

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

Zootecnia

**FREQUÊNCIA CARDÍACA E CONSUMO DE OXIGÊNIO PARA
DETERMINAÇÃO DA PRODUÇÃO DE CALOR EM CORDEIROS
ALIMENTADOS COM FARELO DE GIRASSOL**

Sarah Silva Santos

MONTES CLAROS

2017

SARAH SILVA SANTOS

**FREQUÊNCIA CARDÍACA E CONSUMO DE OXIGÊNIO PARA
DETERMINAÇÃO DA PRODUÇÃO DE CALOR EM CORDEIROS
ALIMENTADOS COM FARELO DE GIRASSOL**

Trabalho de Conclusão de Curso II
apresentado ao Instituto de Ciências
Agrárias da Universidade Federal de
Minas Gerais, como requisito parcial,
para a obtenção do título de Bacharel em
Zootecnia

Orientadora: Prof.^a Luciana
Castro Gerashev

MONTES CLAROS

2017

Sarah Silva Santos. FREQUÊNCIA CARDÍACA E CONSUMO DE
OXIGÊNIO PARA DETERMINAÇÃO DA PRODUÇÃO DE CALOR
EM CORDEIROS ALIMENTADOS COM FARELO DE GIRASSOL

Aprovada pela banca examinadora constituída por:

Prof.^a Dra. Amália Saturnino Chaves – ICA/UFMG

Sostenes de Jesus Magalhães Moreira - Mestranda em Produção Animal ICA/UFMG



Prof.^a Dra. Luciana Castro Gerashev Orientadora ICA/UFMG

Montes Claros 19 de junho de 2017.

Dedico esta, bem como todas as minhas demais conquistas, aos meus amados pais Geraldo e Beth e a minha irmã Stephanie.

Resumo

O objetivo com este trabalho foi avaliar a eficiência do método de O₂ Pulso para determinação da produção de calor em cordeiros mestiços alimentados com diferentes níveis de farelo de girassol. Foram utilizados 24 cordeiros mestiços Santa Inês x Dopper, machos não castrados, dispostos em delineamento experimental de bloco ao acaso sendo, três blocos e quatro tratamentos (0, 10, 20 e 30% de inclusão de farelo de girassol) e seis repetições. As dietas apresentavam relação concentrado: volumoso 60:40, sendo isoproteicas. Para estimar a produção de calor (PC) através da metodologia do Pulso de O₂ (O₂P), os animais foram monitorados para obtenção da frequência cardíaca durante quatro dias, utilizando frequencímetros da marca POLAR® modelo RS800 cujo os eletrodos foram ajustados ao tórax do animal por intermédio de uma cinta de elástico. Os dados foram gravados em intervalos de 1 minuto e posteriormente transmitidos para o computador por sensor infravermelho. O volume de oxigênio foi mensurado em câmara respirométrica durante 24 horas juntamente com a frequência cardíaca. A PC foi estimada multiplicando-se o total de batimentos cardíacos diários pelo volume de O₂/batimento e pela constante 4,89 kcal/LO₂. A estimativa da PC pela câmara respirométrica foi determinada pela mensuração das concentrações de CO₂ produzido, CH₄ e O₂ consumido. O ar atmosférico entrou na câmara em um fluxo de 0,6 litros/ kg de peso vivo por minuto e foi misturado ao ar expirado pelo animal, sendo coletadas amostras a cada 5 minutos por um período de 24 horas. Os dados foram submetidos à análise de regressão e correlação para comparar as metodologias de determinação da PC. Para todas as variáveis, foi adotado significância de 5% de probabilidade. Observou-se comportamento linear decrescente no batimento diário com a inclusão dos resíduos de farelo de girassol ($y=86,18 - 0,42X$; $R^2=28\%$; $P=0,0074$). Esta variação tem relação com diferentes níveis de energia das dietas, que diminuiu com a inclusão de farelo de girassol. Ausência de variações foram observadas para a PC com o uso da câmara respirométrica e O₂P 131,01 e 125,33 kcal/dia/kgPV^{0,75} ($y=0,600x+46,723$; $R^2= 0,8543$; $P<0,0001$) respectivamente, demonstrando a eficiência do método de O₂P, para determinação da produção de calor. A utilização da metodologia de O₂P, mostrou-se eficiente para determinação da produção de calor de cordeiros alimentados com níveis crescentes de FG.

Palavras-chave: Coprodutos. Metodologia de O₂P. Produção de calor.

