

**ESTIMATIVA DE PERDA DE CALOR SENSÍVEL SOB ESTRESSE
POR FRIO EM CORDEIROS CONFINADOS
ESTIMATING SENSIBLE HEAT LOSS IN CONFINED LAMB UNDER
COLD STRESS**

Afonso N. HOSTALÁCIO¹

Márcia C. MATOS¹

Márcio R. SOUZA¹

Ruben Alejandro OVELAR CENTURION¹

Irenilza de A. NÄÄS²

RESUMO

Com o objetivo de estimar a perda de calor sensível em cordeiros em confinamento e quantificar a energia metabolizável utilizada para manutenção da temperatura corporal, sob estresse térmico pelo frio, foram utilizados 24 cordeiros cruzados e não castrados, (média de 120 dias de idade, 26,3 kg de peso vivo e sob dieta com 2,94 kcal animal⁻¹ dia de energia metabolizável). Destes, selecionou-se aleatoriamente seis animais, que foram referência para coleta dos seguintes parâmetros do ambiente de alojamento: temperatura do ar mínima e máxima, velocidade do ar, umidade relativa do ar e luminosidade. Para estimar o gasto energético foram consideradas as temperaturas superficiais médias das regiões de cabeça, orelhas e pernas, obtidas com o auxílio da câmara termográfica infravermelho e respectivo *software*. Durante o período foi verificado que a temperatura ambiente ficou abaixo da zona de conforto térmico e que a temperatura superficial corporal média dos cordeiros foi de 11,48 ± 0,92 °C, indicando que houve uma interação entre os parâmetros climáticos avaliados, promovendo o resfriamento do ambiente e influenciando na redução da temperatura superficial. A dissipação total de calor sensível por animal nas partes analisadas foi de 39,18 W, o que corresponde ao consumo de 0,388 kcal 12 h⁻¹. Constatou-se que, 26,4% da energia metabolizável diária ingerida pelos cordeiros, nos dias de temperatura abaixo da zona de conforto térmico, foi utilizada para termogênese. Contudo, foi verificado que, por estarem abaixo da zona de conforto térmico, os cordeiros dissiparam o calor sensível por convecção e radiação, utilizando parte da energia metabolizável da dieta para manter a temperatura corporal, situação que pode acarretar perdas econômicas para a produção.

Palavras-chave: energia metabolizável, ovinos, termografia

¹ Mestrando em Zootecnia-UFGD. afonsohostalacio@hotmail.com

² Pesquisadora Visitante Senior-UFGD.

ABSTRACT

This study aimed to estimate the loss of sensible heat in feedlot of lambs and to quantify the metabolic energy to maintain body temperature under cold stress. Twenty four crossbred lambs (mean 120 days of age, 26.3 kg of body weight and on diet with 2.94 kcal animal⁻¹ day of metabolic energy). Six animals were randomly selected and used like reference to the rearing environmental parameters: minimum and maximum air temperature, air velocity, relative humidity and lighting. To estimate the average energy expenditure surface temperatures in the regions of head, ears and legs were considered, using the infrared thermal images and corresponding software. During the period the temperature was below the thermal comfort zone, and that the lambs' average body surface temperature was 11.48 ± 0.92° C, indicating that there was an interaction between climatic parameters evaluated which promoted cooling of the environment and influenced the reduction of the animals' surface temperature. The total dissipation of sensible heat in the animals' analyzed parts was 39.18 W, which corresponds to the consumption of 0.388 kcal 12 h⁻¹. It was found that 26.4% of daily metabolic energy intake by the lambs in the days of temperature below the thermal comfort zone was used for thermogenesis. However, it was verified the animals were housed below the zone of thermal comfort, and that the sensible heat dissipated by convection and radiation, using part of metabolic energy to maintain body temperature, which might lead to economic losses of production.

