castrado tosquiado	MS	4	24	+0,18	KENNEDY et al. (1977)
Machos e fêmeas Dorset	MS	4,7	21	+0,12	VON KEYSERLINGH e MATHISON (1993)
Machos e fêmeas Dorset	MO ⁵	4,7	21	+0,22	VON KEYSERLINGH e MATHISON (1993)
Macho Awasi	EB	18,2	26,8	-0,57	BHATTACHARYA e HUSSAIN (1974)
Cordeiro crescimento	EB	0	23	0,00	MOOSE et al. (1969)
Cordeiro crescimento	EB	0	23	-0,16	MOOSE et al. (1969)
Cordeiro crescimento	EB	5	29	+0,05	MOOSE et al. (1969)
Cordeiro crescimento	EB	5	29	+0,10	MOOSE et al. (1969)
Castrado tosquiado	EB	17	33,5	-0,14	HUERTAS et al. (1974)
Machos e fêmeas Dorset	EB	4,7	21	+0,10	VON KEYSERLINGH e MATHISON (1993)
Machos e fêmeas Dorset	FDA	4,7	21	+0,17	VON KEYSERLINGH e MATHISON (1993)
Machos e fêmeas Dorset	MS	4,7	21	+0,17	VON KEYSERLINGH e MATHISON (1993)
Castrado tosquiado	PB	17	33,5	-0,38	HUERTAS et al. (1974)
Macho Awasi	PB	18,2	26,8	-0,45	BHATTACHARYA e HUSSAIN (1974)
Machos e fêmeas Dorset	PB	4,7	21	+0,06	VON KEYSERLINGH e MATHISON (1993)

¹MS=matéria seca; ²EB=energia bruta; ³FDA=fibra em detergente ácido; ⁴PB=proteína bruta;

⁵MO=matéria orgânica.

Há muitos dados relacionando o efeito da temperatura ambiente à habilidade dos ruminantes em digerirem forragem. Em ensaios com ovinos recebendo concentrado à base de grãos, em geral a digestibilidade não tem sido influenciada pela temperatura ambiente (HUERTAS et al., 1974 e NRC, 1981a). Para bubalinos,

GUIMARÃES (1998), verificou aumento em quatro pontos percentuais na digestibilidade da energia quando submetidos à temperatura entre 30,94 e 36,02°C em relação a 26,23 e 32,9°C, com a justificativa de que esta maior digestibilidade decorreu da redução de consumo em 22%.

Apesar da relação relativamente baixa do tempo de retenção de MS no rúmen com o CMS, LAREDO e MINSON (1973) determinaram uma equação para estimativa do CMS ($\text{g/kg}^{0,75}/\text{dia}$) em função do tempo de retenção (TR, h), o que sugere não desprezar também este efeito sobre o consumo da dieta:

$$\text{CMS} = 83,1 - 1,32 \text{ TR} \quad (R^2 = -0,74)$$

Segundo CUMMINS (1992), com o aumento da temperatura ruminal decresce o consumo de alimento. No entanto, este efeito pode ser atenuado pelo consumo de água fria, não se verificando efeitos diretos da temperatura do rúmen sobre as digestibilidades da MS, energia e PB, embora a temperatura ruminal tivesse aumentado após o consumo de alimento, esta retornou à condição normal em rápido intervalo de tempo (10 minutos) após consumo de água a 1°C, indicando completa mistura da fase líquida em 60 a 70 minutos, enquanto a temperatura retal permaneceu elevada por até 270 minutos (CUNNINGHAM et al., 1964), resultado confirmado por GENGLER et al. (1970), ao afirmar que a aplicação de calor ao hipotálamo ou aquecimento do rúmen através de fístula tem efeitos variáveis sobre o consumo de alimento. No entanto, VAN SOEST (1994) afirma que a temperatura corporal provavelmente seja relativamente sem importância sob condições de clima temperado, podendo ser de maior importância sob condições tropicais.

A importância da taxa de passagem no consumo e digestibilidade da dieta pelos ruminantes está claramente evidenciada (MERTENS e ELY, 1979), verificando-se aumento na digestibilidade da MS da dieta (67,0 vs. 62,8%) com aumento no tempo de retenção médio em novilhos da raça Holandesa mantidos a $32 \pm 2^\circ\text{C}$ (43,2 h), em relação aos mantidos a $17,4 \pm 1^\circ\text{C}$ (36,6 h) (WARREN et al., 1974). Durante a exposição ao calor, há redução na amplitude do peristaltismo ruminal em bovinos (ATTEBERY e JOHNSON, 1969), o que pode decorrer da redução na produção de AGVs no rúmen, por influenciar a mistura do material no seu interior, com efeito sobre os receptores neurais, em decorrência da depressão neural via sistema nervoso

central, ou possivelmente por efeitos diretos da maior temperatura ruminal sobre a musculatura ou receptores térmicos do rúmen. Neste sentido, MOODY et al. (1967) relacionam a baixa produção de AGVs no rúmen em altas temperaturas aos baixos níveis de ácido acético produzidos a partir da forragem sob estresse térmico.

Mudanças na função digestiva, verificadas em ruminantes, representadas por decréscimo do tempo de retenção no rúmen e trato digestivo como um todo e por redução na digestibilidade aparente da MS, como consequência da exposição ao frio, estão associadas ao aumento da concentração plasmática dos hormônios da tireóide, o que provavelmente resulta em maior peristaltismo do epitélio ruminal (KENNEDY et al., 1977). O efeito do estresse térmico sobre a atividade da glândula tireóide pode estar associado com a redução no peristaltismo gástrico e taxa de passagem, no entanto, são necessárias mais evidências para definição das relações entre o sistema endócrino e o funcionamento do sistema digestivo (BEEDE e COLLIER, 1986).

O efeito dos hormônios da tireóide no peristaltismo do epitélio ruminal foi confirmado em pesquisas realizadas com vacas (MILLER et al., 1974) e com ovinos (KENNEDY et al., 1977), embora os mecanismos de atuação dos hormônios não estejam devidamente esclarecidos, sendo sugerida por MILLER et al. (1974) a redução do tônus da musculatura abdominal, enquanto KENNEDY et al. (1977) afirma ser o T_3 requerido para o peristaltismo normal do intestino, mantendo-se a incerteza se a exposição ao frio facilita a ação do T_3 sobre a atividade muscular do epitélio do rúmen e retículo, por aumentar a ligação do T_3 no interior dos tecidos, ou por uma ação sinérgica das catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) sobre a ação dos hormônios da tireóide.

Efeitos do ambiente térmico sobre a digestibilidade da MS e energia podem afetar a EM do alimento, embora esta também dependa das perdas de energia pela urina e dos gases da fermentação. Estas perdas, assim como as perdas fecais, também dependem do ambiente.

As evidências indicam a influência do ambiente térmico na função digestiva e sugerem a necessidade do desenvolvimento de fatores de ajuste para dietas à base de forragem para ruminantes. No entanto, qualquer fator de ajuste sugerido pode ser apenas uma estimativa preliminar passível de refinamento por sucessivas pesquisas. Embora informações sobre os ambientes térmicos em geral não estejam disponíveis para estimativas de medidas biológicas de alimentos listados em tabelas de

composição de alimentos, assume-se que os dados em geral provêm de estudos com animais em condições de termoneutralidade.

O NRC (1981a) apresentou equação para ajuste do efeito térmico sobre a digestibilidade de constituintes dos alimentos:

$$A = B + B[C_f(T - 20)],$$

Onde:

A = valor ajustado para o ambiente;

B = valor do componente da dieta da tabela de composição de alimentos do NRC;

C_f = fator de correção (Tabela 5);

T = temperatura ambiente efetiva (°C).