LISTA DE TABELAS E GRAFICOS

Tabela 1 - Composição dos ingredientes e nutricional das dietas experimentais (g kg^{-1} de matéria seca)	09
Tabela 2- Média, desvio padrão, mínimo e máximo das características de frequência cardíaca, consumo de oxigênio e produção de calor em ovinos.....	12
Tabela 3- Médias da frequência cardíaca por minuto (FC); Consumo de oxigênio (VO_2); Produção de calor (PC) e O_2 pulso (O_2P) em função da inclusão de FG na dieta de ovinos mestiços	14
Gráfico 1- Correlação estatística entre o uso da metodologia de O_2P e o uso da metodologia da câmara calorimétrica.....	15

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BCB: Média de batimentos cardíacos em 24 horas

CH₄: Metano

CNF: Carboidratos não fibrosos

CO₂: Gás Carbônico

CT : Carboidratos totais

EE: Extrato etéreo

FC: Frequência Cardíaca

FDA: Fibra em detergente ácido

FDN: Fibra em detergente neutro;

FG: Farelo de girassol

MM: Matéria mineral

MS: Material seca

N: Nitrogênio

NRC: National Research Council

Nu: Nitrogênio Urinário

O₂ BC: Consumo de O₂ por batimento cardíaco

O₂: Oxigênio

O₂P: Metodologia de O₂ Pulso

PB: Proteína bruta

PC: Produção de calor

VO₂: Volume de oxigênio consumido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 Calorimetria	12
2.3 Produção de Calor (PC)	12
2.3 Metodologia de O ₂ Pulso (O ₂ P)	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 Local	16
3.2 Animais, manejo alimentar e instalações	16
3.3 Estimativas de produção de calor pela câmara respirométrica	17
3.4 Estimativa de produção de calor pela metodologia do pulso de O ₂	18
3.5 Análises estatísticas dos dados	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5 CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS	25

1 INTRODUÇÃO

A energia é o primeiro nutriente limitante em ruminantes destinada ao suporte dos processos vitais obtidos pela oxidação dos nutrientes contidos no alimento. Essa energia é dissipada pelos animais em diferentes fases da metabolização do alimento: inicialmente, nas fezes, seguido pela perda de energia através da urina e gases e, posteriormente na perda de energia na forma de incremento calórico e produção de calor. Sendo assim, o restante da energia disponível é destinado prioritariamente para os processos de manutenção (cerca de 70% da energia líquida disponível) e o restante destinado à produção (MEDEIROS E ALBERTINI, 2015).

Com o objetivo de aprimorar e desenvolver técnicas que sejam capazes de mensurar as exigências de energia dos animais, alguns pesquisadores buscam, através da calibração da frequência cardíaca ajustada para o consumo de oxigênio por batimento, estimar a produção de calor dos ruminantes (BROSH, 2007). A metodologia de O₂ Pulso, consiste em uma técnica indireta para determinar a produção de calor de ruminantes. A maior parte do oxigênio disponível para os tecidos é bombeado pelo coração, produzindo cerca de 10% da produção total de calor. (CEESAY *et al.*, 1989). Sabendo disso é possível mensurar o volume de oxigênio bombeado por batimento (Pulso de O₂ - O₂P) e a partir dos dados de O₂P multiplicado pelo total de batimentos estimar a produção de calor (CEESAY *et al.*, 1989; LIVINGSTONE, 1997).

A busca por métodos de determinação de calor mais viáveis, torna o método de O₂P uma vantajosa escolha. Uma vez que os métodos convencionais em câmaras calorimétricas ou água duplamente marcada, exigem local de alto nível tecnológico, uma equipe treinada e são de custo elevado dificultando assim os avanços das pesquisas nessa área. (WEBSTER, 1967; PAYNE *et al.*, 1971). Desta forma espera-se que a metodologia de O₂P através da determinação da frequência cardíaca no ambiente natural e a determinação do consumo de oxigênio por batimento cardíaco, seja capaz de mensurar a produção de calor de forma tão eficiente quanto os métodos convencionais com menores custos para tal, e menor exigência tecnológica.

O objetivo com este trabalho foi avaliar a eficiência do método de O₂ Pulso para determinação da produção de calor em cordeiros mestiços alimentados com diferentes níveis de farelo de girassol.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Calorimetria

A calorimetria é uma técnica desenvolvida para medição da produção de calor, ou seja, estimar a energia dissipada através oxidação de compostos orgânicos (RODRIGUEZ *et al.*, 2007). Sendo ela denominada de duas formas, calorimetria indireta e direta. A calorimetria indireta, considera que todo oxigênio consumido é destinado a processos metabólicos, ou seja, oxidação dos nutrientes, e todo gás carbônico liberado (oriundo da oxidação de substratos) é proveniente da respiração. Por fim a partir dessas variáveis torna-se possível calcular a quantidade total de energia produzida. A calorimetria direta mede a transferência de calor do organismo para o meio ambiente (SIMONSON, 1990), onde através de uma câmara calorimétrica é possível determinar a dissipação de calor do animal (radiação, convecção, condução e evaporação), através dos parâmetros de temperatura da água circulante (FERRANNINI, 1988).

Para determinar o volume de oxigênio consumido (VO_2) e o volume de gás carbônico (VCO_2) expirado, utiliza-se calorímetros que são caracterizados por equipamentos de circuito fechado e aberto, que utilizam e analisam o ar inspirado e o ar expirado pelos animais (YAMADA *et al.*, 1989).