Key words: metabolic energy, sheep, thermography

INTRODUÇÃO

A ovinocultura é uma atividade caracterizada pela alta eficiência produtiva e o rápido retorno econômico. Embora os produtores invistam no melhoramento genético, nutricional e sanitário do rebanho, pouca importância é dada para a qualidade do ambiente de criação (RIBEIRO et al., 2008). É possível que este fato ocorra devido à falta de conhecimento sobre a influência do ambiente no bem-estar e, conseqüentemente, na produtividade. Entre o animal e o meio existe uma constante transferência de calor dividida em calor sensível e calor latente. A dissipação de calor sensível envolve trocas diretas de calor com o ambiente por condução, convecção ou radiação e dependem da existência de um gradiente térmico

entre o corpo do animal e o ambiente (NÄÄS, 1989; SILVA et al., 1990).

O conhecimento das variáveis climáticas como temperatura de bulbo seco, umidade relativa, velocidade do ar, radiação solar e precipitação, a interação destas com os animais e as respostas comportamentais, fisiológicas e produtivas, são preponderantes na adequação do sistema de produção aos objetivos da atividade (BAËTA & SOUZA, 1997; SILVA, 2000). Devido ao clima tropical do país e suas temperaturas elevadas, grande parte das pesquisas em ambiência em carneiros está relacionada ao estresse térmico pelo calor (MONTY et al, 1991). No entanto, com as mudanças climáticas das últimas décadas, constata-se com

freqüência que frentes frias alteram bruscamente o clima provocando situações de grande amplitude térmica.

Mudanças repentinas do tempo acarretam alterações de comportamento e produtividade dos animais, provocando sérios prejuízos aos criadores, inclusive como o ocorrido durante o inverno de 2010 no Estado do Mato Grosso do Sul, em que ocorreu a morte de mais de 3.000 bovinos por hipotermia. Pesquisas em ambiência e bem-estar demonstram que, dentre as informações

climáticas mais importantes, para a caracterização do ambiente de produção animal, se destacam a temperatura de bulbo seco, umidade relativa, velocidade do ar e radiação solar (SILVA, 2010).

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo estimar a perda de calor sensível em cordeiros em sistema de confinamento e quantificar a energia metabolizável utilizada para manutenção da temperatura corporal sob estresse térmico pelo frio.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no módulo de confinamento do Centro de Pesquisa de Ovinos (CPO), da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados, Mato Grosso do Sul. O município está localizado à latitude 22°13'18.54"S e a longitude de 54°48'23.09" O, com 430 m de altitude. O clima predominante na região é o tropical de altitude, de verões brandos, sendo seco no inverno e tropical úmido no verão.

Animais e procedimento experimental

No confinamento foram utilizados 24 cordeiros cruzados das raças Suffolk x Texel, não castrados, distribuídos em baias individuais, com pelame em boa condição e altura de pelame de 0,03 - 0,04 m. Desses, foram selecionados aleatoriamente seis animais com idade média de 120 dias, peso médio de 26,3 ± 1 kg. e consumindo uma dieta contendo feno de trigo e milho de boa qualidade e pequena quantidade de ração concentrada, com 14-16% de

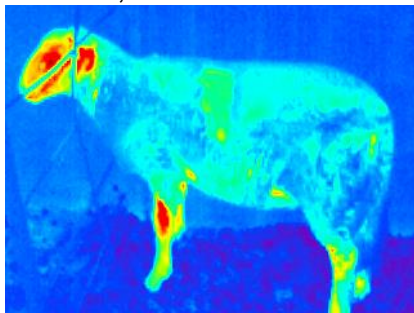
A estrutura do confinamento era composta por um galpão com 24 baias individuais de 2 m², de alvenaria fechado com mureta de 1,0 m de altura e telado até o pé-direito. O piso era de concreto e a cobertura de telha de fibrocimento, com 11,84 m de comprimento e 4,93 m de largura, com pé direito de 3,87 m. As baias eram equipadas com bebedouros e comedouros que permitiam o arraçoamento individual dos animais. A orientação do galpão era no sentido leste-oeste (GARCIA-VAQUERO, 1981).

proteína bruta, na quantidade máxima de 0,5 a 0,7 kg dia⁻¹; com 2,94 kcal animal⁻¹ dia de energia metabolizável (ANDRADE et al., 2007).

