

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO EM ZOOTECNIA**

VALDIR DA TRINDADE FILIPINI

GASTO ENERGÉTICO PARA DESLOCAMENTO EM BOVINOS

Marechal Cândido Rondon - PR

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO EM ZOOTECNIA

VALDIR DA TRINDADE FILIPINI

GASTO ENERGÉTICO PARA DESLOCAMENTO EM BOVINOS

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como requisito parcial do Programa de Pós Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição Animal, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia

Orientador: Dr. Ériton Egidio Lisboa Valente
Co-Orientador: Eduardo Eustáquio Mesquita

Marechal Cândido Rondon - PR

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO EM ZOOTECNIA

VALDIR DA TRINDADE FILIPINI

GASTO ENERGÉTICO PARA DESLOCAMENTO EM BOVINOS

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como requisito parcial do Programa de Pós Graduação em Zootecnia para obtenção do título de Mestre em Zootecnia

Marechal Candido Rondon,

BANCA EXAMINADORA

Profº Dr.Ériton Egidio Lisboa Valente
Orientador – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profº Dr. Eduardo Eustáquio Mesquita
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª. Silvana Teixeira Carvalho
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Drª. Ludmila Couto Gomes
Universidade Federal de Sergipe

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente a Deus.

A Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) e ao programa de Pós Graduação em Zootecnia, pela oportunidade.

Ao Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

Ao orientador, Ériton Egidio Lisboa Valente, e ao co-orientador Eduardo Eustáquio Mesquita, por toda a atenção, dedicação e ensinamentos e pela ajuda em momentos difíceis.

Aos meus pais, Marisolde Filipini e Djalma Filipini (In memoriam), pelo apoio dado durante toda minha vida acadêmica, ao meu irmão, Danilo Filipini, pelo carinho e amizade.

Aos professores do programa de Pós graduação, pelos ensinamentos.

Aos integrantes do Núcleo de Estudos e Atividades em Pecuária de Corte (NEAPEC), sem eles não seria possível a execução dos trabalhos.

Ao secretário do Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Paulo Morsch.

A todos que de alguma forma ajudaram-me durante o mestrado.

EPÍGRAFE

Tapeando o Sombreiro

Quem sabe os gaúchos, os homens do sul, da serra ou missões

Um dia por certo vão cantar para todos e falarem daqui...

Quem sabe a campanha, a fronteira do pampa aqui do garrão

Um dia por certo vai "gumentar" o tirão e vai pensar mais em si...

Quem sabe um dia as guitarras campeiras, entoem milongas

Falando do campo, contando do sul, para o pago inteiro.

E as nossas cordeonas acordem os vizinhos, que dormem a tempo

Com sons de clarins, dizendo a todos um "buenas parceiro".

O sul, um dia vai falar por nós, com toda a sua voz!

O sul, um dia vai falar por nós, com a sua própria voz!

**"quem sabe um dia os cavalos crioulos aqui da fronteira,
Esbarrem no norte erguendo poeira, com um freio de ouro...**

E o sangue dos pampas, dos dévons e angus

Corra pelas veias do brasil central, parindo divisas,

Além de outros touros".

Quem sabe o rio grande vai servir um mate cevado a capricho

Pra adoçar a alma dos que se extraviaram por toda a nação.

E assim um campeiro alcance outro mate com jujos na água

Recém camboneada do rio Araguaia, pra palma da mão.

Quem sabe o rio grande ensine a todos a força de um povo

Que canta sua terra, que luta e trabalha e a conhece de cor.

Quem sabe o gaúcho vai mostrar sua cara e por brasileiro

Tapeando o sombrero, lhe olhem de perto e lhe vejam melhor!

(Gujo Teixeira/Mauro Moraes)

RESUMO

O uso da frequência cardíaca na determinação das exigências energéticas em bovinos tem sido utilizado, através da metodologia do Pulso de Oxigênio (O₂P). O método do O₂P, que é a relação do consumo de oxigênio por batimento cardíaco, é uma alternativa para se estimar o gasto energético em bovinos. Foram realizados três experimentos buscando estimar o gasto energético para deslocamento em bovinos. O primeiro experimento objetivou avaliar o gasto energético de bovinos em deslocamento em terrenos com diferentes inclinações. O experimento foi conduzido em três etapas, entre os meses julho e agosto de 2015; janeiro e fevereiro de 2016 e junho de 2016. Foram utilizadas 12 novilhas da raça Holandesa, quatro em cada etapa de coleta, com peso corporal de $271,5 \pm 59$ kg, em um delineamento inteiramente casualizado. O consumo de oxigênio mensurado com máscara respirométrica em circuito fechado. A frequência cardíaca obtida utilizando frequencímetro cardíaco automático. O O₂P foi estimado pela razão do consumo de oxigênio pela frequência cardíaca. O gasto energético foi calculado pela multiplicação do O₂P pela frequência cardíaca obtida em exercício em inclinações de 0, 6 e 12 %. Com relação frequência cardíaca durante a calibração, não foi observado efeito entre os diferentes tratamentos. O consumo de oxigênio também não apresentou efeito. O O₂P¹ não apresentou efeito, entretanto o O₂P² apresentou efeito quadrático. A frequência cardíaca no exercício não se alterou nos diferentes terrenos em que foram submetidos os animais, não apresentando portanto efeito entre eles. A produção de calor no repouso, apresentou efeito quadrático. Em relação a produção de calor em deslocamento, esta não apresentou efeito nos diferentes terrenos em que os animais se deslocaram. O incremento na produção de calor não apresentou efeito entre os tratamentos. A frequência cardíaca no repouso não apresentou diferença entre os terrenos avaliados. Foi encontrada diferença na frequência cardíaca quando comparada no repouso e no exercício, sendo esta maior no exercício em todas as inclinações. O gasto energético para locomoção de novilhas Holandesas é semelhante independente da inclinação do terreno, até valores de 12%. No segundo experimento objetivou correlacionar os efeitos do peso corporal metabólico e variáveis ambientais sobre o O₂P em bovinos. O experimento foi conduzido em quatro etapas, nos meses março e julho de 2015 e janeiro e julho de 2016. Foram utilizadas 12 novilhas da raça Holandesa, quatro em cada etapa de coleta, sendo que em janeiro e julho foram utilizados os mesmos animais, com peso corporal médio de $305,97 \pm 71,4$ kg. Para tal foram utilizados os mesmos dados obtidos no primeiro experimento durante a estimativa do O₂P. Foi encontrada baixa correção entre O₂P e índice de temperatura e umidade, temperatura de globo negro e peso metabólico. Quando analisada a frequência cardíaca, observou-se correlação negativa com essas variáveis. Foi encontrada baixa correlação

entre peso metabólico e variáveis ambientais sobre o pulso de Oxigênio. Já no terceiro experimento, objetivou avaliar a produção de calor de novilhas da raça Holandesa em exercício contínuo ou intermitente. O experimento foi conduzido em entre os meses de junho e agosto de 2016. Foram utilizadas 4 novilhas da raça Holandesa com peso corporal médio de $302,75 \pm 67$ kg. O consumo de oxigênio foi mensurado usando-se máscara respirométrica de circuito fechado, sendo que os animais permaneceram com a máscara durante todo o tempo de avaliação. A máscara respirométrica foi conectada a dois tubos com exaustores para circular continuamente o ar entre a máscara e o container e ao focinho do animal. Foram avaliados três tratamentos, repouso, locomoção contínua e intermitente. O deslocamento era realizado em circuito circular com 15,4 m de distância. A produção de calor foi calculada pela multiplicação do consumo de oxigênio, assumindo 4,89 kcal/L O₂ consumido. A velocidade dos animais no exercício contínuo e intermitente não apresentou efeito. Com relação ao consumo de oxigênio não foi encontrado efeito quando comparados os tipos de exercício. Quando comparado o repouso com o exercício, foi observado efeito. A produção de calor não apresentou efeito entre os tipos de exercício, apenas entre o repouso e os exercícios. O incremento na produção de calor, não apresentou efeito entre o exercício contínuo e intermitente. Não foi observado efeito do tipo de exercício na produção de calor em novilhas da raça Holandesa.