Tabela 5 - Fator de correção para efeito da temperatura na digestibilidade da dieta

Componente da dieta	Fator de correção
MS	0,0016
EM, EL, NDT	0,0010
FDA	0,0037
N (PB)	0,0011

Fonte: NRC (1981a).

Deve-se destacar que esta estimativa não foi adota em publicações posteriores do *National Research Council* e que novas estimativas não surgiram. Naturalmente, a digestibilidade de alimentos é bastante comprometida por vários fatores diferentes, dentre estes, dietas e condições ambientais às quais são expostos forragens e animais em experimento. Além disso, segundo o NRC (1981a), evidências para ovinos indicam que o ajuste para efeito da temperatura na digestibilidade é mais importante para dietas com elevada proporção de forragem.

Partição da energia da dieta

Na Figura 9 está apresentada de forma esquemática a partição da energia do alimento nos animais, útil na identificação das formas como o ambiente influencia as

exigências nutricionais dos ruminantes. Onde possível, a terminologia do *Nutritional Energetics of Domestic Animals and Glossary of Energy Terms* (NRC, 1981c) foi adotada.

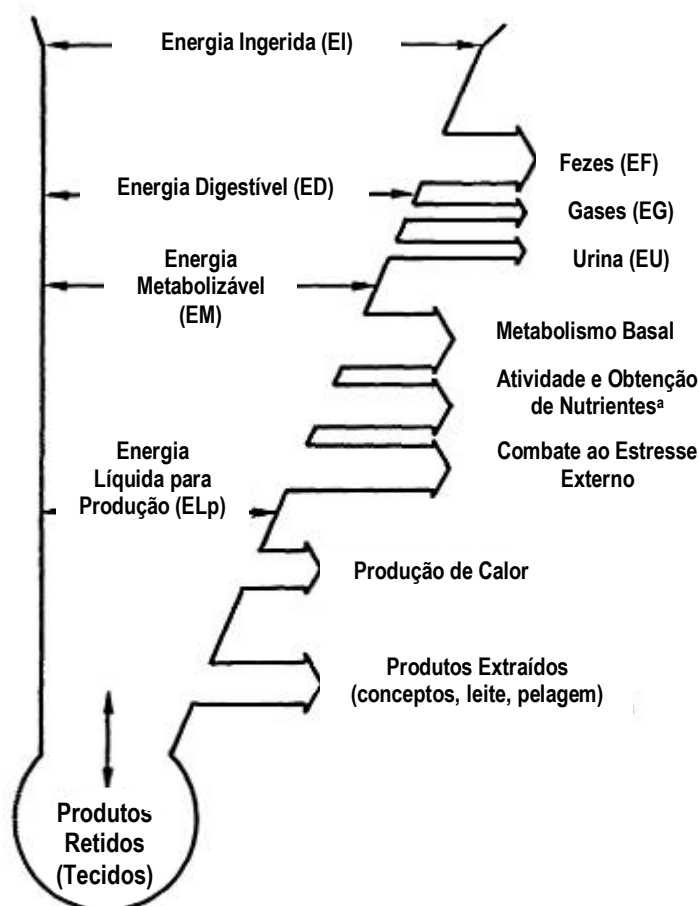


Figura 9 – Partição da energia do alimento no animal (NRC,1981).

^aIncrementos calóricos de atividade voluntária, fermentação, digestão, absorção, e metabolismo de nutrientes para funções de manutenção e produção comprometem o balanço térmico do animal em ambientes quentes.

Energia ingerida (EI) é a energia combustível ingerida diariamente, determinada a partir da densidade de energia combustível do alimento, sua oportunidade de ingestão, e o apetite do animal. O alimento não é completamente digerido ou absorvido. A fração não absorvida é perdida nas fezes e sua energia combustível é referida como energia fecal (EF). A energia digestível (ED) pode ser calculada como EI-EF. No entanto, como as fezes também contêm material endógeno, nem toda a energia combustível das fezes é originária diretamente da fração não absorvida do

alimento. Devido o componente endógeno, o valor obtido (EI-EF) é mais corretamente denominado energia digestível aparente. Da mesma forma, a energia metabolizável (EM) ingerida pode ser calculada a partir da energia ingerida menos as perdas fecais (EF), urinárias (EU) e os produtos gasosos da digestão (EG), onde, $EM = EI - EF - EU - EG$. Logo, por definição, EM ingerida é aquela disponível ao animal para funções de manutenção e produtivas (NRC, 1981c).

Funções de manutenção envolvem a utilização e oxidação da EM para (1) metabolismo basal, representado pela energia do calor envolvida na manutenção da integridade corporal através dos processos vitais, (2) atividade voluntária e obtenção de alimento, os processos de digestão, absorção, conversão do alimento às formas metabolizáveis, e a formação e excreção dos produtos residuais, e (3) combate aos estressores externos relacionados com uma imediata e direta imposição de estresse sobre o animal. Com relação à última, os animais são consistentemente expostos a vários tipos e magnitudes de estresse aos quais podem continuamente se ajustar tanto por comportamento como fisiologicamente. Os custos energéticos de estressores tais como parasitas ou patógenos são reconhecidos, porém não bem definidos. A EM oxidada para os vários processos de manutenção é liberada no animal como calor (calor de manutenção) e é finalmente liberada ao ambiente através dos mecanismos físicos de troca de calor (NRC, 1981a).

A EM para produção está disponível após atendimento às exigências de manutenção. Devido às ineficiências de síntese de produtos (calor de produção), a energia disponível para produção não é completamente incorporada aos produtos, sendo retida no crescimento de tecidos ou na engorda, ou expelida como produtos, tais como leite, pelagem ou crias. A última inclui ineficiências de síntese de produtos assim como os custos de retenção ou de liberação do produto (NRC, 1981c).

Tipicamente, os animais retêm energia como glicogênio, lipídeos e/ou proteína quando a ingestão de EM excede as exigências imediatas. Da mesma forma, a energia retida é mobilizada quando a demanda dos animais excede a energia disponível nos alimentos, como ocorre quando do manejo de engorda de vacas leiteiras secas visando a mobilização e utilização de reservas durante o pico da lactação quando o máximo de ingestão é insuficiente para atender as exigências imediatas para manutenção e níveis máximos de lactação (NRC, 1981c).

Estresse por calor ocorre quando a temperatura ambiente efetiva é maior que a temperatura crítica superior, sendo esta função da produção de calor pelo animal e da perda para o ambiente. A produção de calor pelo animal, segundo o NRC (2000) pode ser assim calculada:

$$\text{Produção de calor} = \text{EM} - \text{ER}$$

Onde EM é a energia metabolizável ingerida e ER é a energia retida, que pode incluir EL_g , EL_i , etc. (expressas em relação ao tamanho metabólico).

Durante estresse térmico os mecanismos termorregulatórios são ativados para dissipar o excesso de calor do corpo para manter a homeotermia. Assim, o calor que pode ser benéfico durante a exposição ao frio pode ser uma carga para o animal durante o estresse térmico. Por exemplo, o calor envolvido nas funções produtivas efetivamente reduz a zona de termoneutralidade, resultando em maior magnitude de estresse térmico em uma dada temperatura para produção comparada com animais em manutenção (NRC, 1981a).

Ajustes de comportamento e fisiológicos pelo animal exposto aos estressores externos afetam o consumo de energia e sua partição no organismo, a quantidade de energia disponível para produção, o nível de produtividade, e a eficiência de utilização de alimento. As influências do ambiente são tão amplas quanto as implicadas nos simples componentes de *combate de estresse externo*.