Os seis cordeiros foram monitorados no período de 13 a 16 de julho de 2010, diariamente às 14h:00min, durante uma onda de temperaturas baixas na região. Foram coletados dados dos seguintes parâmetros, no centro geométrico da baia individual, a uma altura de 1,5 m do piso da baia:

temperatura do ar mínima (T_{min}) e máxima (T_{max}), velocidade do ar (V), umidade relativa do ar (UR) e luminosidade (L). A temperatura e a umidade relativa do ar foram medidas com um termo-higrômetro digital. A velocidade do ar foi registrada utilizando um de anemômetro digital e a luminosidade foi registrada por meio de luxímetro digital, a uma distância de cerca de 1 m do animal nas seis baias. Todos os registros de variáveis foram obtidos no mesmo horário.

Durante o período experimental, nos mesmo horários



de registro das medidas de ambiência, também foram obtidas cinco imagens termográficas dos seis animais (FIGURA 1), por meio de uma câmera termográfica infravermelha Testo® 880, que foram analisadas com o auxílio do software Testo IRSoft® para obtenção do valor de temperatura média superficial do pelame e das áreas descobertas (NÅÅS et al., 2010).

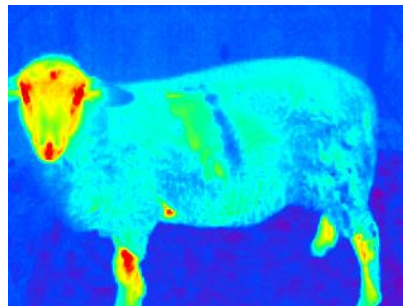


FIGURA 1 - Imagens termográficas dos cordeiros.

Estimativa de perda de calor sensível

Para estimar a perda de calor sensível dos cordeiros, cujo valor está associado ao gasto energético dos animais pelo estresse térmico de frio, foram consideradas as partes do corpo desprovidas de lã, que mais trocam calor com o ambiente, sendo estas a cabeça, as orelhas e as pernas. Para mensurar a área dessas partes foram utilizadas formas geométricas (pernas = cilindro; cabeça = cone e orelhas = retângulo). Com o auxílio do software Testo IRSoft® foi procedido o cálculo da temperatura superficial média de cada área exposta ao frio, a partir de 30 pontos selecionados na imagem.

Com as dez imagens de cada cordeiro foram calculadas as

médias das temperaturas superficiais das áreas com pelame e descoberta. Foi procedida uma análise exploratória e confirmatória, utilizando o teste Tukey para análises comparativas das médias e a correlação de Pearson para as associativas, identificando as possíveis interações entre as variáveis ambientais e a temperatura superficial do pelame.

A perda total de calor sensível foi considerada como a soma da perda de calor por radiação (Eq. 1) e por convecção (Eq. 2). A perda de calor por radiação (Q_r) e a perda de calor por convecção (Q_c), dos animais para o ambiente, foram calculadas de acordo com MEIJERHOF & VAN BEEK (1993), através das Equações 1 e 2.

$$Q_r = \varepsilon \sigma A (T_s^4 - T_a^4)$$

Eq. 1

onde: Q_r = perda de calor por radiação (W); ε = emissividade de tecido biológico; σ = constante de Stefan Boltzmann ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$); A = área superficial do animal (m^2); T_s = temperatura superficial do

animal ($^{\circ}\text{C}$) e, T_a = temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$).

$$Q_c = h A (T_s - T_a)$$

Eq. 2

onde: Q_c = perda de calor por convecção (W); h = coeficiente convectivo ($15 \text{ W m}^{-2}\text{C}^{-1}$); A = área superficial do animal (m^2); T_s = temperatura superficial do animal ($^{\circ}\text{C}$) e, T_a = temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação aos resultados dos parâmetros climáticos (Tabela 1), observa-se que, em todos os dias de experimento, a temperatura

ambiente ficou abaixo da zona de conforto térmico (ZCT), mostrando que os animais ficaram sob estresse por frio.