Palavras chave: exercício, frequência cardíaca, oxigênio, produção de calor

ABSTRACT

Energy spending for cattle displacement

The use of heart rate in the determination of energy requirements in cattle has been used, using the Oxygen Pulse (O_2P) methodology. The O_2P method, which is the relation of oxygen consumption by heart rate, is an alternative to estimate energy expenditure in cattle. Three experiments were carried out to estimate the energy expenditure for displacement in cattle. The first experiment aimed to evaluate the energetic expenditure of cattle in displacement on lands with different slopes. The experiment was conducted in three stages between July and August 2015; January and February 2016 and June 2016. Twelve heifers of the Holstein breed were used, four at each collection stage, with a body weight of 271.5 ± 59 kg, in a completely randomized design. Oxygen consumption measured with respirometric mask in closed circuit. The heart rate obtained using an automatic heart rate monitor. O_2P was estimated by the ratio of oxygen consumption by heart rate. The energy expenditure was calculated by multiplying the O_2P by the heart rate obtained in exercise at slopes of 0, 6 and 12%. Regarding heart rate during calibration, no effect was observed between the different treatments. The oxygen consumption also had no effect. O_2P^1 had no effect, however, O_2P^2 had a quadratic effect. The heart rate in the exercise did not change in the different terrains in which the animals were submitted, thus not having any effect among them. The production of heat at rest showed a quadratic effect. In relation to the production of heat in displacement, this did not present effect in the different lands in which the animals moved. The increase in heat production did not show any effect among treatments. The heart rate at rest did not present a difference between the evaluated lands. A difference in heart rate was found when compared at rest and in the army, which is greater in the exercise on all inclines. The energy expenditure for locomotion of Holstein heifers is similar regardless of the slope of the land, up to 12%. The second experiment aimed to correlate the effects of metabolic body weight and environmental variables on O_2P in cattle. The experiment was conducted in four stages, in the months of March and July 2015 and in January and July of 2016. Twelve heifers of the Holstein breed were used, four at each collection stage, and in January and July the same animals were used. Average body weight of 305.97 ± 71.4 kg. For this, the same data obtained in the first experiment were used during the estimation of O_2P . We found low correction between O_2P and Temperature and Humidity Index, Black Globe Temperature and metabolic weight. When the heart rate was analyzed, it was observed a negative correlation with these variables. We found a low correlation between metabolic weight and environmental variables on the oxygen pulse. In the third experiment, the objective was to evaluate the heat production of Holstein heifers in continuous or intermittent

exercise. The experiment was conducted between June and August 2016. Four Holstein heifers with a mean body weight of 302.75 ± 67 kg were used. Oxygen consumption was measured using a closed-circuit respirometric mask, and the animals remained with the mask throughout the evaluation time. The respirometric mask was connected to two tubes with exhaust fans to continuously circulate the air between the mask and the container and the muzzle of the animal. Three treatments were evaluated: rest, continuous and intermittent locomotion. The displacement was performed in a circular circuit with 15.4 m distance. The heat production was calculated by multiplying the oxygen consumption, assuming 4.89 kcal / L O₂ consumed. The speed of the animals in continuous and intermittent exercise had no effect. With regard to oxygen consumption, no effect was found when comparing exercise types. When compared to rest with exercise, effect was observed. Heat production had no effect between the types of exercise, only between rest and exercise. The increase in heat production had no effect between continuous and intermittent exercise. No effect of the type of exercise was observed on heat production of Holstein heifers.

Keywords: exercise, heart rate, heat production, oxygen,

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	12
2.1 Exigências de energia, conceito de gasto energético.....	12
2.2 Técnicas utilizadas na determinação do gasto energético.....	13
2.3 Diferenças de ambiente de produção	16
REFERÊNCIAS.....	18
3. Artigo 1. Gasto energético de bovinos para deslocamento em terrenos com diferentes inclinações.....	20
3.1 Introdução.....	22
3.2 Material e Métodos.....	22
3.3 Resultados e Discussão.....	24
3.4 Conclusões.....	28
REFERÊNCIAS.....	27
4. Artigo 2. Peso metabólico e variáveis climáticas sobre o pulso de oxigênio.....	29
4.1 Introdução.....	31
4.2 Material e Métodos.....	31
4.3 Resultados e Discussão.....	33
4.4 Conclusões.....	35
REFERÊNCIAS.....	35
5. Artigo 3. Produção de calor de bovinos em locomoção contínua ou intermitente..	37
5.1 Introdução.....	39
5.2 Material e Métodos.....	39
5.3 Resultados e Discussão.....	41
5.4 Conclusões.....	42
REFERÊNCIAS.....	42

1. INTRODUÇÃO

A energia é considerada fator limitante à vida e às funções produtivas dos animais (Resende et al., 2011). Neste sentido Ferrell e Jenkins (1985) citam a importância dos requerimentos de energia para manutenção na produção de bovinos, considerando que 65 a 70% da energia metabolizável necessária são usados para satisfazer às necessidades de manutenção.

A determinação das exigências energéticas, seja para manutenção, crescimento ou produção, é tão importante quanto à determinação da proteína em dietas para ruminantes. (RESENDE et al., 2011). A exigência de energia para manutenção é definida como a quantidade de energia ingerida que resultará em nenhuma perda ou ganho líquido de tecido corporal (NRC (1996) e FONTES et al. (2005)).

O método mais utilizado na determinação das exigências nutricionais é o método fatorial, que divide a exigência dos animais em exigência de manutenção, ganho, gestação e lactação (RESENDE et al., 2011).

Em relação ao gasto energético dos animais, este foi determinado principalmente sob condições controladas e em confinamento, em decorrência da facilidade de se determinar com boa precisão o consumo alimentar dos animais. Estas condições não refletem necessariamente aquelas de animais livres ou de gado comercial em confinamento (BROSH et al., 1998; BROSH, 2007; FONTES et al., 2005).

Existem vários fatores que podem afetar ou alterar as exigências dos animais em produção. Para o NRC (1996) esses fatores são: raça, sexo, idade, temperatura, estado fisiológico, nutrição previa e atividade dos animais. Quando considerado o gasto de energia de bovinos em pastagens, este é influenciado pelos fatores inter-relacionados de oferta de forragem e qualidade, condições ambientais e comportamento (BROSH et al., 2010). O NRC 1996 cita ainda o nível e o tempo de alimentação e digestão, pelagem, nível de produção, e as estações do ano, como fatores que podem afetar o gasto energético de animais.

Como os animais precisam se deslocar nas áreas de pastagens, a procura de alimento e água, tem que ser considerado o gasto energético em exercício, este gasto está relacionado principalmente a atividades de locomoção e alimentação. Normalmente, a base de comparação para o gasto adicional destas atividades é um animal deitado em ócio, onde as atividades físicas são mínimas (BROSH et al., 2010).

Esforço significativo tem sido investido ao longo das últimas décadas para o desenvolvimento de métodos para estimar o gasto energético de animais em seus ambientes naturais. Brosh (2007) cita que vários métodos foram desenvolvidos para medir o gasto

energético dos animais em seu ambiente natural, utilizando medida indireta do consumo de oxigênio ou produção de CO₂.

Para a determinação das exigências nutricionais de energia em bovinos podem ser utilizadas diferentes metodologias, tais como, abates comparativos, experimentos de longa duração, para determinação do nível de alimentação necessária para a manutenção de peso constante e métodos calorimetria (FONTES et al., 2005; REIS e SILVA, 2011).

Na técnica de abates comparativos, animais representativos de um grupo são abatidos no início do experimento e a composição de seu corpo vazio, é determinada (FERREIRA, 2014). Outra técnica utilizada na determinação das exigências nutricionais de energia em bovinos é a calorimetria, que pode ser direta ou indireta (AGNEW e YAN, 2005).

Estimativa do gasto energético em animais de grande porte baseado na frequência cardíaca foi avaliada por vários autores (WEBSTER, 1967; YAMAMOTO et al, 1979; YAMAMOTO, 1989). Essa metodologia consiste na estimativa da frequência cardíaca medida ao longo de vários dias, relacionando ao Pulso de Oxigênio (O₂P), ou seja, o consumo de O₂ por batimento cardíaco, medido em um curto período de tempo, sendo possível estimar o gasto energético em bovinos (BROSH, 2007).

Em condições similares de produção, animais em pastejo requerem mais energia que animais mantidos em regime de confinamento, devido aos animais de pastejo terem que se deslocar por locais com relevo com maior inclinação e demandarem mais tempo com alimentação do que animais confinados, apresentando assim gasto extra de energia (REIS e SILVA, 2011; MORAES, 2009).

Com relação a essas diferenças de relevo, Di Marco (1998) cita um gasto de deslocamento maior quando o animal está em um terreno mais inclinado em comparação ao terreno plano, devido ao maior esforço exercido pelo animal, mostrando um aumento nos requerimento energéticos do animal.

Do mesmo modo, a velocidade com que esse animal se desloca na área, influencia e altera o seu requerimento energético. Di Marco (1998) cita um aumento do gasto energético a medida que o animal se desloca com maior velocidade na área.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Exigências de energia, conceito de gasto energético

A energia é definida como o potencial para realizar trabalho. Ela pode ser mensurada durante sua transformação de uma forma para outra e pode ser expressa em diversas unidades, sendo o Joule (J) e a caloria (cal), as unidades preferenciais para quantificar a energia (NRC, 1996).

Ela pode ser representada em diferentes formas: energia bruta, energia digestível, energia metabolizável e energia líquida. A energia bruta representa o total de energia liberada durante a completa oxidação de uma amostra na bomba calorimétrica, porém tem utilização limitada na nutrição animal, por não indicar a disponibilidade desta energia para o animal. A energia digestível aparente é a diferença entre a energia bruta consumida e excretada nas fezes. A energia metabolizável é calculada descontando-se da energia digestível as perdas energéticas na forma de urina e gases, representando a fração energética que será utilizada pelo animal ou perdida como calor. A energia líquida é definida como a energia disponível para os processos de manutenção e, para fins produtivos, é subdividida, em função de diferenças na eficiência energética, em energia líquida de manutenção e energia líquida de produção (RESENDE, 2011).