Segundo esses autores, os sistemas de circuito fechado analisam essa produção de energia dentro de um ambiente fechado contendo oxigênio, onde através da quantidade de oxigênio consumido e quantidade de gás carbônico excretado determinam a quantidade de calor produzido, são ambientes artificiais e podem não expressar de forma correta o calor produzido (NRC, 1996). Já os calorímetros de circuito aberto, as extremidades do sistema se comunicam com o meio ambiente. O ar inspirado é mantido separado do ar expirado por meio de um sistema de válvulas.

2.3 Produção de Calor (PC)

A termogênese, é o calor gerado no interior do organismo animal através da oxidação do nutriente e a energia liberada pelo metabolismo basal. Basicamente o animal produz calor quando é capaz de metabolizar o alimento e transferir a energia contida para atender os seus requerimentos fisiológicos, geralmente relacionados com batimentos cardíacos,

atividade endócrina, consumo de alimento, movimento muscular e produção de (MEDEIROS e VIEIRA, 1997).

A energia requerida pelo animal é disponibilizada para o organismo, através da oxidação do alimento consumido. Porém, parte da energia contida no alimento é perdida durante o processo de metabolização, através das fezes, urina, gases e incremento calórico. Segundo Brosh, (2007) entre os principais fatores que interferem no gasto de energia estão: condições ambientais, produção de calor, nível de consumo alimentar, eficiência de utilização de energia para manutenção e produção.

A produção de calor é determinada pela associação da energia líquida retida, ou seja, da energia destinada ao metabolismo basal, e do incremento calórico, calor esse produzido durante os processos metabólicos (MEDEIROS E ALBERTINI, 2015). A produção de calor total dos animais pode incluir o calor utilizado para manutenção adicionado ao calor dissipado na forma de incremento calórico (RODRIGUEZ *et al.*, 2007).

Devido as leis da termodinâmica é possível mensurar a produção de calor de um animal, já que a energia não pode ser criada e nem destruída, e sim transformada. De modo que a quantidade de energia liberada ou absorvida, não depende dos caminhos percorridos durante seu processo de transformação, apenas contida nos reagentes e nos produtos finais” (LAVOISIER, 1780). Ao calcular o equilíbrio energético do animal, a produção de calor representa um componente substancial do balanço de energia dos ruminantes (CASTRO BULLE *et al.*, 2007)

2.3 Metodologia de O₂ Pulso (O₂P)

As metodologias convencionais utilizadas para determinar a PC em ruminantes caracterizam-se por equipamentos caros, de elevado valor tecnológico e que exigem alta capacidade de instalação e uma equipe prontamente treinada que seja capaz de manipular esses equipamentos. Neste sentido, pesquisas nessa área tem uma demanda por processos mais viáveis, de menor custo e demanda tecnológica, capazes de mensurar a PC através da FC (PAYNE *et al.*, 1971; WEBSTER, 1967).

Seguindo essa linha de pesquisa a metodologia de O₂ Pulso (O₂P), através da FC calibrado para o consumo de oxigênio (VO₂), é capaz de mensurar a PC dos animais e deste modo indicar animais mais eficientes quanto a metabolização e aproveitamento dos nutrientes (animais com menores índices de PC) (BROSH, 2007). A maior parte do oxigênio disponível para os tecidos é bombeado pelo coração, produzindo cerca de 10% da produção total de calor.

(CEESAY *et al.*, 1989). Sabendo disso é possível mensurar o volume de oxigênio bombeado por batimento (Pulso de O_2 - O_2P). A partir dos dados de O_2P multiplicado pelo total de batimentos diários é possível a obtenção de estimativas de PC (CEESAY *et al.*, 1989; LIVINGSTONE, 1997).

Durante os processos de determinação do O_2P , o fator estresse é algo crucial para a determinação correta da PC, isso porque se o manejo ou o ambiente no qual o animal está inserido o expuserem a um ambiente de estresse, ocorrerá alteração na FC em valores acima de 20% e os dados da PC podem ser subestimados. Neste sentido, é importante que o ambiente em que os animais estejam submetidos não ofereça situações estressantes, isso inclui também os responsáveis por manejar esses animais, de modo que busquem sempre minimizar as possíveis situações de estresse dos animais (AHARONI *et al.*, 2003; BROSH, 2007).

As mensurações de oxigênio devem ser realizadas somente depois que a frequência cardíaca (FC) normal do animal foi estabelecida, por isso é importante que a média diária da FC individual de cada animal seja mensurada e conhecida antes da avaliação do consumo de oxigênio (AHARONI *et al.*, 2003; BROSH, 2007).

Visando reduzir o estresse durante as mensurações de oxigênio, e uma adequada mensuração do VO_2 , Aharoni *et al.* (2003) e Brosh *et al.* (1998), sugeriram que para uma correta mensuração é necessário que o batimento cardíaco seja monitorado por cerca de 4 dias contínuos e O_2P por um período de 15 a 20 minutos através de uma máscara na face do animal. Vale ressaltar que as mensurações de oxigênio devem ser feitas apenas após a o período em que a FC normal esteja estabelecida, de modo que a FC já esteja determinada antes de avaliar o consumo de oxigênio do animal.