TABELA 1 - Parâmetros climáticos médios aferidos nas instalações dos ovinos confinados às 14h: 00min dos dias do experimento.

Parâmetros	Dia de observação				Média	DP	P-valor
	1	2	3	4			
Temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$)	10,81	10,75	6,87	7,32	8,94	2,14	0.021*
Temperatura superficial do pelame ($^{\circ}\text{C}$)	12,18	14,81	8,95	9,95	11,47	2,60	
Umidade relativa (%)	66,00	44,81	84,91	80,55	69,07	18,08	NS
Velocidade do ar (m s^{-1})	0,23	0,86	2,08	1,08	1,06	0,77	NS
Luminosidade (lx m^{-2})	33,18	42,60	53,33	66,65	48,94	14,39	NS

Dp = desvio padrão; * = significante a 95%; NS = não significante a 95%

Segundo BAËTA & SOUZA (1997), as condições climáticas favoráveis a criação de ovinos estão entre 15 a 30 $^{\circ}\text{C}$ na zona de conforto térmico. SLEE et al. (1991) relataram que, para ovinos lanados com 12 cm de lã a temperatura crítica inferior é de - 4 $^{\circ}\text{C}$ e a temperatura crítica superior de 34 $^{\circ}\text{C}$. As temperaturas registradas encontram-se próximas àquelas consideradas críticas mínimas.

A umidade relativa teve variação, sendo que nos dias 13 e 14 ficou abaixo da média com 66% e 44,81%, respectivamente, e nos dias 15 e 16 foram de 84,91% e 80,55%; permanecendo acima da média recomendada por NÄÄS (1989), que é de 75%. Em relação à velocidade do ar verifica-se que, essa variável ficou abaixo do ideal, visto que MCDOWELL (1985) preconiza uma velocidade de 1,3 a

1,9 m s⁻¹ para ovinos. Autores comentam a respeito do efeito da velocidade do ar sobre o isolamento térmico, proporcionado pela capa em diferentes espécies animais. CENA & MONTEITH (1975) analisaram experimentalmente amostras do velo de carneiros com 4 cm, e observaram que a condutividade não sofria variações com velocidades do ar até 6 m s⁻¹. Entretanto, convertendo os dados de condutividade para isolamento térmico, pode-se verificar que este diminui sensivelmente, à medida que a velocidade do ar aumenta. Segundo os autores, animais com estrutura de pelame menos compacta, sofrem um efeito mais acentuado do vento, pois os pêlos podem ser separados mais facilmente, pela corrente de ar incidente sobre eles. O deslocamento do ar promove a transferência da energia térmica por convecção. Não foi encontrado na literatura consultada, referências sobre efeitos da luminosidade em ovinos para terminação.

Índices de conforto térmico, combinando dois ou mais fatores climáticos, têm sido utilizados para avaliar o impacto ambiental sobre os animais, pois podem descrever mais precisamente os efeitos do ambiente sobre a habilidade do animal em dissipar calor (MAIA et al., 2009). Na avaliação usando a termografia infravermelho, foi observado que a temperatura superficial média dos cordeiros foi de 11,48 ± 0,92°C. Isso indica que houve uma interação entre baixa temperatura ambiente, alta umidade relativa e velocidade do ar. Essa combinação promoveu o resfriamento do ambiente de alojamento, influenciando na redução da temperatura superficial dos animais, conforme comenta

YANAGI JUNIOR (2006). A interação fica evidente à medida que se compara o conjunto dos dados climáticos entre os dias analisados.