A energia utilizada pelos animais é obtida dos alimentos através de processos digestivos e metabólicos, considerados energeticamente ineficientes, devido a perdas que ocorrem em cada um dos diversos estágios de assimilação de nutrientes (MARCONDES et al., 2010), sendo o componente que mais limita a produtividade animal, e conjuntamente com a proteína, representam as frações de maior participação no custo de alimentação (POSADA et al., 2011).

A energia é considerada fator limitante à vida e às funções produtivas dos animais (RESENDE et al., 2011). Neste sentido Ferrell & Jenkins, (1985) citam que a importância dos requerimentos de energia para manutenção na produção de bovinos é evidenciada ao se considerar que 65 a 70% da energia metabolizável necessária para produção são usados para satisfazer às necessidades de funções de manutenção.

O método mais utilizado na determinação das exigências nutricionais é o método fatorial, que divide a exigência dos animais em exigência de manutenção, ganho, gestação e lactação (RESENDE et al., 2011). A exigência de energia para manutenção, segundo NRC (1996) e Fontes et al. (2005) pode ser definida como a quantidade de energia ingerida que resultará em nenhuma perda ou ganho líquido de tecido corporal.

O gasto energético dos animais, foi determinado principalmente sob condições controladas e em confinamento, em decorrência da facilidade de se determinar com boa precisão o consumo alimentar dos animais. Estas condições não refletem necessariamente aquelas de animais livres ou de gado comercial em confinamento (BROSH et al., 1998; BROSH, 2007; FONTES et al., 2005). Entretanto, seria desejável determinar as exigências em condições idênticas às aquelas em que o animal é explorado comercialmente, ou seja, em regime de pastejo, no caso da produção pecuária brasileira (FONTES et al., 2005), que representa cerca de 97% dos animais criados neste sistema (ABIEC, 2016).

Em relação ao gasto energético em exercício, esse gasto está relacionado principalmente a atividades de locomoção e alimentação. As atividades de locomoção podem ser divididas em razão da declividade do terreno e em função da velocidade do animal. Normalmente, a base de comparação para o gasto adicional destas atividades é um animal deitado em ócio, onde as atividades físicas são mínimas. Contudo, a maior parte da energia gasta em atividades físicas em animais em pastejo é relacionada ao deslocamento do animal (BROSH et al., 2010).

Neste sentido Aharoni et al. (2009) citam valores para gasto energético de vacas de dois grupos genéticos (Beefmaster x Simford, Baladi) em repouso e em pastejo, de 11,7 e 22,2 Kcal/kg^{0,75}.dia⁻¹ e 12,6 e 21,2 Kcal/kg^{0,75}.dia⁻¹ entre os grupos genéticos, estando também de acordo com os citados por Brosh et al. (2006), que relataram valores de 10,9 e 21,7 Kcal/kg^{0,75}.dia⁻¹ para vacas em repouso e pastejando, respectivamente.

O gasto de energia de bovinos em pastagens é influenciado pelos fatores inter-relacionados de oferta de forragem e qualidade, condições ambientais e comportamento (BROSH et al., 2010). O NRC (1996) cita ainda o nível e o tempo de alimentação e digestão, pelagem, nível de produção, e as estações do ano, como fatores que podem afetar o gasto energético de animais.

Esforço significativo tem sido investido ao longo das últimas décadas para o desenvolvimento de métodos para estimar o gasto energético de animais em seus ambientes naturais. O desenvolvimento moderno da microeletrônica e miniaturização computadorizada oferece uma ampla margem para gravação de dados biológicos (BROSH, 2007). Desta forma Brosh (2007) cita ainda que vários métodos foram desenvolvidos para medir o gasto energético dos animais em seu ambiente natural, utilizando medida indireta do consumo de oxigênio ou produção de CO₂.

2.2 Principais técnicas utilizadas na determinação do gasto energético

Para a determinação das exigências nutricionais de energia em bovinos podem ser utilizadas diferentes metodologias, tais como, abates comparativos, experimentos de longa duração, para determinação do nível de alimentação necessária para a manutenção de peso constante e métodos calorimetria (FONTES et al., 2005; REIS e SILVA, 2011).

Com relação a técnica do abate comparativo, ela foi primeiramente empregada por Lawes e Gilbert, em 1861, em experimento que demonstraram pela primeira vez que carboidratos são a maior fonte de energia, levando a síntese de gordura. Mas foi Garret e seus colaboradores que, em 1959, popularizaram o uso dessa técnica. A partir de então foi utilizada nos trabalhos que constituíram a base das recomendações de comitês, como NRC, AFRC entre outros (RESENDE et al., 2011).

Na técnica de abates comparativos, animais representativos de um grupo são abatidos no início de um experimento e a composição de seu corpo vazio, incluindo a carcaça, sangue, cabeça, couro, pés, cauda, vísceras e órgãos, mas excluindo o conteúdo do trato gastrointestinal e bexiga, é determinada (FERREIRA, 2014).

A energia retida pelo animal pode ser determinada diretamente por essa técnica, em que a determinação da energia retida num período de tempo é feito pela diferença da composição corporal de animais abatidos no início e no final de um período experimental pré-determinado. Nesse caso, a energia metabolizável é determinada separadamente em ensaios de metabolismo, e a energia das perdas gasosas geralmente é estimada. A produção de calor nesse caso, é calculada pela diferença da ingestão de energia metabolizável e a energia retida (RESENDE et al., 2011).

Outra técnica utilizada na determinação das exigências nutricionais de energia em bovinos é a calorimetria, que pode ser direta ou indireta. O princípio básico da calorimetria é a mensuração da produção de calor do organismo, a qual pode ser realizada de maneira direta, que consiste em mensurar o calor propriamente dito produzido por um organismo, por meio da alteração de temperatura que este provoca no meio. Outra maneira de mensurar a quantidade de calor produzida por um animal é por meio da quantificação de produtos do metabolismo animal, por exemplo as trocas gasosas realizadas com o meio, calorimetria indireta (AGNEW e YAN, 2005).

Por meio de calorimetria o custo da energia pode ser estimada, sendo o calor produzido pelos animais medido como produção de calor total, que inclui o calor utilizado para a manutenção e desperdiçado como incremento calórico (RODRIGUEZ et al., 2007).

A calorimetria indireta um método não invasivo realizado a mais de um século que estima a produção de calor pelas trocas gasosas. Tradicionalmente a calorimetria indireta é

usada para mensurar a produção de calor de animais individualmente em câmaras respirométricas. Contudo, estas câmaras não representam o ambiente real de produção com limitação na movimentação do animal podendo afetar a exigência do animal (NRC 1996; BROSH, 2007). Esse método permite a determinação das exigências nutricionais de energia líquida para manutenção de bovinos sem o abate (PRADOS, 2012), e apresenta-se como excelente opção, em que toda a energia produzida pelo organismo animal, na forma de calor, pode ser determinada por meio de mensurações das trocas gasosas (consumo de oxigênio e produção de gás carbônico e metano) combinado com a excreção de nitrogênio urinário (REIS e SILVA, 2011).

Atualmente o método mais utilizado é o que relaciona a produção de calor e o consumo de energia metabolizável de forma exponencial. Nesse modelo, o intercepto da equação seria a exigência de energia líquida para manutenção e o ponto em que a produção de calor e o consumo de energia metabolizável são iguais representa a exigência de energia metabolizável para manutenção (MARCONDES et al., 2011).

Devido aos custos, principalmente nos equipamentos utilizados e no tempo para estimar as exigências de energia, outros métodos estão sendo empregados para esse fim, como por exemplo o método do pulso de oxigênio.

O método do O_2P , que é a relação do consumo de oxigênio por batimento cardíaco, é uma alternativa para se estimar o gasto energético em bovinos. Esse método consiste em medir o consumo de oxigênio por um curto período de tempo, entre 10 a 15 minutos (BROSH, 2007). Com relação à frequência cardíaca, Brosh et al. (1998) citam que com valores obtidos de O_2P ao longo de um tempo relativamente curto, o gasto energético pode ser estimado, multiplicando os valores de O_2P pelos valores medidos da frequência cardíaca ao longo do dia.

Com relação à precisão desse método, Brosh (2007), demonstram que usando apenas um dia de mensuração da frequência cardíaca combinada com uma mensuração O_2P pode causar um erro de cerca de 6% na estimativa do gasto energético individual, entretanto ao se utilizar 4 dias de gravação da frequência cardíaca e 2 medições O_2P pode-se reduzir o potencial de erro para cada animal em até 2,5%.

Alguns cuidados devem ser tomados no momento da mensuração do consumo de oxigênio e da frequência cardíaca. O O_2P é medido em animais em uma área restrita, em espaço relativamente estreito; supõe-se que para representar a razão consumo de O_2 :frequência cardíaca de animais criados soltos e ao longo do dia, e, por conseguinte, o animal não deve estar sob tensão, o que pode ser causado por tratamento inadequado. Quando os animais são forçados, a frequência cardíaca aumenta a uma taxa proporcionalmente maior do que o consumo de O_2

subestimando os valores de O_2P e, conseqüentemente, o seu gasto energético também será subestimado (BROSH, 2007).