Brosh *et al.* (1998) avaliaram 6 novilhas Hereford em diferentes condições, a sombra e expostas a radiação solar, alimentadas com dietas de alta e baixa energia, sendo que, as avaliações de consumo de oxigênio foram realizadas no período da manhã ou tarde. Foi observado que a média diária da FC e a média do gasto energético diário em animais alimentados com baixa densidade energética na dieta foi menor em relação aos animais alimentados com dieta de alta energia. O O_2P foi pouco afetado pelo nível de energia da dieta e não houve mudanças do O_2P entre as mensurações feitas de manhã ou à tarde. Assim foi recomendado que o gasto energético estimado pela FC, o O_2P de cada animal deve ser mensurado sob condições similares, e ainda concluíram que para aumentar a acurácia desta análise, a relação entre FC e PC deve ser estabelecida para cada animal individualmente. Com isso é possível observar que a FC deve ser feita por mensurações diárias somadas aos dados de

O₂P individual, obtendo dados confiáveis e úteis e viáveis para determinar a produção de calor em ruminantes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos adotados com os animais nesta pesquisa foram aprovados pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal de Minas Gerais sob o protocolo número 267/13.

3.1 Local

O experimento foi conduzido nas dependências do setor de Ovinocultura do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, em Montes Claros, no período de Abril a Julho de 2016.

3.2 Animais, manejo alimentar e instalações

Foram utilizados 24 cordeiros mestiços Santa Inês X Doppler, machos não castrados, com idade de aproximadamente 4 meses distribuídos em delineamento experimental de bloco ao acaso sendo, três blocos, quatro tratamentos e duas repetições por bloco. Os animais passaram por um período de 10 dias de adaptação, antes de iniciar as medições.

Os tratamentos constituíram em quatro dietas isoprotéicas, balanceada de acordo com as recomendações do NRC (2007) para cordeiros em manutenção, formuladas com relação volumoso: concentrado de 40:60 com base na matéria seca (MS). A forragem foi a silagem de milho e o concentrado foi formulado com níveis crescentes de substituição do farelo de soja por farelo de girassol em 0%, 10%, 20% e 30% da MS dieta para cordeiros na manutenção. A dieta foi fornecida em duas refeições diárias às 8h00 e 16h00.

Para determinação da composição da dieta, foram realizadas análises bromatológicas de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE), carboidrato não fibroso (CNF) e carboidratos totais (CT).

Tabela 1 - Composição dos ingredientes e nutricional das dietas experimentais (g kg⁻¹ de matéria seca)

Ingredientes (g kg⁻¹ de MS)	Inclusão de FG (g kg⁻¹ de MS)				Farelo de girassol
	0	100	200	300	
Silagem de milho	400	400	400	400	-
Farelo de soja	264	196	118	18	-
Milho	315	281	256	261,6	-
Farelo de girassol	-	100	200	300	-
Suplemento mineral	10,5	15	22	36,6	-
Vitaminico ¹	-	-	-	-	-
Fosfato bicálcio	10,5	8	4	-	-
Nutrientes (g/ kg⁻¹ MS)					
MS	643,4	641,7	653,3	658,8	921,9
MM	45	43,2	45,7	46,1	59,7
PB	207,9	203,8	195,6	189,5	340,9
FDN	337,9	364,5	391,2	419,8	435,3
FDA	176,3	212,5	227,2	302,8	306,4
EE	65,5	62,9	60,9	60,1	19,2
CNF	343,7	325,6	306,6	284,5	144,8
CT	681,6	690,1	697,8	704,3	580,1

MS – material seca; MM – matéria mineral; PB – proteína bruta; FDN – fibra em detergente neutro; FDA – fibra em detergente ácido; EE – extrato etéreo; CNF – carboidratos não fibrosos; CT – carboidratos totais. ¹Composição do premix mineral vitamínico: cálcio - 150g; fósforo - 65g; sódio - 130g; flúor - 50 mg; enxofre - 12g; magnésio - 10g; ferro - 1000 mg; manganês - 3000mg; cobalto - 80mg; zinco - 5000mg; Iodo - 60 mg; selênio - 10 mg; Vitamina A - 50000 U. I.; Vitamina E - 312 U. I.

Após a adaptação, os animais foram transferidos para gaiolas metabólicas, onde foi avaliado o consumo de MS e a coleta de urina para determinação do N por um período de 5 dias.

Antes da implantação do experimento, os animais foram pesados, vermífugados e vacinados contra clostridioses e durante o experimento, alojados em gaiolas metabólicas individuais providas de bebedouros, comedouros e coletores de fezes e urina.

3.3 Estimativas de produção de calor pela câmara respirométrica

Finalizado o período de adaptação da dieta, de maneira individual os animais foram alocados dentro da câmara respirométrica durante um período de 24 horas, para que fosse possível determinar as concentrações de CO₂ produzido e O₂ consumido. Dentro da câmara,

cada animal recebeu o mesmo tratamento oferecido durante o período de adaptação da dieta. Os animais, foram manejados em gaiolas metabólicas, com piso ripado, nas dimensões de 1,2 m (largura) x 2,0 m (altura) x 2,1 m (comprimento), localizada no Laboratório de Calorimetria Animal do ICA/UFMG. contendo bebedouro e comedouro em aço inoxidável.