Observa-se que, no dia 1 a temperatura foi de 10,81°C e umidade relativa de 66%, resultando numa temperatura superficial de 12,18 °C, já no dia 2 a temperatura ambiente (10,75°C) ficou próxima de 10,81°C, porém a umidade relativa foi bem menor (44%), resultando em aumento na temperatura superficial que foi de 14,81°C. Na comparação entre esses dois dias (1 e 2) verifica-se que, a queda na umidade do ar no dia 2, refletiu em aumento de 2,63°C na temperatura superficial dos animais. Nesses dias a velocidade do ar teve pouca interferência, visto que esta ficou abaixo de 1,3 m s⁻¹.

Na comparação entre os dias 3 e 4, também houve interação, visto que no dia 3 a temperatura ambiente foi de 6,87°C e umidade relativa de 84,91%, resultando numa temperatura superficial de 8,95°C. Nesse dia a velocidade do ar de 2,08 m s⁻¹ contribuiu para a queda da temperatura superficial, pois o aumento da movimentação do ar sobre a superfície corporal facilitou a perda de calor por convecção, reduzindo ainda mais a temperatura corporal. Já no dia 4, a temperatura ambiente foi de 7,32°C e a umidade relativa 80,55%, resultando no aumento de 1°C na temperatura superficial (9,95°C) dos animais em relação ao dia 3. (MAIA et al. (2009), estudando o efeito do ambiente em ovinos encontrou que, sob temperaturas inferiores a 30°C, a transferência de calor através do velo se deu pela forma sensível (convecção e radiação), enquanto

sob altas temperaturas, o fluxo de calor sensível não foi significativa.

Durante o período experimental ocorreu um aumento na dissipação de calor sensível (Tabela 2) e, provavelmente, os animais utilizaram energia metabolizável para produzir calor e manter a temperatura corporal constante, energia esta que deveria ser direcionada para produção de carne e ganho de peso. A análise da Tabela 2 permite verificar que,

dentre as partes do corpo desprovidas de lã, a cabeça é a região que teve maior dissipação de calor sensível, apesar de não ter a maior área (m²). O fluxo de calor nessa região foi de 17,17 W representando 44% do calor dissipado, seguida pelas patas, com 11,51 W (29,3%) e orelhas, que apresentaram a menor temperatura e perda de 10,50 W, o que corresponde a 26,7% da dissipação de calor sensível dessas regiões

TABELA 2 - Regiões do corpo, área, temperatura superficial e perdas de calor por radiação (Q_r) e convecção (Q_c)

Região Corporal	Área (m ²)	Temperatura (°C)	*Q _r (W)	**Q _c (W)
Cabeça	0,067	19,83	6,09	11,08
Patatas	0,108	16,27	4,01	7,50
Orelhas	0,004	15,65	3,67	6,83
Subtotal	0,179	-	13,77	25,41
Total da dissipação de calor sensível (W)			39,18	

*Fluxo de calor por radiação; ** Fluxo de calor por convecção

Verifica-se ainda que, a dissipação de calor por convecção foi 84,5% superior a perda de calor por radiação, provavelmente pela ocorrência de dois fatos: primeiro, a velocidade média do ar, embora foi >1 m s⁻¹ no período e, segundo, houve baixa radiação solar incidente nos dias analisados, bem como ao modelo de abrigo dos animais, com cobertura, paredes baixas, altura do pé direito (3,87 m) e orientação azimutal (L - O), que reduziram a radiação dentro das instalações. Segundo KELLY et al. (1950) e BOND & KELLY (1955), esses fatores influenciam a carga térmica radiante dentro de um abrigo.

A dissipação total de calor sensível por animal nas partes analisadas foi de 39,18 W, o que corresponde ao consumo de 0,388

kcal 12h⁻¹, conforme cálculos realizados. Considerando que a ingestão média de energia metabolizável pelos animais foi de 2,94 kcal dia⁻¹ proporcionalmente a 1,47 kcal12h⁻¹, verifica-se que 26,4% da energia metabolizável ingerida diariamente pelos cordeiros, nos dias de temperatura abaixo da zona de conforto térmico, foi utilizada para produzir calor (termogênese).