Metabolismo basal

Metabolismo basal é geralmente definido como a produção de calor por um animal em estado de repouso total, em estado pós-absortivo, consciente, não estressado termicamente (não ofegante, suado ou arrepiado) e em um ambiente de termoneutralidade. Assim, pode existir uma faixa de temperatura acima da qual o metabolismo basal pode ser determinado. Embora este estado possa ser atingido em humanos, é extremamente difícil ser atingido em outros animais. Conseqüentemente, o termo *metabolismo de jejum* tem sido adotado aos animais (NRC, 1981a e ØRSKOV e RYLE, 1990). O NRC (1981a) considera o metabolismo basal como

decorrente do resultado das mudanças químicas que ocorrem nas células dos animais visando manter a atividade vital celular, respiração e circulação.

Como há dificuldade em se determinar quando os animais ruminantes alcançam o estado após absorção, o *metabolismo de jejum* é quantificado em animais instalados em câmara respiratória, onde atividades além de levantar e deitar sejam mínimas. Um problema em ruminantes é que levam muito tempo para atingir o estado de jejum ou pós-absortivo, sendo considerado um período de cinco dias, embora ainda possa continuar ocorrendo fermentação no rúmen e intestino grosso (ØRSKOV e RYLE, 1990).

O metabolismo basal, estabelecido sob condições mínimas de produção de calor, deve ter a conotação de que os valores foram plotados como em jejum contínuo, embora o metabolismo basal esteja em lento declínio. Assim, a duração do tempo para o jejum é um critério importante a ser especificado. Há muita confusão e divergência de quando o metabolismo de jejum termina e o metabolismo basal inicia em cada espécie. A taxa de passagem do alimento através do trato digestivo pode ser um fator em que se pode basear esta decisão. Em todos os casos, a duração do período de jejum deve ser especificada. Uma característica do metabolismo de jejum é quando o quociente respiratório (QR) refletir o catabolismo da gordura. Experimentalmente isto requer de 48 a 144 h de jejum (NRC, 1981a).

A fórmula para cálculo da taxa de produção de calor metabólico pelos ruminantes por calorimetria indireta (BROUWER, 1965) é a seguinte:

$$\text{Produção total de calor (kcal/dia)} = 3,866 \times \text{O}_2, \text{ litros/dia} + 1,2 \times \text{CO}_2, \text{ litros/dia} - 0,518 \times \text{CH}_4, \\ (\text{litros/dia}) - 1,431 \times \text{N urinário (gramas/dia)}$$

Embora a quantificação do O₂ isolada não seja tão acurada como o ajuste para produção de CO₂ e de outros fatores, cálculos utilizando 4,7 kcal/litro de O₂ são mais aceitáveis (NRC, 1981a). Assume-se um quociente respiratório para o animal em jejum de 0,71, e ignora as perdas de metano e nitrogênio em não ruminantes.

Em trabalho com ovinos mestiços em engorda, SODERQUIST e KNOX (1967), em temperatura elevada controlada (35°C) verificaram o dobro das perdas totais de carbono como metano e maior produção de calor em relação à verificada quando os animais foram mantidos sob condições de temperatura ambiente (23°C). A taxa

metabólica de jejum é influenciada pela temperatura prévia às medidas metabólicas (NRC, 1981a).

A área superficial de um animal é um importante componente, devido seu papel na perda de calor e por ser positivamente correlacionada com a produção de calor. Assim, o metabolismo basal é altamente correlacionado com o peso corporal metabólico, isto é, W^x , onde x é o valor exponencial ao qual o valor W é elevado. Uma discussão detalhada da derivação de metabolismo basal= aW^x , é apresentada por KLEIBER (1961). Neste sentido, DEVENDRA e BURNS (1983) afirmam que a produção de calor metabólico de um animal relaciona-se diretamente com a superfície relativa do corpo, a qual é tanto maior quanto menor for o animal.

Valores para metabolismo basal têm sido consideravelmente variáveis inclusive entre raças similares dentro de espécies. Estes valores são obtidos em experimentos, incluindo trocas gasosas, medidas de liberação de calor e abate comparativo. KLEIBER (1961) determinou que M (como uma medida de metabolismo basal) = 70 kcal/PV^{0,75}/dia como a melhor aproximação do metabolismo basal para animais homeotérmicos, onde M é expresso em kcal e PV é o peso corporal, expresso em quilogramas. A Associação Européia de Produção Animal adotou, em 1964, a potência $\frac{3}{4}$ do peso vivo como a base de referência interespecífica.

Dados mais recentes de exigências energéticas para manutenção, utilizados em procedimentos de nutrição animal são os do NRC (1985) de 56 kcalEL/PV^{0,75}, para ovinos; do NRC (2000) de 77 kcalEL/PCV^{0,75}, para bovinos de corte, onde peso de corpo vazio (PCV) corresponde a aproximadamente 96% do peso vivo; do NRC (2001), de 80 kcalEL/PV^{0,75}, para vacas de leite adultas; e do NRC (1981b) de 101,38 kcalEM/PV^{0,75}, para caprinos, com uma eficiência a EL de 56,5%, o que resulta em uma exigência de 57 kcalEL/PV^{0,75}. Para bubalinos, ALVES e SALES (2000), em revisão apresentam dados de TEIXEIRA et al. (1987) com estimativa de 78 kcalEL/PV^{0,75} para manutenção de bubalinos para abate.

No reconhecimento das várias rotas pelas quais ocorre transferência de energia nos animais, uma pode prever que muitos fatores influenciam o metabolismo basal, tais como plano de nutrição prévio, taxa de consumo de alimento, ambiente, idade, atividade, doenças e infecções, sexo, raça, espécie, tipo e extensão da pelagem, entre outras (NRC, 1981a).

Nos animais homeotérmicos, a temperatura corporal tende a aumentar com a maior dificuldade do animal em remover calor, levando ao aumento progressivo na utilização de O₂ (AMES et al., 1971). Assim, um aumento de 10°C na temperatura corporal teoricamente resulta em um aumento dobrado na utilização de oxigênio, como revelado por uma curva em escala semilogarítmica de utilização de O₂ (log) versus temperatura corporal (aritmética). No entanto, certas raças de animais são mais eficientes em dissipação de calor, e sua resistência depende em alguma extensão do maior peso em metabolismo basal.

VAN SOEST (1994), com base em resultados de KETELAARS e TOLKAMP (1992) e TOLKAMP e KETELAARS (1992), afirma que, embora estes autores tenham obtido efeito quadrático da eficiência de utilização de O₂ sobre o consumo de alimento e que a densidade calórica otimiza a eficiência de utilização do O₂, a regulação do consumo de alimento é uma integração de vários fatores no sistema metabólico do animal, sendo perigoso tentar estabelecer um mecanismo particular devido à dificuldade de se excluir os demais fatores mesmo experimentalmente, o que também foi destacado pelo NRC (1981a).

A minimização da proporção de EM demandada para o metabolismo basal seria vantajosa na maximização da energia disponível para a síntese de produtos.

Com base no consumo de O₂, animais aclimatados a ambientes frios geralmente apresentam maior produção de calor em temperaturas acima daquelas em que a aclimação ocorreu (YOUNG, 1975ab). Esta é uma resposta à aclimação por animais com uma menor temperatura crítica superior (NRC, 1981a).

O componente comportamento dos animais relaciona-se intimamente com o nível de funções basais, e a reciprocidade do comportamento com o estágio do ciclo reprodutivo e sistemas de manejo também modificam o metabolismo basal, com muitos paralelos de respostas entre a ampla diversidade de animais que servem à humanidade (NRC, 1981a). Segundo HUERTAS et al. (1974), práticas de manejo como a tosquia de ovinos pode influenciar a produção de calor em condições basais.