2.3 Diferenças de ambiente de produção (confinamento, pastejo, grupo genético)

Existem vários fatores que podem alterar as exigências dos animais. De acordo com o NRC (1996) esses fatores são: raça, sexo, idade, temperatura, estado fisiológico, nutrição previa e atividade dos animais.

Em condições similares de produção, animais em pastejo requerem mais energia que animais mantidos em regime de confinamento, devido aos animais de pastejo terem que se deslocar por locais com relevo com maior inclinação e demandarem mais tempo com alimentação que animais confinados, apresentando assim gasto extra de energia (REIS e SILVA, 2011; MORAES, 2009). Neste sentido Brosh et al., (2006) & Aharoni et al., (2009) apontam que essas atividades de pastejo podem aumentar as necessidades de energia quando comparado com os de animais confinados.

Com relação as diferenças de relevo, Di Marco (1998) mencionam um custo de deslocamento de 9,0 e 16,4 Kcal/km/100 kg, em terreno plano e com inclinação de 6%, respectivamente, mostrando um aumento nos requerimento energéticos do animal. Esse aumento pode ser atribuído ao maior esforço físico pelo animal no deslocamento em terrenos com inclinação.

Do mesmo modo, a velocidade com que esse animal se desloca na área, influencia e altera o seu requerimento energético. Di Marco (1998) relata um aumento do gasto energético de 11%, 29% e 40% para bovinos se deslocando com velocidade de 1, 2, ou 4 km/h, respectivamente. Isso representaria 8,7; 23,9 e 32,9 Kcal/km/100 kg de gasto adicional.

Ainda em relação as diferenças entre animais confinados e criados a pasto, Marcondes et al. (2010) mencionam valores de energia líquida para manutenção para animais em confinamento maior que para animais em pastejo ($74,2 \times 71,4 \text{ Kcal/PCVZ}^{0,75} \cdot \text{dia}^{-1}$). A diferença encontrada, pode ser atribuída ao fato de que animais criados a pasto desenvolvem adaptações em seu metabolismo basal de forma a melhor suportarem as condições do meio, reduzindo o custo energético associado as funções vitais básicas.

O ambiente também pode alterar as exigências para manutenção, que em parte é formada pelas necessidades de energia para manter a temperatura corporal. Fatores como radiação solar, vento, temperatura e chuva, entre outros, influenciam os requisitos de energia. Em um intervalo de temperatura, chamado de ambiente termoneuro, não há alteração dos requisitos de energia

para manutenção. Abaixo da temperatura crítica inferior, entretanto, o animal deverá aumentar a produção metabólica de calor para manter a temperatura corporal constante. Por outro lado, acima da temperatura crítica superior, o animal deverá dissipar mais calor para que sua temperatura corporal não se eleve muito (REIS e SILVA, 2011). Essa temperatura crítica pode ser obtida através de índices bioclimáticos, entre eles o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), que relaciona temperatura ambiente e umidade relativa. Segundo Pires (2004), o estresse térmico pode ser classificado com a variação de ITU normal (menor ou igual a 70), alerta, condições climáticas no limite (de 70 a 72), alerta, e acima do índice crítico para a produção de leite (72 a 78), perigo (78 a 82), emergência (acima de 82).

Outro fator importante na determinação das exigências nutricionais em bovinos é relacionado a raça ou grupo racial. Segundo Paulino et al. (1999) a menor exigência de energia para manutenção dos animais zebuínos pode estar associada à utilização mais eficiente da energia para manutenção em relação ao taurinos ou ao menor metabolismo basal.

Para zebuínos, o NRC (1996), sugere a adoção de um desconto de 10% na exigências de energia líquida para manutenção (EELm) em relação ao valor utilizado para animais *Bos taurus*. Este mesmo sistema mostra que a EELm de machos inteiros é 15% maior do que a exigência de fêmeas e machos castrados. Neste sentido, Hoffmann (2007), cita ainda que as exigências de energia de manutenção de animais zebuínos em condições brasileiras são realmente inferiores às dos animais taurinos.

Neste sentido, a principal limitação para a elaboração de uma dieta para animais é conhecer o requerimento de energia para manutenção, pois além da energia necessária para a manutenção do metabolismo basal do animal é necessário prever o quanto de energia é requerida pelo animal para desenvolver atividades básicas para sua sobrevivência, tais como: deslocamento pela pastagem, busca e apreensão do alimento, deslocamento em diferentes declividades, deslocamento em presença de lama ou temperaturas fora da zona termoneutra, entre outros (REIS e SILVA, 2011).

REFERÊNCIAS

- ABIEC. Pecuária Brasileira. Disponível em: <www.abiec.com.br3_pecuaria.asp>. Acesso em: 12/12/2016.
- AGNEW, R. E.; YAN, T. Calorimetry. In: Dijkstra, j.; Forber, J.M.; France, J. **Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism**. 2.ed. France. 2005.
- AHARONI, Y.; HENKIN, Z.; EZRA, A. et al. Grazing behavior and energy costs of activity: A comparison between two types of cattle. **Journal of Animal Science**, v.87, p.2719-2731, 2009.
- BROSH, A.; AHARONI, Y.; DEGEN, A.A. et al. Estimation of energy expenditure from heart rate measurements in cattle maintained under diferente conditions. **Journal of Animal Science**, v.76, p.3054-3064, 1998.
- BROSH, A.; HENKIN, Z.; UNGAR, E.D. et al. Energy cost of cows grazing activity: Use of the heart rate method and the Global Positioning System for direct field estimation. **Journal of Animal Science**, v.84, p.1951-1967, 2006.
- BROSH, A. Heart rate measurements as an index of energy expenditure and energy balance in ruminants: a review. **Journal of Animal Science**, v.85, p.1213–1227, 2007.
- BROSH, A.; HENKIN, Z.; UNGAR, E.D. et al. Energy cost of activities and locomotion of grazing cows: A repeted study in larger plots. **Journal of Animal Science**, v.88, p.315–323, 2010.
- DI MARCO, O.N.; AELLO, M.S. Energy cost of cattle walking on the level and on a gradient. **Journal Range Manage**, v.51, p.9-13, 1998.
- FERREIRA, A.L. **Exigências nutricionais de energia de bovinos machos F1 Holandês x Gir determinadas pelas metodologias de abates comparativos e respirometria calorimétrica**. 2014. 111f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- FERRELL, C. L.; JENKINS, T. G. Cow type and the nutritional environment: Nutritional aspects. **Journal of Animal Science**, v.61, n.3, p.725-741, 1985.
- FONTES, C.A.A.; OLIVEIRA, R.C.; ERBESDOBLER, E.D. et al. Uso do abate comparativo na determinação da exigência de energia de manutenção de gado de corte pastejando Capim-elefante: descrição da metodologia e dos resultados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1721-1729, 2005.
- HOFFMANN, B.M. **Parametrização e validação de um modelo de estimativa das exigências e do desempenho de gado de corte**. 2007. 113f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba.
- MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C. et al. **Exigências nutricionais de energia para bovinos de corte**. In: Valadares Filho, S. C. et al. Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados- BR-CORTE. 2 ed. Viçosa - MG:UFV,DZO, 2010, 193p.
- MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; OLIVEIRA, I.M. et al. Exigências de energia de animais Nelore puros e mestiços com as raças angus e Simental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.872-881. 2011.
- MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, M.F.; MORAES, K.A.K. et al. Exigências de energia de bovinos de corte em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.933-940, 2009.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrients Requirements of Beef Cattle**. 7th ed. Washington, d.c.: national academic press, 1996. 242p.
- PAULINO, M.F.; FONTES, C.A.A.; JORGE, A.M. et al. Exigências de energia para manutenção de bovinos Zebuínos não-castrados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.3, p.621-626, 1999.

- PIRES, M.F.A.; CAMPOS, A.T. **Modificações ambientais para reduzir o estresse calórico em gado de leite**. Juiz de Fora, Embrapa Gado de Leite, 2004. (Comunicado Técnico, 42).
- POSADA, S.L.; NOGUERA, R.R.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Exigências energéticas para gado de corte: conceitos e resultados experimentais em condições tropicais. **Revista Colombiana de Ciências Pecuárias**, v.24, p.623-633, 2011.
- PRADOS, L.F. **Desempenho e exigências nutricionais de bovinos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de Cálcio e Fósforo**. 2012. 112f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.
- REIS E SILVA, R. **Respirometria e determinação das exigências de energia e produção de metano de fêmeas bovinas leiteiras de diferentes genótipos**. 2011. 61f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.
- RESENDE, K.T.; TEIXEIRA, I.A.M.; FERNANDES, M.H.M.R. Metabolismo de energia. In: **Nutrição de ruminantes**. Berchielli, T.T.; Pires, AV.; Oliveira, S.G. Jaboticabal: FUNEP, 2011, p. 323-344.
- RODRIGUEZ, N.M.; CAMPOS, W.E.; LACHITA, M.L. et al. A calorimetry system for metabolism trials. **Arquivo Brasileiro de Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.2, p.495-500, 2007.
- WEBSTER, A.J.F. Continuous measurement of heart rate as an indicator of the energy expenditure of sheep. **British Journal of Nutrition**, v.21, p.769-785, 1967.
- YAMAMOTO, S.; McLEAN, J.A.; DOWNIE, A.J. Estimation of heat production from heart-rate measurements in cattle. **British Journal of Nutrition**, v.42, p.507-513, 1979.
- YAMAMOTO, S. Estimation of heat production from heart rate measurements of free living farm animals. **Faculty of Applied Biological Science, Hiroshima University**, v.23, p.134-143, 1989.