Esses resultados permitem estimar a perda de calor sensível pelos animais em confinamento durante o inverno e, conseqüentemente, realizar um planejamento mais adequado das instalações e das dietas, visando compensar o gasto de energia metabolizável utilizado para manter a temperatura corporal.

CONCLUSÃO

Em exposição a temperaturas ambiente abaixo da zona de conforto térmico, os cordeiros dissiparam calor sensível por

convecção e radiação e utilizaram parte da energia metabolizável ingerida para produzir calor e manter a temperatura corporal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, I.S.; SOUZA, B.B.; PEREIRA FILHO, J.M. et al. Parâmetros fisiológicos e desempenho de ovinos Santa Inês submetidos a diferentes tipos de sombreamento e à suplementação em pastejo. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.31, n.2, p.540-7, 2007.
- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. *Ambiência em edificações rurais: conforto animal*. Viçosa: Editora UFV, 1997. 246p.
- CENA, K.; MONTEITH, J.L. Transfer processes in animal coats. II. Conduction and convection. Proceedings of the Royal of Society London, B Biological Sciences v.88, n.1, p.395-411, 1975.
- GARCIA-VAQUERO, E. *Projeto e construção de alojamento para animais*. 2.ed. Lisboa: Litexta Portugal, 1981. 237p.
- MAIA, A. S. C., SILVA, R. G., ANDRADE, P. C. Effect of temperature and air velocity on the thermal insulation of the fleece of sheep in climatic chamber. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, vol.38, n.1, p. 104-108, 2009.
- McDOWELL, L.R. *Nutrition of grazing ruminants in warm climates*. New York : Academic Press, 1985. 443p
- MEIJERHOF, R.; VAN BEEK, G. Mathematical modeling of temperature and moisture of hatching eggs. *Journal of Theoretical Biology*, v.165, p.27-41, 1993.
- MONTY JR, D.E.; KELLY, L.M.; RICE, W.R. Acclimatization of St Croix, Karakul and Rambouillet sheep to intense and dry summer heat. *Small Ruminant Research*, v.4, n.4, p. 379-392, 1991.
- NÄÄS, I. A. *Princípios de conforto térmico na produção animal*. São Paulo: Ed. Ícone. 1989, 138p.
- NÄÄS, I. A.; ROMANINI, C.E.B.; NEVES, D.P.; NASCIMENTO, G.R.; VERCELLINO, R.A. Broiler surface temperature distribution of 42 day old chickens. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 67, n. 5, 2010.
- RIBEIRO, N.L.; FURTADO, D.A.; MEDEIROS, A. et al. Avaliação dos índices de conforto térmico, parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de ovinos nativos. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.28, n.4, p.614-623, 2008.
- SILVA, I.J.O.; GHELFI FILHO, H.; CONSIGLERO, F.R. Materiais de cobertura para instalações animais. *Engenharia Rural*, Piracicaba, v.1, n.1, 1990.
- SILVA, R.A.G. *Marcadores do estresse calórico*. Disponível em: <http://www6.ufrgs.br/favet/lacvet/restrito/pdf/stress_rita.pdf> Acesso em: 29/10/2010.

SILVA, R.G. *Introdução à bioclimatologia animal*. São Paulo: Nobel, 2000. 450p.

SLEE, J., ALEXANDER, G., BRADLEY, LR, JACKSON N., STEVENS, D. Genetic aspects of cold resistance and related characters in newborn Merino lambs. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, Melbourne, v.31, n.2, p. 175 – 182, 1991.

YANAGI JUNIOR, T. *Inovações tecnológicas na bioclimatologia animal visando aumento da produção animal: relação bem estar animal x clima* [2006]. Disponível em:

http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/ITBA/Index.htm > Acesso em: 29/10/2010.