LITERATURA CONSULTADA

- 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.; NELLOR, J.E.; ADAMS, T. Energy balance during heat stress in sheep. *Journal of Animal Science*, v.32, n.4, p.784-788, 1971.
- 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.).
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- McDOWELL, R.E.; HERNANDEZ-URDANETA, A. Intensive systems for beef production in the tropics. *Journal of Animal Science*, v.41, p.1228, 1975.
- 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.
- 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.
- 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*. 6th ed. Rev., Washington, D.C.: National Academy Press, 2000. 232p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. *Nutrient requirements of dairy cattle*. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381p.
- 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.
- ØRSKOV, E.R.; RYLE, M. *Energy nutrition in ruminants*. New York: Elsevier Science Publishers, 1990. 149p.
- SODERQUIST, H.G.; KNOX, K.L. Temperature-energy relationships in fattening lambs. *Journal of Animal Science*, v.26, n.4, p.930, 1967. (Abstr.).

- 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.
- 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.
- 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.

CAPÍTULO 3

Interação Plantas Forrageiras-Ambiente Térmico Sobre Consumo e Digestibilidade

Arnaud Azevêdo Alves

Ronaldo de Oliveira Sales

Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo

Abelardo Ribeiro de Azevêdo

Francisco de Assis Vasconcelos Arruda

Introdução

O estudo do comportamento ingestivo dos ruminantes, segundo Albright (1993), tem sido usado com os objetivos de avaliar os efeitos do arraçoamento ou quantidade e qualidade nutritiva de forragens, de estabelecer a relação entre comportamento ingestivo e consumo voluntário e verificar o uso potencial do conhecimento sobre o comportamento ingestivo para a melhoria do desempenho animal. O comportamento alimentar tem sido estudado relacionando as características dos alimentos, observando-se inúmeras variáveis, como tempo despendido na alimentação, ruminação, mastigação, eficiência de alimentação e eficiência de ruminação (DULPHY et al., 1980).

Para melhor compreensão do consumo diário de alimentos, é necessário estudar seus componentes individualmente, que podem ser descritos pelo número de refeições consumidas por dia, pela duração média das refeições e pela velocidade de alimentação de cada refeição. Cada um desses processos é o resultado da interação entre o metabolismo animal e as propriedades físicas e químicas da dieta, estimulando receptores da saciedade.

Com o intuito de aumentar o consumo diário, é preciso aumentar uma ou mais dessas três variáveis descritas anteriormente; entretanto, a velocidade de alimentação de cada refeição está mais relacionada com o consumo de matéria seca do que com o número de refeições diárias. Dessa forma, mensurar o comportamento de ingestão e a ruminação diária dos animais pode proporcionar mecanismos de auxílio para análise desses componentes que contribuem para o consumo diário do alimento (DADO & ALLEN, 1995).

Ruminantes em pastejo

Durante os meses de verão, ruminantes em pastejo freqüentemente apresentam sinais de *distress* com curtos períodos de pastejo do meio da manhã ao final da tarde. A restrição de pastejo é usualmente atribuída aos efeitos diretos da temperatura e radiação solar sobre o animal, mas esta não é necessariamente a forma como a interação clima-forragem também contribui para o *distress* animal.

Variações estacionais na temperatura e luminosidade afetam marcadamente a digestibilidade da MS e o conteúdo de parede celular de gramíneas e leguminosas. Sumários de digestibilidade de forrageiras de clima tropical indicam que, em média, estas apresentam digestibilidade cerca de 15 unidades percentuais inferior às de clima temperado, devido principalmente à maior proporção de parede celular e lignificação (VAN SOEST, 1994).

Outra relação importante é a associação positiva do consumo diário de MS e a digestibilidade deste constituinte, todavia, esta relação declina para forragens que crescem sob condições de temperatura elevada (LAREDO e MINSON, 1973).

A percentagem de conteúdo de parede celular (FDN) de forragens apresenta correlação negativa (-0,83) com o CMS diário, expresso pela fórmula de OSBOURN et al. (1974):

$$\text{CMS, g/kg}^{0,75}/\text{dia} = 95 - 0,73 \text{ FDN, \%}$$

Quando os animais selecionam folhas ao invés do consumo da planta inteira, o tamanho do bocado e a taxa de consumo são reduzidos, assim, características morfológicas das forrageiras, como a relação folha/caule, correlacionam-se

negativamente com o conteúdo de parede celular. Nas forrageiras produzidas em regiões tropicais, sob temperatura elevada, o rápido aumento do conteúdo de FDN e redução da digestibilidade deste constituinte com a maturação, influencia negativamente o consumo e a digestibilidade da MS, apresentando ainda maior incremento calórico, com menor utilização de energia (VAN SOEST, 1994).

Estima-se um aumento linear no tempo de ruminação de 1,05 min/g de conteúdo de parede celular (WELCH e SMITH, 1969). Ao maior custo energético para digestão do conteúdo de parede celular, associa-se a maior produção de acetato em detrimento ao propionato, o que leva o ruminante a utilizar mais intensamente aminoácidos glicogênicos, aumentando as exigências de proteína metabolizável para manutenção, além de aumentar a excreção de amônia na forma de uréia, com maior custo energético para manutenção (VAN SOEST, 1994).

O decréscimo na qualidade da forragem resultante das mudanças estacionais em temperatura tem um efeito negativo no consumo, digestibilidade, e eficiência de utilização de EM. Como resultado, a interação dos efeitos das condições climáticas sobre as forragens complica estimativas derivadas dos efeitos diretos da temperatura sobre o consumo por ruminantes em pastejo (NRC, 1981a).

LITERATURA CONSULTADA

ALBRIGHT, J.L. Nutrition, feeding and calves: feeding behavior of dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 76, n. 2, p. 458-498, 1993.

DADO, R.G.; ALLEN, M.S. Intake limitations, feeding behavior and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 78, n. 1, p. 118-133, 1995.

DULPHY, J.P. et al. Ingestive behaviour and related activities in ruminants. In: RUCKEBUSCH, Y.; THIVEND, P. (Ed.). *Digestive physiology and metabolism in ruminants*. Lancaster:MTP, 1980. p. 103 - 122.

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.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. *Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals*. Washington D.C.: National Academy Press, 1981a. 152p.

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.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2th ed. Ithaca, New York: Cornell University, 1994. 476p.

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.

CAPÍTULO 4

Interação Água-Ambiente

Arnaud Azevêdo Alves

Ronaldo de Oliveira Sales

Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo

Abelardo Ribeiro de Azevêdo

Francisco de Assis Vasconcelos Arruda

Introdução

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 (NRC, 2001), cujo consumo está sujeito a marcantes efeitos de interação com o ambiente. Muitas estimativas das necessidades de água são baseadas no seu consumo sob condições à vontade (NRC, 1981a).

Fontes de água

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, e (3) água de bebida (BEEDE e COLLIER, 1986). O catabolismo de 1 kg de gordura, carboidrato ou proteína produz 1.190, 560 ou 450 g de água, respectivamente (NRC, 1981a). Apesar desta produção de água metabólica, o NRC (2001) a considera quantitativamente uma fonte insignificante em relação à água livre para bebida e a contida nos alimentos, embora o NRC (1981a) considere a

água metabólica importante durante os períodos de balanço energético negativo, quando os depósitos de tecidos adiposo e protéico estão sendo utilizados.

A água contida nos alimentos é bastante variável. Pode variar de menos de 8% em grãos secos a cerca de 90% em gramíneas no início do crescimento. Além disso, a quantidade de orvalho ou precipitação sobre as gramíneas no momento do pastejo é sujeita a amplas variações (NRC, 1981a).