3. GASTO ENERGÉTICO DE BOVINOS PARA DESLOCAMENTO EM TERRENOS COM DIFERENTES INCLINAÇÕES

Resumo: Objetivou-se avaliar o gasto energético de bovinos em deslocamento em terrenos com diferentes inclinações. O experimento foi conduzido em três etapas, entre os meses julho e agosto de 2015; janeiro e fevereiro de 2016 e junho de 2016. Foram utilizadas 12 novilhas da raça Holandesa, quatro em cada etapa de coleta, com peso corporal médio de $271,5 \pm 59$ kg, em um delineamento inteiramente casualizado. O consumo de oxigênio mensurado com máscara respirométrica em circuito fechado. A frequência cardíaca obtida utilizando frequencímetro cardíaco automático. O pulso de oxigênio (O_2P) foi estimado pela razão do consumo de oxigênio (L/minuto) pela frequência cardíaca (batimento/minuto). O gasto energético foi calculado pela multiplicação do O_2P pela frequência cardíaca obtida em exercício. Com relação frequência cardíaca durante a calibração, não foi observado efeito entre os diferentes tratamentos. O consumo de oxigênio também não apresentou efeito. O O_2P^1 não apresentou efeito, entretanto o O_2P^2 apresentou efeito quadrático. A frequência cardíaca no exercício não se alterou nos diferentes terrenos em que foram submetidos os animais, não apresentando portanto efeito entre eles. A produção de calor no repouso apresentou efeito quadrático. Em relação a produção de calor em deslocamento, esta não apresentou efeito nos diferentes terrenos em que os animais se deslocaram. O incremento na produção de calor não apresentou efeito entre os tratamentos. A frequência cardíaca no repouso não apresentou diferença entre os terrenos avaliados. Foi encontrada diferença na frequência cardíaca quando comparada no repouso e no exercício, sendo esta maior no exercício em todas as inclinações. O gasto energético para locomoção de novilhas Holandesas é semelhante independente da inclinação do terreno, até valores de 12%.

Palavras-chave: calibração, consumo de oxigênio, incremento calórico

3. SPENDING CATTLE ENERGY FOR SHIFTING IN LAND WITH DIFFERENT SLOPES

Abstract: The objective of this study was to evaluate the energy expenditure of cattle in displacement on lands with different slopes. The experiment was conducted in three stages between July and August 2015; January and February 2016 and June 2016. Twelve heifers of the Holstein breed were used, four at each collection stage, with a mean body weight of 271.5 ± 59 kg, in a completely randomized design. Oxygen consumption measured with respirometric mask in closed circuit. The heart rate obtained using an automatic heart rate monitor. The oxygen pulse (O_2P) was estimated by the ratio of oxygen consumption (L / minute) by heart rate (beat / minute). Energy expenditure was calculated by multiplying O_2P by the heart rate obtained during exercise. Regarding heart rate during calibration, no effect was observed between the different treatments. The oxygen consumption also had no effect. O_2P^1 had no effect, however, O_2P^2 had a quadratic effect. The heart rate in the exercise did not change in the different terrains in which the animals were submitted, thus not having any effect among them. Heat production at rest showed a quadratic effect. In relation to the production of heat in displacement, this did not present effect in the different lands in which the animals moved. The increase in heat production did not show any effect among treatments. The heart rate at rest did not present a difference between the evaluated lands. A difference in heart rate was found when compared at rest and in the army, which is greater in the exercise on all inclines. The energy expenditure for locomotion of Holstein heifers is similar regardless of the slope of the land, up to 12%.

Keywords: calibration, heart increment, oxygen consumption

3.1 Introdução

A energia é considerada fator limitante à vida e às funções produtivas dos animais. A determinação das exigências energéticas, seja para manutenção, crescimento ou produção, é tão importante quanto à determinação da proteína em dietas para ruminantes (RESENDE et al., 2011).

A importância dos requerimentos de energia para manutenção na produção de gado de corte é evidenciada ao se considerar que 65 a 70% da energia metabolizável necessária para produção de carne são usados para satisfazer às necessidades de funções de manutenção (FERREL e JENKINS, 1985).

Diferentemente da produção em confinamento, bovinos criados a pasto gastam grande parte do dia caminhando e colhendo forragem e apresentam gasto extra de energia. A atividade de pastejar pode aumentar os requerimentos de energia de bovinos criados a pasto em comparação aos confinados (MORAES, 2009; BROSH, 2006). Neste sentido Valadares Filho et al., (2010), citam exigência de manutenção de animais criados em pastagens é 10% superior a animais em confinamento, como resultado do gasto adicional de energia para atividade física.

Vários fatores ainda podem afetar o gasto energético dos bovinos, relacionados a dieta, ao ambiente de produção, aos animais e a interação entre eles (BROSCH, 2007, 2010).

Um fator ambiental importante na quantificação do gasto energético está relacionado com o tipo de terreno da pastagem, onde uma maior inclinação gera um esforço maior por parte do animal, acarretando em um gasto energético maior. Isso pode ser observado nos dados citados por Di Marco (1998) onde os animais que se deslocaram em um terreno com inclinação de 6% apresentaram um gasto energético maior quando comparados aos animais que se deslocaram em um terreno plano. Objetivou-se avaliar o gasto energético de bovinos em deslocamento em terrenos com diferentes inclinações.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Prof. Dr. Antônio Carlos dos Santos Pessoa, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná- Campus de Marechal Cândido Rondon, -24°31'55.7" S, -54°01'23.1" W, em três etapas, entre os meses junho e agosto de 2015; janeiro e março de 2016 e maio e junho de 2016. Foram utilizadas 12 novilhas da raça Holandesa, oriundas de um rebanho controlado e homogêneo, quatro em cada etapa de coleta, com peso corporal de $271,5 \pm 59$ kg, em um delineamento inteiramente casualizado.

Foi fornecida dieta *ad libitum* conforme manejo adotado na fazenda experimental, onde os animais apresentaram ganho médio diário de 0,920 kg/dia em todo o período.

Nos primeiros dois meses de cada etapa os animais foram treinados para um bom deslocamento no percurso das coletas e uso dos equipamentos. Foram realizadas caminhadas com os animais no percurso onde seriam coletados os dados, esse percurso era de estrada sem dificuldade de deslocamento dos animais. Juntamente com esse treinamento, os animais foram adaptados aos aparelhos/equipamentos para que não houvesse estresse e possíveis alterações fisiológicas, com o uso dos mesmos. As mensurações foram realizadas entre às 7:30 e as 10:30, e entre as 17:00 e as 20:00 horas, horários de temperatura mais amena.

O consumo de oxigênio foi mensurado usando-se máscara respirométrica de circuito fechado. A máscara respirométrica foi conectada a dois tubos com exaustores para circular continuamente o ar entre a máscara e o container. Esses tubos funcionavam para retirar o ar expirado da máscara e levar para o container e o outro para levar o ar do container para a máscara, conectados a um container com volume de 500 litros equipado internamente com ventiladores para homogeneizar o ar, e um oxímetro (DG 4000). O consumo de oxigênio, expresso em L/minuto, foi determinado pela diferença da concentração inicial e final de oxigênio dentro do container obtidas pelo oxímetro, conforme a equação: $Consumo\ de\ O_2 = \frac{[(C_i - C_f) \times V]}{100}$, onde C_i é a concentração inicial de oxigênio, C_f é a concentração final de oxigênio e V é o volume do sistema fechado.

A máscara foi acoplada ao focinho do animal, de modo que todo ar respirado circulava pelo container. No início de cada mensuração o container foi fechado, com vedação total. Ao início de cada coleta anotou-se o horário, temperatura ambiente e velocidade do vento. O consumo de oxigênio foi mensurado por aproximadamente dois minutos, ao abrir o container, eram registrados o horário da abertura e a concentração final de oxigênio, em seguida deixava-se aberto para renovação do oxigênio.

A concentração inicial foi considerada antes de colocar a máscara no animal e a concentração final após a retirada a máscara. A concentração de O_2 mínima foi de 19,5%, para evitar possíveis modificações fisiológicas provocadas pela baixa concentração de oxigênio no ar inspirado. Sempre que a concentração de oxigênio atingisse valor próximo a 19,5%, o sistema era aberto para renovação do ar no interior. Após a renovação do ar, um novo ciclo de mensuração do consumo de oxigênio era iniciado, repetindo o ciclo três vezes por animal em cada dia de mensuração. O volume de O_2 consumido foi convertido para equivalente à condições de 0°C e 1 atm utilizando a lei geral dos gases.

Simultaneamente a mensuração do consumo de O_2 , foi mensurada a frequência cardíaca com uso de sensores de batimento cardíaco (ANIMTECH®) acoplados a nuca do animal por

meio de buçal. A frequência cardíaca foi obtida de forma automática e contínua gravada em memória interna do aparelho a cada segundo. Durante essa calibração, de acordo com o consumo de O₂ foi calculado o gasto energético.