O ar atmosférico entrou na câmara em um fluxo de acordo com o peso do animal (0,6 litro / Kg de peso vivo) por minuto e foi misturado ao ar expirado pelo animal, sendo coletadas amostras a cada 5 minutos por um período de 24 horas para a determinação das concentrações de O₂, CO₂ e CH₄.

A concentração máxima permitida de CO₂ dentro da câmara foi de 1,0 %. O consumo de O₂ e a produção de CO₂ foi calculado baseado no volume e na composição do ar que entra na câmara respirométrica e comparado com o ar que é liberado. Visando um ambiente que garanta conforto térmico aos animais, a temperatura no interior da câmara teve que ser mantida a cerca de 22°C, por intermédio de um aparelho de ar condicionado acoplado no interior da câmara.

O cálculo da produção de calor foi realizado de acordo com a equação de Brouwer (1965):

$$PC(kj) = 16,18 \times O_2 (l) + 5,02 \times CO_2 - 5,88 \times Nu (g) - 2,17 \times CH_4 (l)$$

- PC = produção de calor
- Nu = nitrogênio urinário

3.4 Estimativa de produção de calor pela metodologia do pulso de O₂

Foi utilizado o protocolo adaptado por Brosh *et al.* (1998), pois o autor utilizou mensuração de O₂ por máscara facial durante 15 minutos. Enquanto no presente trabalho o O₂ foi mensurado por 24 horas na câmara respirométrica. Após o período de adaptação, os animais foram monitorados por cerca de 4 dias para determinação da frequência cardíaca normal, utilizando frequencímetros da marca POLAR® modelo RS800, onde os eletrodos foram ajustados ao tórax do animal através de uma cinta elástica. Os dados foram armazenados em intervalos de 60 segundos, e posteriormente transferidos para o computador por sensor infravermelho.

Após a determinação da frequência cardíaca normal, foram recolhidos dados de batimentos cardíacos e consumo de oxigênio ao mesmo tempo durante 24 horas utilizando uma

câmara respirométrica, conforme descrito anteriormente. Estas medições foram usadas para calibrar o volume de O₂ por batimento cardíaco. O₂Pulso (O_{2p}) foi calculado como o VO₂ por batimento.

A produção de calor diária foi obtida multiplicando o consumo total de O₂ pela constante 4,89 kcal/L de O₂ (NICOL e YOUNG, 1990), e foi expresso em função do peso metabólico (kcal/kg PV^{0.75}/dia). A produção de calor foi então estimada pela equação:

$$PC \frac{\text{kcal}}{\text{dia} \times \text{kg de PV}^{0,75}} = (\text{BCB} \times \text{O}_2 \text{ BC} \times 4,89 \text{ kcal/L de O}_2) / (\text{kg de PV}^{0,75})$$

Legenda:

- BCB: Média de batimentos cardíacos em 24 horas
- O₂ BC: Consumo de O₂ por batimento cardíaco (L/batimento).

3.5 Análises estatísticas dos dados

Os dados de determinação da PC foram submetidos à análise de regressão pelo PROC REG (SAS, 2004). Para a comparação das metodologias de determinação da PC foi usado a análise de correlação estatista pelo PROC CORR (SAS, 2004).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A FC dos animais durante os quatro dias de mensuração apresentou resultados similares aos obtidos durante o período de calibração ($79,77 \pm 9,16$ e $79,97 \pm 9,40$ respectivamente), sugerindo ausência de estresse ou atividades físicas dos animais durante os períodos de mensuração (Tabela 2). Landau (2006), apresentou valores médios de FC (bpm) diária e durante a calibração similares as observadas nesse estudo ($81,1 \pm 5,1$ e $79,2 \pm 5,1$) ao avaliar a PC em cordeiros alimentados com pastagem a base de restolho de trigo, o autor associou a ausência de variação ao menor efeito ambiental sobre o pastejo. Aharoni *et al.* (2003) utilizou a metodologia de O₂P para determinar a produção de calor em animais jovens e animais adultos. Os resultados obtidos demonstraram que as variações estatísticas na FC em vacas em lactação (aumento de 20 batimentos/min) não alterou o VO₂ e a PC dos animais. Os autores associaram a essa variação a presença de outros animais com mais hierarquia durante o período de mensuração. Porém, segundo Brosh (2007), o aumento na FC em até 20% daquela expressa em condições normais, não altera a constância do pulso de oxigênio durante a mensuração de O₂ e produção de calor.

Tabela 2- Média, desvio padrão, mínimo e máximo das características de frequência cardíaca, consumo de oxigênio e produção de calor em ovinos.