Perdas de água

As perdas de água pelos animais ocorrem principalmente através de: (1) urina, (2) fezes, e (3) evaporação da superfície corporal e trato respiratório, embora bovinos sob estresse e outras espécies possam perder uma significativa quantidade de água através 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 esta quantidade mínima de água denominada *água obrigatória* (CHURCH et al., 1995).

Com o aumento na 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 (NRC, 2001). HUERTAS et al. (1974), verificaram efeito quadrático da temperatura ambiente nas faixas de 12-15°C a 32-35°C sobre o consumo de água por ovinos tosquiados, com a regressão $\hat{Y} = -983,329 + 1,1625X + 1,6425X^2$, $R^2 = 0,85$. Merece destaque o fato de que sob condições de estresse calórico os ovinos não apresentaram relação positiva do consumo de água com o CMS, o que também foi constatado por SOUTO et al. (1990b), indicando que o consumo de água está mais relacionado à temperatura ambiente, devendo-se considerar esta relação no estabelecimento das exigências de água por ovinos. Verificou-se aumento na excreção urinária com o aumento da temperatura ambiente, provavelmente como mecanismo de dissipação de calor corporal associado a outros processos de regulação térmica.

Na Tabela 6 está apresentado o efeito da temperatura ambiente sobre as vias de perdas de água por vacas de leite consumindo água à vontade. Estes dados indicam um aumento na excreção urinária de 73,1% e uma redução da água fecal de 82,1% sob estresse térmico. BACCARI JR. et al. (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	
	18°C	32°C
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: adaptada de CHURCH et al. (1995).

As perdas de água pelas fezes são substanciais nos ruminantes, aproximadamente equivalente às perdas urinárias. A natureza das dietas dos ruminantes, em geral com elevado teor de fibra, requer proporcionalmente mais água para carrear o alimento ingerido através do trato gastrintestinal que nos não ruminantes. O teor de fibra não é, todavia, razão suficiente para explicar o teor de água nas fezes. Por exemplo, as fezes bovinas contêm 75-85% de água, enquanto as fezes de caprinos e ovinos possuem 60 a 65% de água. A habilidade para reabsorver água no trato inferior e excretar péletes fecais mais secos é presumivelmente um mecanismo de conservação de água em pequenos ruminantes (NRC, 1981a).

As perdas de água pelo trato respiratório são extremamente variáveis, dependendo da umidade relativa e taxa respiratória. O ar expirado é saturado em água em cerca de 90%, assim, sob condições de baixa umidade relativa, as perdas

respiratórias são elevadas. Por outro lado, as perdas são baixas quando o ar inspirado está próximo à saturação. Quando a frequência respiratória aumenta em resposta à elevação da temperatura ou a outro estímulo comportamental, a taxa de perda de água pela respiração é aumentada, isto é, bovinos podem perder 23 ml/m²/h a 27°C e até 50 ml/m²/h sob estresse térmico severo (NRC, 1981a).

Apesar da 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 termos 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 et al., 1982). Neste sentido, SILVA (2000) afirma que quanto maior a resposta de um animal em termos 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 termos de sudorese

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

Fonte: SILVA (2000), a partir de dados de FINCH et al. (1982).

Fatores que afetam o consumo de água

Há vários fatores que influenciam o consumo de água, tais como espécie animal, condição fisiológica do animal, nível de CMS, forma física da dieta, disponibilidade de

água, qualidade da água, temperatura da água oferecida, e temperatura ambiente (NRC, 1981a).

Diferença interespecíficas

Segundo o NRC (1970), os bovinos de corte *B. indicus*, em média, consomem menos água que os *B. taurus*. Embora alguns trabalhos apresentem variações no consumo de água entre taurinos e zebuínos, segundo o NRC (1981a), quando os dados são expressos com base no tamanho metabólico e de CMS, as diferenças interespecíficas tornam-se desprezíveis.

Diferenças no consumo de água entre ovinos e bovinos podem ser amplas, devido a alguns fatores já discutidos, embora futuras pesquisas devam ser realizadas para explicar as diferenças potenciais entre *B. indicus* e *B. taurus* e entre bovinos e bubalinos (NRC, 1981a).

Estágio fisiológico

Ovinos jovens geralmente apresentam maior consumo de água por quilograma de MS ingerida que animais mais velhos (AFRC, 1980). Ovelhas prenhes de gêmeos consomem o dobro da quantidade de água que ovelhas não prenhes ou com apenas um feto, 138% acima das ovelhas não prenhes. Quando corrigido para conteúdo de água do leite, ovelhas lactantes consomem 100 a 164% mais água que ovelhas secas (FORBES, 1968; citado pelo NRC, 1981a). Ovelhas no final da prenhez, prenhes de um e dois fetos, sob temperatura ambiente superior a 20°C apresentam consumo de água 13,5 e 34,7%, respectivamente, maior que no meio da gestação (AFRC, 1980). O AFRC (1980) representa um bom referencial para a quantificação de água para ruminantes segundo o estágio fisiológico, devendo ser consultado neste sentido. Segundo o NRC (1970), vacas em lactação consomem mais água que vacas secas.

Frequência de bebida de água

Quando bovinos em pastejo têm água à vontade bebem 2 a 8 vezes em 24 horas (NRC, 1981a). Em geral, o consumo de água, particularmente por vacas em

lactação, depende da disponibilidade. Sob condições de pastejo extensivo em áreas secas, o consumo de água por ovinos ou bovinos reduz com a distância à fonte de água. O consumo de água por ovinos reduziu significativamente, cerca de 7,8 g/kg, quando a distância entre alimento e água aumentou de 2,4 para 5,6 km (DAWS e SQUIRES, 1974).

Caprinos em pastagem nativa rebaixada durante a estação seca, quando a temperatura média era 28,5°C e a máxima 35,5°C e a umidade relativa do ar 57%, consumiram água duas vezes ao dia, em curtos períodos, a primeira antes das 12 horas e a segunda à tarde (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 1992).

A forma física da dieta influencia o consumo de água (Tabela 8). Quando a alfafa foi fornecida sob a forma de feno ou silagem, novilhas da raça holandesa, alimentadas com silagem, apresentaram maior consumo total de água (água livre + água do alimento) e secretaram mais urina que as novilhas alimentadas apenas com feno. Os teores de NaCl na água de bebida influencia substancialmente o consumo de água, ocorrendo interação entre o consumo de água quanto ao teor de NaCl e a temperatura ambiente (WEETH e HAVERLAND, 1961).

Tabela 8 – Efeito da dieta sobre o consumo de água por novilhas da raça Holandesa

	Experimento 1: Manutença			
	Feno de alfafa	Feno Peletizado	½Feno: ½grão	45%Feno: 55%Silagem
Água consumida (kg/kgMS)				
Água no alimento	0,14	0,14	0,14	1,40
Água de bebida	3,57	3,10	3,16	2,84
Total de água ingerida	3,71	3,24	3,30	4,25
	Experimento 2			
	Feno		Silagem	
	À vontade	Manutença	À vontade	Manutença
Água consumida (kg/kgMS)				
Água no alimento	0,11	0,12	3,38	3,38
Água de bebida	3,36	3,66	1,55	1,38
Total de água ingerida	3,48	3,79	4,93	4,76
Urina (kg/kg de água ingerida)	0,93	1,14	1,85	1,68

Fonte: WALDO et al. (1965).

Níveis de proteína e NaCl na dieta também influenciam o consumo de água (HIGGINBOTHAM et al., 1989), com destaque para a qualidade da proteína quanto à degradabilidade, uma vez se verificar aumento no consumo de água de até 15% quando a dieta com 18,5% de PB teve sua degradabilidade aumentada de 58,3% para 65,3% (HIGGINBOTHAM et al., 1989).