O O₂P foi calculado conforme sugerido por Brosh et al. (2007), pela razão do consumo de oxigênio (L/minuto) pela frequência cardíaca (batimento/minuto). O O₂P foi posteriormente expresso em relação ao peso metabólico (mL/batimento/kg^{0,75}).

Simultaneamente a coleta de dados dos animais, foi avaliada as temperaturas do globo negro (TGN) por aparelho com memória interna e gravação de dados em intervalos de um minuto.

Para avaliação do gasto energético para atividade física foi utilizado a técnica do consumo de oxigênio por batimento cardíaco (O₂P) (BROSH et al., 2007). Primeiro, foi obtido o O₂P, em seguida foi realizada a mensuração da frequência cardíaca com os animais em condição de deslocamento controlado.

Após a avaliação de O₂P, as novilhas foram submetidas ao deslocamento de 1,26 km em circuito plano, 6% e 12% de inclinação, sendo realizado um circuito por dia, com velocidade aproximada de 3,76 km/h. Os animais eram conduzidos através de cabrestos, controlando a velocidade de deslocamento para que fosse o mais constante possível. O deslocamento foi realizado em circuito com 30m de distância, sendo anotados o tempo de cada volta, em um total de 21 voltas, para um maior controle da velocidade.

O gasto energético para o deslocamento foi calculado pela multiplicação do número de batimentos cardíacos obtidos durante o exercício pelo O₂P, assumindo o gasto energético de 4,89 kcal/L O₂ consumido (Mc LEAN, 1972). A expressão do gasto energético foi em função do peso metabólico, em kcal/kg^{0,75}.minuto⁻¹.

As variáveis passaram pelo Teste de Outlier, utilizando-se 1,5 x Desvio Padrão. Os parâmetros foram testados para efeitos de ordem linear e quadrática através de contrastes ortogonais. Foi utilizado teste de Tukey para comparar as médias. Os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando o SAS University Edition (2016), adotando-se o nível de significância de 5%.

3.3 Resultados e Discussão

Com relação frequência cardíaca durante a calibração (repouso) (Tabela 1), não foi obtido efeito entre os diferentes tratamentos. Esse não efeito entre os dados era esperado, já que os animais foram avaliados nas mesmas condições (repouso).

Tabela 1 – Variáveis obtidas em repouso, exercício em terreno plano e em terreno inclinado

Variáveis	Tratamentos (% Inclinação)				Contrastes		
	N	0	6	12	CV	L	Q
FCr	76	82,800	83,900	83,400	9,200	0,798	0,656
FCe	76	95,000	93,200	94,300	14,600	0,799	0,635
Consumo de O ₂	76	30,900	29,400	31,300	11,600	0,668	0,066
O ₂ P ¹	76	26,500	23,500	27,600	27,100	0,591	0,400
O ₂ P ²	76	0,039	0,037	0,041	19,600	0,484	0,023
P. Calor r	76	0,156	0,145	0,164	14,600	0,176	0,009
P. Calor e	76	0,460	0,354	0,411	49,500	0,420	0,125
Velocidade	76	3,680	3,740	3,710	8,460	0,712	0,662
Incremento	76	17,900	14,900	15,700	45,300	0,327	0,328

FCr e FCe: Frequência cardíaca no repouso e no exercício (batimentos/minuto); Consumo de oxigênio (mL/PC^{0,75}.minuto⁻¹); O₂P¹: mL/batimento cardíaco); O₂P²: mL/batimento cardíaco/kg^{0,75}); P. Calor r: produção de calor no repouso (kcal/kg^{0,75}.minuto⁻¹); P. Calor e: produção de calor no exercício (kcal/kg^{0,75}.km⁻¹); velocidade em Km/h; Incremento, diferença entre o repouso e o exercício, em %, CV: Coeficiente de variação, L: Linear, Q: Quadrático

Outra característica que influencia no gasto energético é o consumo de oxigênio. Essa característica não apresentou efeito, já que é obtida no repouso, juntamente com a frequência cardíaca, apresentando comportamento semelhante entre as duas variáveis.

Foram tomados cuidados durante a mensuração de obtenção dos dados de frequência cardíaca e consumo de O₂, já que segundo Brosh (2007) os dados obtidos a partir de animais estressados provavelmente serão tendenciosos, devendo-se tomar cuidado no manejo dos animais no momento da medição do consumo de oxigênio, bem como da frequência cardíaca, para obtenção de estimativas confiáveis.

Quando avaliado o O₂P em mL/batimento cardíaco (Tabela 1), este não apresentou efeito entre os tratamentos. Isto pode ser explicado pelo consumo de O₂ e a frequência cardíaca, que são considerados nas estimativas O₂P, pois estes não apresentaram efeito. Entretanto quando o O₂P foi avaliado em relação ao peso metabólico, este apresentou efeito quadrático. O efeito em relação ao kg^{0,75} pode ser atribuído pela diferença entre o peso dos animais, já que a frequência cardíaca e o consumo de O₂ foram mantidos

Observando-se a distribuição do O₂P² e da TGN (Figuras 1 e 2) nota-se que houve diferença em cada dia durante o período de coleta para essas características. A diferença observada para o O₂P² ao longo das mensurações, é devido a diferença observada para TGN.

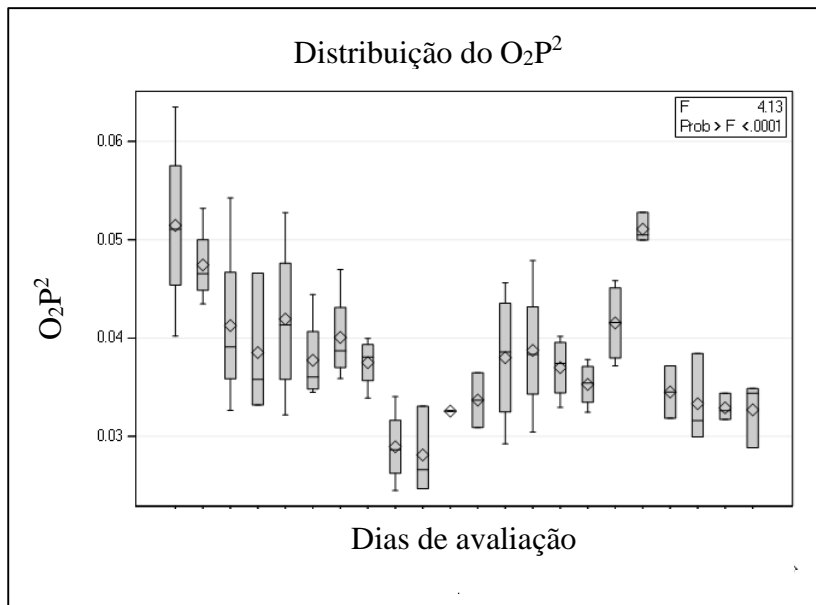


Figura 1. Distribuição do O_2P^2 no período de coleta dos dados

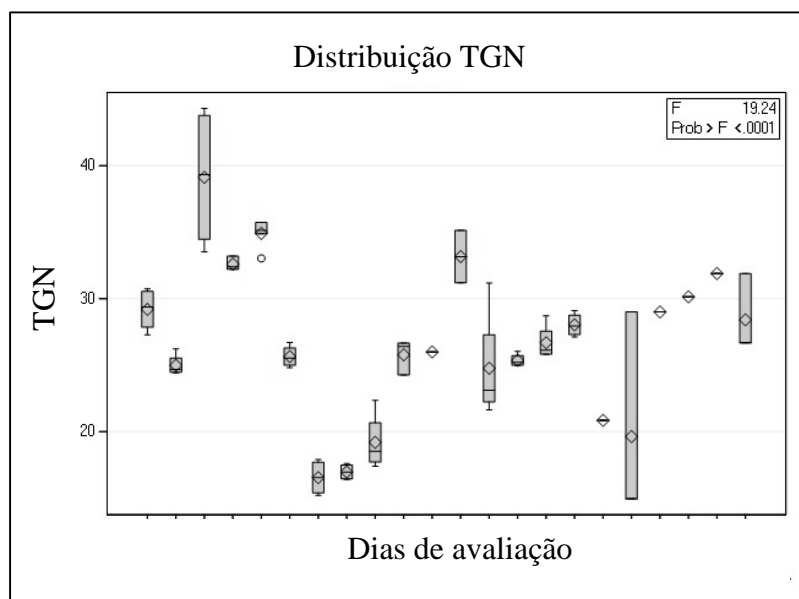


Figura 2. Distribuição da TGN no período de coletas de dados

A frequência cardíaca durante o exercício não foi alterada nos diferentes terrenos em que foram submetidos os animais, não apresentando portanto diferença entre eles. Isto pode ser explicado pelo fato do esforço físico imposto pelas inclinações dos terrenos não serem suficientes para alterar a frequência cardíaca dos animais. Os dados para frequência cardíaca encontrados neste trabalho estão acima dos citados por Brosh et al. (1998), onde os autores

citam valores de 65 e 45 de novilhas Hereford em exercício, avaliados no período da manhã e à tarde, respectivamente.