Característica	Média	DP	Mín.	Máx.
FC ¹ , bpm	79,77	9,16	65,70	96,75
FC ² , bpm ³	79,97	9,40	61,84	99,45
VO ₂ , ml/min/kg PV ^{0,75}	18,54	4,60	12,28	31,68
O ₂ pulse, ml /bat./kg/ PV ^{0,75}	0,235	0,065	0,123	0,373
PC ⁴ , kcal/dia/kg PV ^{0,75}	131,01	32,58	72,48	181,07
PC ⁵ , kj/dia/kg PV ^{0,75}	548,17	136,33	303,26	757,58
PC ⁶ , kcal/dia/kg PV ^{0,75}	125,33	22,90	90,60	180,31

1Período mínimo de 4 dias de avaliação dos batimentos cardíaco. 2Período de calibração na câmara calorimétrica 3Batimentos/minuto. 4 Metodologia do O₂P. 5 PC pela metodologia de O₂P em Kj. 6 Metodologia da câmara calorimétrica

Os valores médios de O₂P ($0,235 \pm 0,065$ ml /bat. /Kg PV^{0,75}), podem ser observados na Tabela 2. Landau (2006) ao avaliar os gastos de energia em ovelhas Awassi durante o pastoreio alimentadas com restolho de trigo, observou médias de O₂P (0,21 e 0,26 ml kg⁻¹/PV^{0,75}/dia⁻¹) similares as observadas nesse estudo. Assim como não foram observadas variações na FC dos animais durante o período de calibração, associando a esses resultados o

menor efeito ambiental duante o pasteiro. Segundo Brosh *et al.* (2004) o O_2P é representado por características individuais de cada animal, então variações podem ocorrer em situações de estresse ou intensa atividade física. Durante a realização desse experimento os animais permaneceram alojados em gaiolas metabólicas, livres de estresse ou atividade física. Sendo assim, espera-se o uso de um valor constante de O_2P , para o cálculo da produção de calor, possa expressar de forma correta a produção de calor diária.

A produção de calor estimada através do O_2P apresentou valores médios de $131,01 \pm 32,58$ kcal/dia/Kg $PV^{0,75}$ ou $528,17$ KJ/dia/ $PV^{0,75}$, como descrito na Tabela 2. Barkai (2002), ao avaliar PC de cordeiros em jejum através do método de O_2P , observou PC média de 438 KJ/dia/ $PV^{0,75}$, resultados próximos aos sugeridos pelo NRC (2007) para animais em jejum de 418 KJ/dia/ $PV^{0,75}$. Essa variação nos dados observados pode estar relacionada ao consumo dos animais, que apesar de ser próximo a manutenção, ainda representa um gasto energético maior que animais em jejum.

A inclusão do FG, não alterou ($P > 0,05$) o consumo de O_2 (Tabela 3). Esse comportamento pode estar associado ao fornecimento do aporte energético próximo a manutenção, pois o maior consumo de energia digestível aumenta o consumo de O_2 no metabolismo animal. Castro (2012) não observou variações no consumo de O_2 ($26,01$; $22,63$; $26,07$; $24,29$; $27,22$ ml/min/ Kg $PV^{0,75}$) em ovinos alimentados com dietas contendo níveis crescentes de torta de babaçu em substituição ao feno de tifton-85. Porém, Machado (2010), em um estudo para avaliar os gastos energéticos de ovinos alimentados com silagens de sorgo em diferentes estádios de maturação observou menor consumo de O_2 ($20,85$ e $28,74$ ml/min/ Kg $PV^{0,75}$) para animais alimentados com a variedade de silagem BRS 700, nos estádios leitoso e farináceo. Esse fato está relacionado ao menor consumo de matéria seca observado para esse tratamento.

Tabela 3- Médias da frequência cardíaca por minuto (FC); Consumo de oxigênio (VO₂); Produção de calor (PC) e O₂ pulso (O₂P) em função da inclusão de FG na dieta de ovinos mestiços

Variáveis	Níveis de inclusão (FG%)				CV	P	
	0	10	20	30	(%)	Linear	Quadrático
FC, bpm ⁽¹⁾	88,46	80,46	73,67	76,49	9,94	0,01	0,01
FC*, bpm ⁽²⁾	84,53	73,43	81,91	80,09	11,99	0,77	0,49
VO ₂ , ml/min/ Kg/PV ^{0,75}	18,45	18,88	20,79	16,04	21,65	0,63	0,08
O ₂ P, ml /bat. /Kg PV ^{0,75}	0,244	0,249	0,250	0,199	25,93	0,08	0,10
PC ⁽⁴⁾ , kcal/dia/Kg/PV ^{0,75}	123,43	148,20	124,88	127,54	25,41	0,86	0,71
PC, kj/dia/ Kg PV ^{0,75}	563,25	580,34	562,67	486,39	133,40	0,21	0,28

1Período mínimo de 4 dias de avaliação dos batimentos cardíaco. 2Período de calibração na câmara calorimétrica. 3 Batimentos/minuto. 4.

Metodologia do O₂P. (*) $y=86,176-0,427x$; R²= 28,35 %; quadrática $y=88,884 - 1,239x + 0,027 x^2$; R²= 37,48

A inclusão dos diferentes níveis de FG na dieta, não promoveu alterações (P> 0,05) no O₂P dos animais (Tabela 3). Aharoni *et al.* (2003) avaliando a interação do ambiente com a FC, O₂P e PC de bezerras e cordeiros em crescimento, não observou variações no O₂P dos animais. Esse comportamento pode estar associado ao nível de energia de admissão próximos aos requeridos para manutenção, pois animais jovens mantêm taxas metabólicas mais baixas do que animais adultos.