Temperatura da água

A temperatura da água de beber tem apenas um ligeiro efeito no comportamento e desempenho animal (NRC, 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 CMS (WILKS et al., 1990), no entanto, em muitas condições, estas respostas não justificariam os custos adicionais para resfriamento da água (NRC, 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, esta prática pode resultar em relevância econômica em áreas com elevada temperatura ambiente e umidade relativa. O efeito da temperatura da água em relação ao seu consumo é variável (NRC, 1981a). 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).

Quando bovinos da raça Hereford foram agrupados em lote seco onde a temperatura máxima diária era 38°C, a redução da temperatura da água de 31°C para 18,3°C resultou em declínio no consumo de água com aumento nos ganhos diários de peso (ITTNER et al., 1951). No entanto, para uma média diária de temperatura ambiente máxima 31°C, não foi verificado efeito do resfriamento da água de 29°C a 18°C sobre o desempenho de bovinos de corte confinados recebendo uma dieta contendo elevada proporção de forragem (HARRIS et al., 1967). MILAM et al. (1986) não verificaram diferença no consumo de água a 10°C (10,5 litros/dia) e 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 sob condições ambientais de Viçosa, MG, Brasil, com temperatura ambiente 21,8°C (9h) e 26,5°C (15h) e umidade relativa 68,9% (9h) e 49,6% (15h), foi avaliado por BARBOSA et al. (1983), 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.

Temperatura ambiente como determinante do consumo de água

Apesar de vários experimentos demonstrarem correlações positivas entre consumo de água e temperatura ambiente, outros fatores são importantes no estabelecimento das necessidades de água pelos animais (NRC, 1981a).

Bovinos: Sob condições térmicas controladas os bovinos tendem a aumentar o consumo de água com o aumento da temperatura, com maior efeito em *B. taurus* que em *B. indicus* (WINCHESTER e MORRIS, 1956), sendo 27°C a temperatura em que maiores variações no consumo por vacas em lactação foram notadas (Tabela 9). Abaixo desta temperatura, o consumo de água é considerado uma função do CMS (WINCHESTER e MORRIS, 1956 e McDOWELL et al., 1969).

Tabela 9 – Consumo de água de beber e NDT por novilhas Pardo-Suíça, Holandesa e Jersey sob várias condições de temperatura*

Temperatura do ar (°C)	Kg água/kg NDT	Kg NDT/dia	Kg água/dia
2	4,7	4,7	22,1
10	5,2	4,2	22,1
21	7,2	4,2	28,0
27	9,0	4,0	34,7
32	22,2	3,0	53,7
35	24,8	2,9	60,3

*Média de peso corporal 361 kg (variação de 263 a 417 kg).

Fonte: NRC (1981a).

Segundo o NRC (2001), o consumo de água livre por vacas de leite foi estimado a partir da temperatura e demais condições ambientais, em duas pesquisas (MURPHY et al., 1983 e HOLTER e URBAN JR., 1992), gerando equações para estimativa do consumo de água livre (CAL), a seguir apresentadas:

$$\text{CAL, kg/dia} = 15,99 + 1,58 \times \text{CMS, kg/dia} + 0,9 \times \text{PROD, kg/dia} + 0,05 \times \text{CNa, g} + 1,2 \times \text{TMIN, } ^\circ\text{C}$$

Onde:

CAL = Consumo de água livre;

CMS = Consumo de matéria seca;

PROD = Produção de leite;

CNa = Consumo de Sódio;

TMIN = Média de temperatura mínima semanal.

MURPHY et al. (1983)

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

Onde:

CAL = Consumo de água livre;

CMS = Consumo de matéria seca;

PROD = Produção de leite;

MS = Matéria seca total da dieta.

HOLTER e URBAN JR. (1992)

A equação proposta por MURPHY et al. (1983) inclui uma variável associada com a temperatura mínima semanal, indicando um acréscimo de 1,2 kg de água por variação de 1°C na temperatura mínima, com aumento no consumo de água livre em cerca de 25% com aumento da temperatura mínima de 0 para 25°C, enquanto a equação de HOLTER e URBAN JR. (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 desta equação, as condições climáticas para as quais foi estabelecida são difíceis de repetibilidade em outras regiões, sendo preferível a adoção da equação de MURPHY et al. (1983), que considera a temperatura mínima média semanal.

Sob condições de ambiente controlado, não se tem verificado efeito apreciável da mudança na velocidade do ar de 0,64 para 12,9 km/h no consumo de água a -8, 10, 18 e 27°C (NRC, 1981a).

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

A correlação do consumo de água por bovinos sob condição ambiente é menos clara, devido os fatores de confundimento.

Quando o máximo de temperatura ambiente para bovinos em pastejo varia de 13 a 28°C, o consumo de água é correlacionado positivamente com a temperatura máxima, MS da forragem e horas diárias de luminosidade, mas correlacionado negativamente com a pluviosidade e umidade relativa, como ilustrado na Tabela 10.

Tabela 10 – Correlação entre consumo de água de beber e variáveis climáticas e de produção de vacas da raça Holandesa em lactação

Variável	Coeficiente de correlação	Significância (valor de P)
Máxima temperatura do ar	+0,57	<0,05
Pluviosidade	-0,57	<0,05
Umidade relativa	-0,82	<0,01
Luminosidade	+0,86	<0,01
MS da forragem	+0,52	Ns
Produção de leite	+0,36	Ns

Fonte: NRC (1981a).

Há dificuldade da caracterização das necessidades de água, devido ao confundimento com as mudanças no comportamento animal e à possibilidade de que os animais possam utilizar muita água para manter a sensação de enchimento ruminal, o que pode resultar em reduzida ingestão de alimento. Os dados da Tabela 9 ilustram este fato. O kg de água/kg de NDT consumido aumentou muito rápido acima de 27°C e a ingestão total de água, mas o kg de NDT decresceu em 30%. Não é provável ocorrer sob condições de campo este marcante declínio no consumo de NDT/dia, assim, as estimativas de consumo de água baseadas neste experimento parecem anormalmente altas para recomendações gerais (NRC, 1981a). O consumo de água por vacas de leite segundo a produção de leite, o peso vivo das vacas e a temperatura ambiente estabelecido pelo AFRC (1980) está apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 - Consumo total de água por vacas em lactação (kg/vaca/dia)

Produção de leite (kg/dia)	Peso vivo (kg)	Temperatura ambiente (°C)			
		-17-+10	11-15	16-20	21-25
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: AFRC (1980).

A *temperatura prévia* a que os animais estiveram expostos afeta marcadamente o nível de consumo de água. Novilhas Shorthorn transferidas de um ambiente frio (6°C) para uma sala climática com temperatura controlada em 32°C, apresentaram maior aumento no consumo de água que novilhas transferidas de ambiente com temperatura a 32°C. Após os dois grupos terem sido ajustados a 32°C por

aproximadamente 10 semanas, o consumo de água tornou-se equilibrado em um nível de 1,8 vezes o nível de consumo do grupo controle sob condições frias. Após a terceira semana de exposição, o consumo de alimento estava no nível de pré-exposição, mas a taxa de ganho de peso vivo foi 12,5% menor que a taxa do grupo controle (0,81 kg/dia).

Na Figura 10 verifica-se que a estimativa de consumo de água por bovinos não lactantes (kg de água/kg de MS ingerida) aumenta mais rápido acima de 25°C, devido o início da sudorese e aumento na taxa respiratória. A 35°C ou mais é virtualmente impossível elevar o consumo de alimento. As necessidades fisiológicas estimadas são de 10 kg de água/kg de matéria seca aos 40°C, mas usualmente os bovinos estão tão submetidos ao *distress* que o comportamento torna-se variável, levando a aumentos marcantes no consumo de água (B₁) ou até mesmo a declínio (B₂).