A produção de calor no repouso, em termos de $\text{kcal/kg}^{0,75}\cdot\text{minuto}^{-1}$, apresentou efeito quadrático. Esse efeito está diretamente relacionado com o O_2P^2 , que apresentou mesmo padrão de resposta. Pode-se atribuir esse resultado pela variação do peso metabólico dos animais.

A produção de calor em deslocamento, não apresentou efeito nos diferentes terrenos em que os animais se deslocaram. Como os animais se deslocaram com uma velocidade baixa, a produção de calor também foi baixa e constante, estando de acordo com os resultados sugeridos por Di Marco (2001) em que a produção de calor por quilômetro percorrido é constante até a velocidade de 3 km/h.

O incremento na produção de calor, que é a diferença entre a produção de calor no repouso e no exercício, não foi influenciada pelos tratamentos. Os valores de incremento estão abaixo dos relatados por Di Marco (1998), em que o incremento variou entre 29 a 40% quando os animais se deslocaram com velocidade entre 2 e 4 km/h.

A frequência cardíaca no repouso não foi influenciada ($P>0,05$) (Tabela 2), isso era desejável, já que as mensurações foram realizadas nas mesmas condições. Também não foi obtida diferença ($P>0,05$) para frequência cardíaca durante o exercício entre os tratamentos. Foi encontrada diferença ($P<0,05$) na frequência cardíaca quando comparada no repouso e no exercício, sendo esta maior no exercício em todas as inclinações, pelo maior esforço promovido pelo animal durante o deslocamento.

Tabela 2 – Frequência cardíaca para caminhada em terreno plano e em terreno inclinado em relação ao repouso.

Variáveis	Tratamentos (% Inclinação)		
	0	6	12
FCr	82,8B	83,9B	83,4B
FCe	95,0A	93,2A	94,3A
EPM	2,2	2,2	2,2

Letras minúscula comparações na linha; letra maiúscula comparações na coluna

FCr: Frequência cardíaca no repouso; FCe: Frequência cardíaca no exercício; EPM: Erro padrão da média.

3.4 Conclusões

O gasto energético para locomoção de novilhas Holandesas é semelhante independente da inclinação do terreno, até valores de 12%.

Referências

- BROSH, A.; AHARONI, Y.; DEGEN, A.A. et al. Estimation of energy expenditure from heart rate measurements in cattle maintained under diferente conditions. **Journal of Animal Science**, v.76, p.3054-3064, 1998.
- BROSH, A. et al. Energy cost of cows' grazing activity: the use of heart rate gps methods for direct field estimation. **Journal of Animal Science**, v.84, p.1951-1967, 2006.
- BROSH, A. Heart rate measurements as an index of energy expenditure and energy balance in ruminants: a review. **Journal of Animal Science**, v.85, p.1213-1227, 2007.
- BROSH, A. Estimation of energy expenditure from heart rate measurements in cattle maintained under different conditions. **Journal of Animal Science**, v.76, p.3054-3064 1998.
- BROSH, A. et al. Energy cost of activities and locomotion of grazing cows: a repeated study in larger plots. **Journal of Animal Science**, v.88, p.315-323, 2010.
- DI MARCO, O.N.; AELLO, M.S. Energy cost of cattle walking on the level and on a gradient. **Journal Range Manage**, v.51, p.9-13, 1998.
- DI MARCO, O.N.; AELLO, M.S. Energy expenditure due to forege intake and walking of grazing cattle. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.53 n.1, p.105-110, 2001.
- FERRELL, C. L.; JENKINS, T. G. Cow type and the nutritional environment: Nutritional aspects. **Journal of Animal Science**, v.61, n.3, p.725-741, 1985.
- MCLEAN, J. A. On the calculation of heat production from open-circuit calorimetric measurements. **British Journal of Nutrition**, v.27, p.597-600, 1972.
- MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, M.F.; MORAES, K.A.K.; Exigências de energia de bovinos de corte em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.933-940, 2009.
- RESENDE, K.T.; TEIXEIRA, I.A.M.; FERNANDES, M.H.M.R. Metabolismo de energia. In: **Nutrição de ruminantes**. Berchielli, T.T.; Pires, AV.; Oliveira, S.G. Jaboticabal: FUNEP, 2011, p. 323-344.
- VALADARES FILHO, S. C. et al. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados-BR-CORTE**. 2ª ed. Viçosa - MG:UFV,DZO, 2010, 193p.

4. PESO METABÓLICO E VARIÁVEIS CLIMÁTICAS SOBRE PULSO DE OXIGÊNIO EM BOVINOS

Resumo: Objetivou-se correlacionar os efeitos do peso metabólico e variáveis ambientais sobre o pulso de oxigênio (O₂P) em bovinos. O experimento foi conduzido em quatro etapas, nos meses março e julho de 2015 e janeiro e julho de 2016. Foram utilizadas 12 novilhas da raça Holandesa, quatro em cada etapa de coleta, sendo que em janeiro e julho foram utilizados os mesmos animais, com peso corporal de $305,97 \pm 71,4$ kg em um delineamento experimental inteiramente casualizado. O consumo de oxigênio mensurado com máscara respirométrica de circuito fechado. A frequência cardíaca obtida utilizando frequencímetro cardíaco automático. O O₂P foi estimado pela razão do consumo de oxigênio (L/minuto) pela frequência cardíaca (batimento/minuto). Simultaneamente a coleta de dados para cálculo do O₂P foi coletado dados da temperatura de globo negro. Encontrou-se baixa correção entre O₂P e Índice de Temperatura e Umidade, Temperatura de Globo Negro e peso metabólico. Quando analisada a frequência cardíaca, observou-se correlação negativa com essas variáveis. Foi encontrada baixa correlação entre peso metabólico e variáveis ambientais sobre o pulso de Oxigênio.

Palavras-chave: calibração, consumo de oxigênio, frequência cardíaca

4. METABOLIC AND VARIABLE WEIGHT ON CLIMATE CATTLE IN OXYGEN PULSE

Abstract: The objective of this study was to correlate the effects of metabolic weight and environmental variables on the oxygen pulse (O₂P) in cattle. The experiment was conducted in four stages, in the months of March and July 2015 and in January and July of 2016. Twelve heifers of the Holstein breed were used, four at each collection stage, and in January and July the same animals were used. Body weight of 305.97 ± 71.4 kg in a completely randomized experimental design. Oxygen consumption measured with respirometric mask of closed circuit. The heart rate obtained using an automatic heart rate monitor. O₂P was estimated by the ratio of oxygen consumption (L / minute) by heart rate (beat / minute). Simultaneously the data collection for O₂P calculation was collected data of the black globe temperature. We found low correlation between O₂P and Temperature and Humidity Index, Black Globe Temperature and metabolic weight. When the heart rate was analyzed, it was observed a negative correlation with these variables. We found a low correlation between metabolic weight and environmental variables on the oxygen pulse.

Keywords: calibration, heart rate, oxygen consumption

4.1 Introdução

O consumo de oxigênio por batimento cardíaco (pulso de oxigênio, O₂P) calibrado em curto período, de aproximadamente 20 minutos, é representativo do O₂P diário (BROSH et al. 1998 & AHARONI et al. 2003). Entretanto a frequência cardíaca sozinha ou mesmo com uso de um O₂P obtido em outras condições podem dar estimativas incorretas (BROSH et al., 2007). Assim, o O₂P pode ser usado para a estimativa dos gastos de energia como uma função da frequência cardíaca de animais. A magnitude de erro de tal estimativa é derivada da variabilidade de O₂P em diferentes condições ambientais (AHARONI et al. 2003).

Vários fatores podem afetar a frequência cardíaca e conseqüentemente o O₂P. Brosh et al. (1998) descrevem fatores como radiação solar, período de alimentação, período de medição, e a concentração energética da dieta. Ainda com relação a esses fatores Brosh (2007) relata que para animais que não estão submetidos a uma carga elevada de calor ou o exercício intenso, há uma pequena variação no O₂P durante o dia.

O uso da frequência cardíaca, sem a calibração para o O₂P, pode apresentar estimativas de baixa acurácia, no entanto, a produção de calor estimada por esta calibração em humanos é altamente correlacionada com a mensuração direta na câmara calorimétrica (CEESAY et al., 1989). Como a frequência cardíaca varia de acordo com as características de cada indivíduo, a calibração deve ser feita individualmente (Mc CRORY et al. 1997). Deste modo, objetivou-se correlacionar os efeitos do peso metabólico e variáveis ambientais sobre o pulso de oxigênio em bovinos.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Prof. Dr. Antônio Carlos dos Santos Pessoa, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná- Campus de Marechal Cândido Rondon, -24°31'55.7" S, -54°01'23.1" W, em quatro etapas, nos meses março e julho de 2015 e janeiro e julho de 2016. Foram utilizadas 12 novilhas da raça Holandesa, oriundas de um rebanho controlado e homogêneo, quatro em cada etapa de coleta, com peso corporal de 305,97 ± 71,4 kg, em um delineamento inteiramente casualizado.

Foi fornecida dieta *ad libitum* conforme manejo adotado na fazenda experimental, onde os animais apresentaram ganho médio diário de 0,920 kg/dia em todo o período.