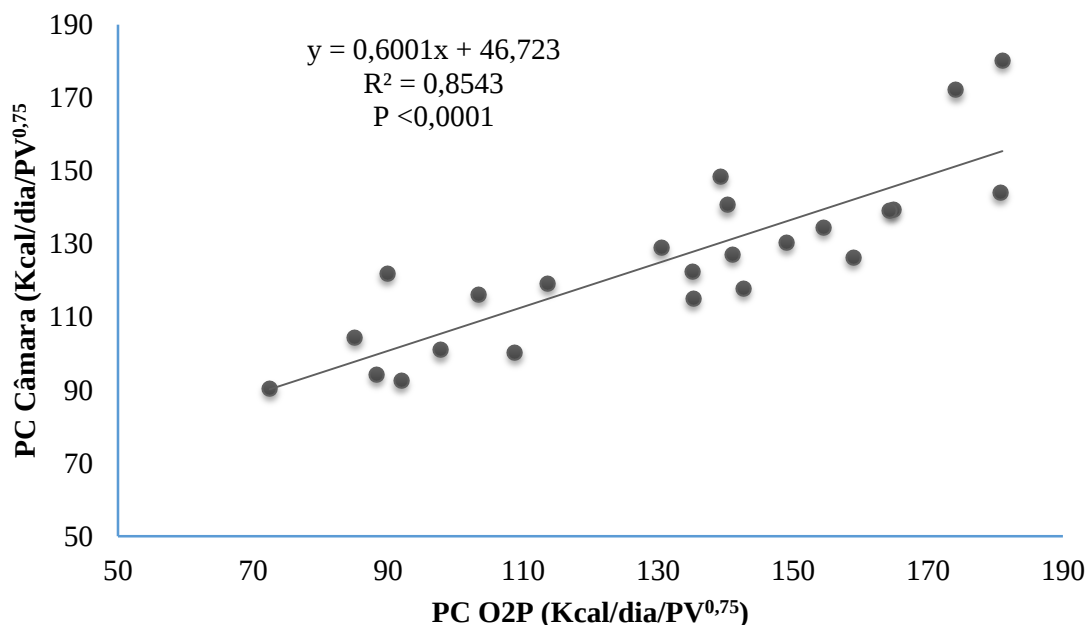
Ausência de variações foram observadas na produção de calor de ovinos alimentados com níveis crescentes de farelo de girassol, através da metodologia do O₂P (Tabela 3). Demonstrando a inocuidade do coproduto sobre a produção de calor de cordeiros, possivelmente associado ao consumo energético próximo à manutenção dos animais. Arieli *et al.* (2002) observou variações na PC de cordeiros entre 600 KJ/dia/ PV^{0,75} durante a noite e 770 KJ/dia/ PV^{0,75} o durante o dia em cordeiros alimentados com 25% de concentrados e 75% de feno alfafa e entre 670 KJ/dia/ PV^{0,75} e 770 KJ/dia/ PV^{0,75} respectivamente, para animais alimentados com dietas contendo 75% de concentrados e 25% de alfafa. O aumento do aporte energético pode ser relacionado ao aumento na PC dos animais, alimentados com maiores níveis de concentrado.

Ao avaliar a inclusão de níveis crescentes de torta de babaçu em substituição ao feno de tifton-85 (7, 14, 21, 28 e 35%) na dieta de ovinos, Castro (2012) obteve resultados de

produção de calor próximos aos observados neste trabalho (122,44; 108,80; 119,78; 116,65; 130,82 kcal/dia/Kg $PV^{0,75}$). Assim como Machado (2010) apresentou valores de produção de calor (105,82 a 127,98 kcal/dia/Kg $PV^{0,75}$) semelhantes, nos animais alimentados com a silagem de sorgo BRS 610 nos estádios leitoso e pastoso.

Ao analisar os resultados obtidos através da metodologia de O_2P e da câmara calorimétrica, foi observado alta correlação entre as duas metodologias. Os resultados similares de produção de calor, confirmam a eficiência do método de O_2P quando comparado as metodologias convencionais (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Correlação estatística entre o uso da metodologia de O_2P e o uso da metodologia da câmara calorimétrica.



Porém a PC com uso da metodologia de O_2P apresentou resultados 9,5% maiores aos observados com uso da metodologia convencional. Arieli *et al.* (2002) realizou um experimento em ovinos para avaliar a eficiência do método de O_2P como instrumento de determinação do gasto energético. A produção de calor obtida pelo O_2P foi 6,7% maior em relação ao abate comparativo. Porém quando se estima produção de calor por calorimetria e abate comparativo, os valores podem variar de 2 a 10% (CLOSE, 1990). Relação entre a FC combinada com O_2P individual é um método confiável e útil para determinar a PC de pequenos ruminantes. Apesar dos métodos utilizados serem diferentes, é possível observar alta correlação entre os valores obtidos. Demonstrando alta eficiência das metodologias para determinar a PC.