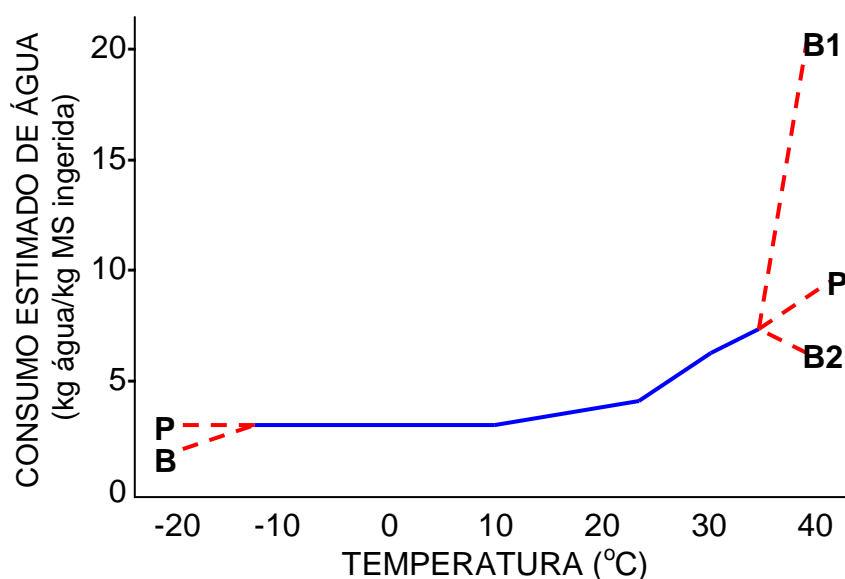


Figura 10 – Estimativas de consumo de água livre por bovinos não lactantes em temperaturas variáveis entre -10 e 35°C; linhas sólidas com extensões “P” na parte superior e inferior denotam “necessidades fisiológicas”; “B₁” e “B₂” indica comportamento em temperatura extrema.

O consumo de água por bovinos aumenta com o incremento da temperatura ambiente até os 35°C, mas a temperaturas superiores reduz o consumo de água devido à inatividade e ao menor CMS. Temperatura inferior a 35° associada à elevada umidade relativa do ar causa efeitos similares. Raramente o nível de estresse

acima dos 35°C ocorre durante o dia, sendo mais comum ocorrer abaixo dos 35°C (NRC, 1981a). O aumento extremo no consumo de água na Tabela 11 parece mais uma função da redução no CMS como efeito direto do estresse. Sob temperatura máxima diária de aproximadamente 38°C, o consumo de água por bovinos parece positivamente relacionado com a temperatura, mas a 40°C ou mais, o consumo de água pode declinar ou aumentar rapidamente (DAWS e SQUIRES, 1974).

Ovinos: A relação entre consumo de água e temperatura ambiente por ovinos parece um paralelo em relação aos bovinos. O consumo de água por ovinos segundo a categoria animal e a temperatura ambiente estabelecido pelo AFRC (1980) está apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 - Consumo de água por ovinos (kg/kg de MS ingerida)

Categoria animal	Temperatura ambiente (°C)		
	< 16	16-20	> 20
Cordeiros com até 4 semanas	4,0	5,0	6,0
Ovino em crescimento ou adulto não prenhe e não lactante	2,0	2,5	3,0
<i>Ovelhas</i>			
Meio da gestação, um feto	2,5	3,1	3,7
Final da gestação, um feto	2,8	3,5	4,2
Meio da gestação, dois fetos	3,3	4,1	4,9
Final da gestação, dois fetos	4,4	5,5	6,6
No primeiro mês de lactação	4,0	5,0	6,0
No segundo mês de lactação	3,0	3,7	4,5
No final da lactação	2,5	3,1	3,7

Fonte: AFRC (1980).

Na Austrália tropical e em outras áreas, vários testes têm sido realizados para avaliar a influência da seca e temperatura sobre a tolerância de vários tipos de ovinos à desidratação. Ovinos Merinos Australianos demonstram ter maior tolerância à falta de água que ovinos de raças Europeias (NRC, 1981a).

As necessidades reais de água de bebida são difíceis de estabelecimento, devido à ação de vários fatores. Há relação positiva entre temperatura e quantidade

de água consumida pelos animais, visando baixar a temperatura do rúmen, como uma transição para manter o balanço térmico até que os processos fisiológicos possam se ajustar ao novo ambiente. Além disso, animais sob estresse térmico agudo ingerem água para substituir parte do alimento. É muito improvável que as necessidades reais aumentem em 400 a 500% aos 30°C ou acima. No entanto, o consumo de água quantificado apenas como esvaziamento do bebedouro pode sofrer efeito da imersão de parte do corpo dos animais em resposta ao calor ou da evaporação (NRC, 1981a). SOUTO et al. (1990b) verificaram aumento de 346% no consumo de água por ovinos em engorda quando a temperatura ambiente aumentou da faixa dos 22 a 25°C para a faixa dos 32 a 35°C. Neste trabalho houve quantificação da água evaporada do bebedouro para correção deste fator.

A ingestão de água de beber por unidade de MS ingerida geralmente permanece aproximadamente constante até cerca de 27°C. Neste nível, o consumo de água aumenta relativamente rápido em resposta ao estresse, mas após um período de aclimação ou talvez várias semanas, o consumo pode declinar até próximo ao do menor nível térmico. Quando do estabelecimento das exigências de água, deve-se considerar que raramente os animais da fazenda encontram-se sob constante estresse térmico durante todo o dia (NRC, 1981a).

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 alimentacion 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.

CAPÍTULO 5

Eficiência Nutricional

Arnaud Azevêdo Alves

Ronaldo de Oliveira Sales

Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo

Abelardo Ribeiro de Azevêdo

Francisco de Assis Vasconcelos Arruda

Introdução

Eficiência é a relação entre o consumo e a produção. Vários esquemas para quantificação da eficiência de conversão de alimento ingerido em produto animal são apresentados pelo NRC (1981a). Para animais, a eficiência total (bruta) é calculada como a seguir:

$$\text{Eficiência total} = \text{Total produzido} \times 100 / \text{Total consumido}$$

O termo “eficiência alimentar” é mais comumente usado para relacionar peso de alimento consumido a peso de produto animal (relação alimento/ganho) e pode ser confundido às vezes devido relacionar pesos que em essência não seriam realmente comparáveis.

É mais recomendável considerar o ambiente e eficiência para calcular a eficiência total em termos calóricos para obter um termo eficiência energética como a seguir:

$$\text{Eficiência energética total} = \text{Ganho energético total} \times 100 / \text{Consumo total de energia}$$

Eficiência parcial é definida como a mudança observada em ganho para um determinado consumo de alimento, expresso em percentagem:

$$\text{Eficiência parcial} = \Delta\text{Ganho de energia} \times 100 / \Delta\text{Consumo de energia}$$

Como por definição, ganhos não ocorrem em ou abaixo de manutenção, o nível de alimentação de manutenção pode ser usado como um ponto de partida para o cálculo da eficiência parcial:

$$\text{Eficiência parcial} = \text{Ganho de energia} \times 100 / \text{Consumo de energia} - \text{Manutenção}$$

Eficiência parcial é a habilidade para conversão do suprimento de energia acima da manutenção para estocagem como energia química em termos de crescimento ou produto. Os ganhos do animal podem variar consideravelmente dependendo da relação gordura/proteína; assim, a eficiência de retenção de energia (eficiência parcial) varia com a composição do ganho, devido o custo de síntese de gordura diferir do custo para síntese de proteína. Quando a eficiência de produção utilizando energia acima da manutenção (eficiência parcial) é alterada, a eficiência total também é afetada. Quando todos os fatores são considerados, o ambiente tem pouco efeito sobre a eficiência parcial.

Mudanças na eficiência total não inferem em mudanças na eficiência parcial. Geralmente o ambiente influencia a eficiência total por afetar as taxas de consumo e exigência de energia para manutenção. Ambientes adversos alteram a eficiência de conversão de alimentos a produtos animais e, portanto, são importantes economicamente para estudar. O fato de que o ambiente climático altera a relação de produção por unidade de consumo tem levado a pesquisas variadas visando descrever o efeito do ambiente ou modificação ambiental na eficiência de conversão de alimento a produto.

AMES e BRINK (1977) verificaram redução na eficiência alimentar de ovinos expostos a ambiente quente (35°C) em relação à zona de termoneutralidade, definida como a zona de mínima produção de calor, entre 18 e 25°C. O calor resulta em menor eficiência de produção de leite estabelecida como kg de leite/Mcal de energia do alimento (NRC, 1981a). A eficiência alimentar (McalED/kg de leite) por vacas da raça Holandesa foi 20,9% menor sob estresse térmico (32,2°C) em relação à temperatura de 15 a 24°C (MOODY et al., 1967).

Enquanto os valores de temperatura e eficiência podem diferir para animais com diferentes isolamentos ambientais, dietas, etc., ou para diferentes espécies e produtos, o mesmo padrão geral de reduzida eficiência energética é consistente entre animais expostos a ambientes estressores. Esta reduzida eficiência energética, por sua vez, causa perdas econômicas. Os produtores são geralmente obrigados a incorporar sistemas de manejo para melhorar a eficiência energética quando ocorrem desvantagens econômicas.

Quando expostos ao calor, a combinação do consumo reduzido com o aumento na produção de calor resulta em reduzida eficiência para animais em crescimento.

A melhor eficiência energética aparente para produção de leite comparada à produção de tecido corporal por animais em crescimento é explicada por não ser incluído no cálculo da eficiência calórica a energia necessária para deposição de gordura nos adipócitos e, quando da redução do consumo sob estresse térmico, o catabolismo destas reservas atende às demandas energéticas, enquanto para animais em crescimento apenas a energia ingerida é usada no cálculo da eficiência calórica. O catabolismo de tecidos estocados em animais em crescimento resulta em menor eficiência energética, embora se busque uma menor percentagem de gordura na carcaça. Às vezes há sistemas de manejo em que se utiliza a habilidade dos animais em alternar períodos de reduzida quantidade de alimento ou qualidade e então recompôr tecidos quando as dietas forem mais favoráveis ao ganho compensatório (NRC, 1981a).

Variáveis climáticas específicas alteram a eficiência total, com destaque para o efeito de temperaturas ambientes efetivas quando da relação dos efeitos do ambiente climático no desempenho animal. Medidas de eficiência em termos breves pode levar a conclusões incorretas devido diferenças no status nutricional prévio do animal devido, por exemplo, animais que tenham recebido alimentação restrita compensarem com aumento na eficiência alimentar quando passam à alimentação à vontade (NRC, 1981a).

O impacto do ambiente sobre o fluxo de energia em termos de consumo de energia e disponibilidade para crescimento pode afetar diretamente a utilização de outros nutrientes, devido em muitos casos as exigências de nutrientes ser uma função da disponibilidade de energia (NRC, 1981a). Neste sentido, BRINK e AMES (1975) constataram que sob estresse térmico aumenta a necessidade de EL_m em

detrimento à EL_g , levando à menor eficiência de uso da proteína da dieta para o crescimento de ovinos (Tabela 13), sugerindo-se ajustes entre energia e proteína para ambientes térmicos onde estes animais sejam explorados. Assim, se justifica a necessidade de se considerar a disponibilidade de energia quando do estresse ambiental e ajustar rações para melhorar a eficiência de utilização dos demais nutrientes.

Tabela 13 – Ganho de peso médio diário (g), desvio do ganho predito (g), e eficiência de uso da PB (gramas de peso ganho/gramas de PB) de ovinos em crescimento submetidos a diferentes temperaturas ambiente*

Temperatura (°C)	Ganho de peso (g)	Desvio em relação ao ganho predito (g)	Peso vivo ganho (g)/g de PB
-5	77	-115	0,08
0	95	-77	0,11
5	81	-66	0,10
10	236	+135	0,33
15	231	+56	0,31
20	158	+34	0,22
30	154	+52	0,22
35	27	-19	0,05

*Adaptado de BRINK e AMES (1975).

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.
- MALOIY, 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.

CAPÍTULO 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, aumenta 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 EL/dia , os dados atualmente disponíveis, segundo o NRC (2001), são insuficientes para quantificar estes efeitos com acurácia.

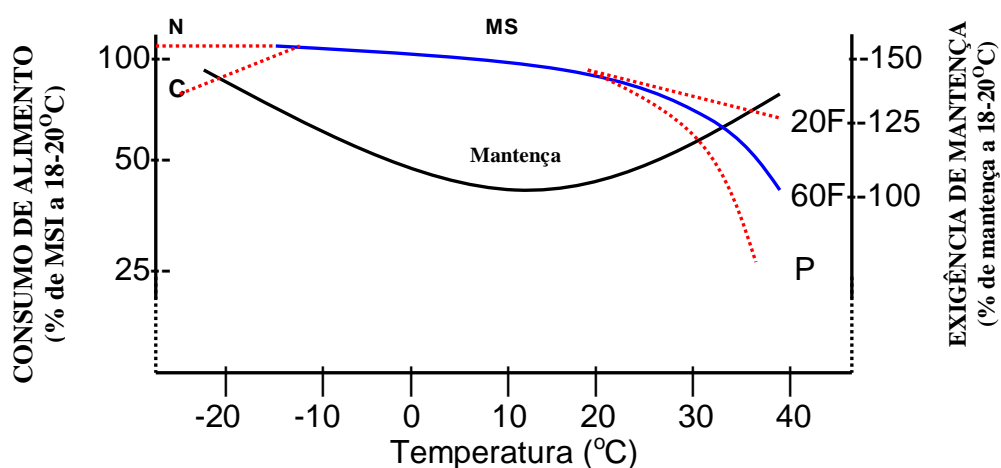


Figura 11 – Exigências estimadas para manutenção de vaca leiteiras com 600 kg em temperatura variável de -15 a 40°C ; variação percentual no CMS, como porcentagem do consumo a 18 a 20°C , em função da temperatura, nas relações forragem:concentrado 60:40 (60F) e 20:80 (20F) ou apenas a pasto (P); N=necessidades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

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).

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.

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 McalEL₁ 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 CO₂ e ácido carbônico no sangue, causando uma alcalose respiratória e induzindo a uma perda compensatória de íons bicarbonato pelos rins. Perdas de HCO₃ 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 °C acima da temperatura mínima de 19 a 20°C foi estabelecida para vacas da raça Holandesa em lactação por CUMMINS (1992), como:

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

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 media 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:

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

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:

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

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 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:

$$a2 = 0,0007 \times (20 - \text{TempPrev})$$

Onde:

a2=ajuste para manutenção em função da temperatura prévia ((Mcal/dia/(0,96kgPV)^{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:

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

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 sofreriam 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 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
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 entre 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 percentagem 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 (°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.

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

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	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).

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.

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 alimentacion 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°. 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.
- MALOIY, 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.