5 CONCLUSÃO

A utilização da metodologia de O_2P com calibração de O_2 em câmara respirométrica, mostrou-se eficiente para determinação da produção de calor de cordeiros alimentados com níveis crescentes de farelo de girassol, sendo que a inclusão do coproduto não alterou a PC dos animais.

REFERENCIAS

AHARONI, Y.; BROSH, A.; KOURILOV, P.; ARIELI, A. The variability of the ratio of oxygen consumption to heart rate in cattle and sheep at different hours of the day and under different heat load conditions. **Livestock Production Science, Amsterdam**, v. 79, p. 107-117, 2003.

ARIELI, A. *et al.* Assessment of energy expenditure by daily heart rate measurement: validation with energy accretion in sheep. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 78, p. 99-105, 2002.

BARKAI, D., *et al.* Estimation of energy intake from heart rate and energy expenditure in sheep under confinement or grazing condition. **Livestock Production Science** 73, 237–246. 2002.

BROSH, A. *et al.* Effects of solar radiation, dietary energy, and time of feeding on thermoregulatory responses and energy balance in cattle in a hot environment. **Journal of Animal Science, Savoy**, v. 76, p. 2671-2677, 1998

BROSH, A. Heart rate measurements as an index of energy expenditure and energy balance in ruminants: a review. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 85, p. 1213-1227, 2007.

BROSH, A.; *et al.* Energy balance of grazing beef cattle in Mediterranean pasture, the effects of stocking rate and season. 2. Energy expenditure as estimated from heart rate and oxygen consumption, and energy balance. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 90, p. 101–115, 2004.

BROUWER, E. Report of Sub-committee on Constants and Factors. In: Proceedings of 3rd Symposium on Energy Metabolism. EEAP Publication 11. Academic Press, London, 1965

CASTRO BULLE, F.C. *et al.* Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. **Journal of Animal Science, Savoy**, v. 85, p. 928-936, 2007.

CASTRO, K. J. Torta de babaçu: consumo, digestibilidade, desempenho, energia metabolizável, energia líquida e produção de metano em ruminantes. 2012. 89f. Tese (D.sc.). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2012

CEESAY, S.M. *et al.* The use of heart rate monitoring in the estimation of energy expenditure: a validation study. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 61, p. 175–186, 1989.

CLOSE, W.H. The evaluation of feedstuffs through calorimetry studies. In: WISEMAN, J., COLE, D.J.A. (Ed.). **Feedstuffs evaluation**. London: Butterworths, 1990. p. 21–39.

FERRANNINI, E. The theoretical basis of indirect calorimetry: a review. **Metabolism**, Pisa, v.37, p. 287–301, Mar. 1988

LANDAU, S. et al. Energy expenditure in Awassi sheep grazing wheat stubble in the northern Negev Desert of Israel. **Livestock Science**, v. 105, n. 1, p. 265-271, 2006.

LAVOISIER, A. L.; LAPLACE, P. S. M. Mémoire sur la Chaleur. *Memoires de L'Academie des Sciences*, Paris, p.283-333, 1780.

LIVINGSTONE, M.B.E. Heart-rate monitoring: The answer for assessing energy expenditure and physical activity in population studies. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 78, p. 869–871, 1997.

MACHADO, F.S. **Digestibilidade, partição de energia e produção de metano em ovinos alimentados com silagens de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação**. 2010. Tese (Doutorado em Zootecnia) – UFMG, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG

MEDEIROS, L. F. D.; VIEIRA, D. H. **Bioclimatologia animal**. Ministério da Educação e Cultura. UFRRJ, 1997

MEDEIROS, S. R.; ALBERTINI, T. Z. Partição de energia e sua determinação na nutrição de bovinos de corte. In Embrapa gado de corte. **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. 1. ed. Brasília, DF, 2015. p 17-26

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7th ed. Washington: National Academic Press, 1996. 244 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements for Sheep**. Press, Washington: National Academy. 1985.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. National Academic Press, 2007.

NICOL, A.M.; YOUNG, B.A. Short-term thermal and metabolic responses of sheep to ruminal cooling: effects of level of cooling and physiological state. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 70, p. 833-843, 1990.

PAYNE, P.R.; WHEELER, E.F.; SALVOSA, C.B. Prediction of daily energy expenditure from average pulse rate. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 24, p. 161-170, 1971.

RODRIGUEZ, N.M. *et al.* A calorimetry system for metabolism trials. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 2, p. 495-500, 2007

SAS - Statistical Analysis System. 2004. User's guide to statistics. Versão 8. Cary: SAS Institute

SIMONSON, D. C.; DEFRONZO, R. A. Indirect calorimetry: methodological and interpretative problems. **The American journal of physiology**, v. 258, n. 3 Pt 1, p. E399, 1990

WEBSTER, A. J. Continuous measurement of heart rate as an indicator of the energy expenditure of sheep. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 21, p. 769–785, 1967.

YAMADA, T. M. *et al.* **Modelo de calorímetro indireto experimental**. Acta cir. bras, v. 4, n. 1, p. 30-5, 1989.