Os animais foram treinados e adaptados aos aparelhos/equipamentos para que não houvesse estresse e possíveis alterações fisiológicas, com o uso dos mesmos. As mensurações foram realizadas entre às 7:30 e as 10:30, e entre as 17:00 e as 20:00 horas, horários de temperatura mais amena.

O consumo de oxigênio foi mensurado usando-se máscara respirométrica de circuito fechado. A máscara respirométrica foi conectada a dois tubos com exaustores para circular continuamente o ar entre a máscara e o container. Esses tubos funcionavam para retirar o ar expirado da máscara e levar para o container e o outro para levar o ar do container para a máscara, conectados a um container com volume de 500 litros equipado internamente com ventiladores para homogeneizar o ar, e um oxímetro (DG 4000). O consumo de oxigênio, expresso em L/minuto, foi determinado pela diferença da concentração inicial e final de oxigênio dentro do container obtidas pelo oxímetro, conforme a equação: *Consumo de O₂* = $\frac{[(Ci-Cf) \times V]}{100}$, onde Ci é a concentração inicial de oxigênio, Cf é a concentração final de oxigênio e V é o volume do sistema fechado.

A máscara foi acoplada ao focinho do animal, de modo que todo ar respirado circulava pelo container. No início de cada mensuração o container foi fechado, com vedação total. Ao início de cada coleta anotou-se o horário, temperatura ambiente e velocidade do vento. O consumo de oxigênio foi mensurado por aproximadamente dois minutos, ao abrir o container, eram registrados o horário da abertura e a concentração final de oxigênio, em seguida deixava-se aberto para renovação do oxigênio.

A concentração inicial foi considerada antes de colocar a máscara no animal e a concentração final após a retirada a máscara. A concentração de O₂ mínima foi de 19,5%, para evitar possíveis modificações fisiológicas provocadas pela baixa concentração de oxigênio no ar inspirado. Sempre que a concentração de oxigênio atingisse valor próximo a 19,5%, o sistema era aberto para renovação do ar no interior. Após a renovação do ar, um novo ciclo de mensuração do consumo de oxigênio era iniciado, repetindo o ciclo três vezes por animal em cada dia de mensuração. O volume de O₂ consumido foi convertido para equivalente à condições de 0°C e 1 atm utilizando a lei geral dos gases.

Simultaneamente a mensuração do consumo de O₂, foi mensurada a frequência cardíaca com uso de sensores de batimento cardíaco (ANIMTECH®) acoplados a nuca do animal por meio de buçal. A frequência cardíaca foi obtida de forma automática e contínua gravada em memória interna do aparelho a cada segundo.

O O₂P foi calculado conforme sugerido por Brosh et al. (2007), pela razão do consumo de oxigênio (L/minuto) pela frequência cardíaca (batimento/minuto). O O₂P foi posteriormente expresso em relação ao peso metabólico (mL/batimento/kg^{0,75}).

Simultaneamente a coleta de dados dos animais, foi avaliada as temperaturas do globo negro (TGN) por aparelho com memória interna e gravação de dados em intervalos de um minuto.

Foi cálculo o índice de temperatura e umidade (ITU) segundo a equação adaptada de Gaughan et al., (2013): $ITU = (0,8 \times Ta) + [(RH \times 0,01) \times (Ta - 14,4)] + 46,5$, onde Ta: temperatura ambiente; RH: umidade relativa.

As variáveis passaram pelo Teste de Outlier, utilizando-se 1,5 x Desvio Padrão. Foi realizada análise de regressão utilizando o SAS University Edition (2016), adotando-se o nível de significância de 5%.

4.3 Resultados e Discussão

Foi encontrada baixa correlação entre O₂P e ITU, TGN e peso metabólico (Tabela 1). Isso mostra a pouca influência dessas variáveis sobre o O₂P, em que uma variação de temperatura ou peso corporal metabólico dos animais gera pouco variação no O₂P. Brosh et al. (1998) mediram os efeitos da radiação solar sobre o O₂P de novilhas que foram expostos ou protegidos da radiação solar no verão, em Queensland, Austrália, e encontraram que a alta temperatura, entre 37,6 e 45,0°C, imposta pela radiação solar não afetou O₂P.

Tabela 1. Correlação entre características ambientais e fisiológicas

	O ₂ P	HR	ITU	TGN	kg ^{0,75}
O ₂ P	1	-	0,25	0,25	0,13
FC	-	1	-0,23	-0,20	-0,18
ITU	0,01	0,02	1	-	-
TGN	0,01	0,05	-	1	-
kg ^{0,75}	0,19	0,07	-	-	1

O₂P: Pulso de Oxigênio, em mL/batimentos.kg^{0,75}; FC: batimentos/minuto, ITU: Índice de Temperatura e Umidade; TGN: Temperatura de Globo Negro, em °C, kg^{0,75}: peso metabólico, em kg.

Acima da diagonal valor de correlação

Abaixo da diagonal valor de P

Essa baixa correlação entre o O₂P e as variáveis avaliadas pode ser observada abaixo (Figura 1), pela distribuição dos dados durante o período experimental.

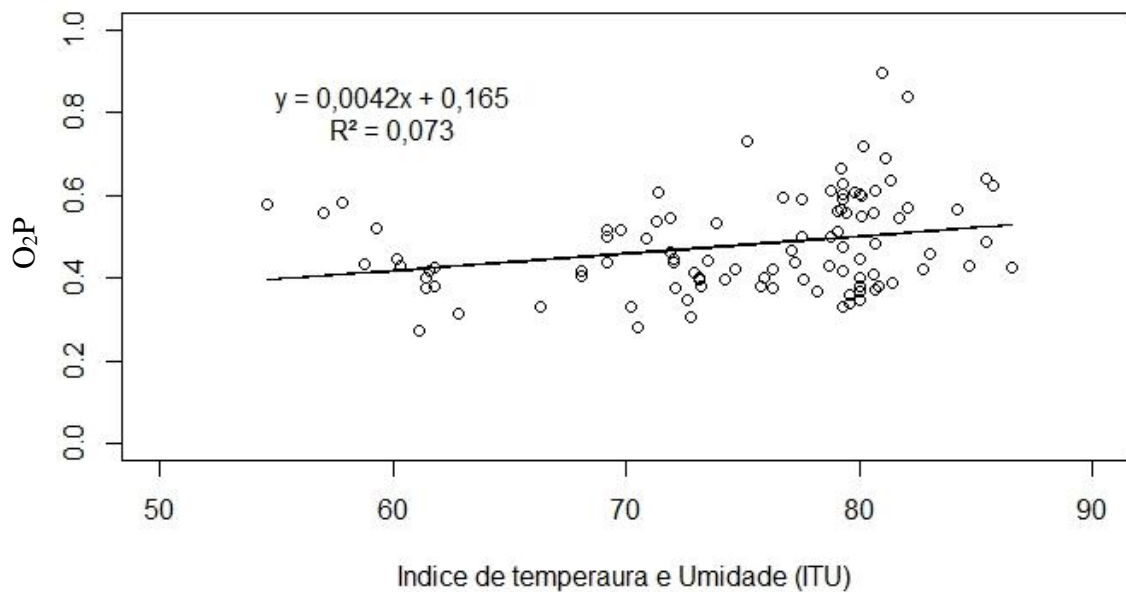


Figura 1. Correlação entre O₂P e ITU durante o período experimental

Quando analisada a frequência cardíaca, observou-se correlação negativa com essas variáveis, mostrando que o aumento na temperatura ambiente e no $\text{kg}^{0,75}$ provoca uma redução na frequência cardíaca. Esses dados são contraditórios com os relatados por Avila et al., (2013), em que encontraram valor de correlação de 0,84 entre frequência cardíaca e ITU para vacas Holandesas.

Segundo Cerutti et al. (2013) o aumento ou redução da frequência cardíaca está na dependência da intensidade de estresse a que os animais estão submetidos, e a capacidade de adaptação dos mesmos. Em intensidade de estresse térmico moderada, a frequência cardíaca é reduzida como resposta a dilatação periférica dos vasos sanguíneos.

Pires (2004) descreve que a faixa de estresse térmico para vaca Holandesas, medido pelo ITU é de 72 a 78, no presente trabalho foi encontrado valores superiores aos mencionados (Tabela 2), sugerindo que os animais por ocasião das mensurações poderiam estar em alguns momentos em estresse térmico moderado.

Tabela 2. Valores médios encontrados para as variáveis analisadas

	N	Média	DP	Mínimo	Máximo
O ₂ P	100	0,480	0,100	0,273	0,895
FC	100	81,300	8,800	63,000	103,700
ITU	100	75,000	7,500	54,600	86,500
TGN	100	27,200	5,600	12,500	35,800
$\text{kg}^{0,75}$	100	66,700	9,500	50,500	86,300

O₂P: Pulso de Oxigênio, em mL/batimentos. $\text{kg}^{0,75}$; FC: batimentos/minuto, ITU: Índice de Temperatura e Umidade; TGN: Temperatura de Globo Negro, em °C, $\text{kg}^{0,75}$: peso metabólico, em kg.

A correlação encontrada entre a FC e as variáveis avaliadas pode ser observada abaixo (Figura 2), pela distribuição dos dados durante o período experimental.

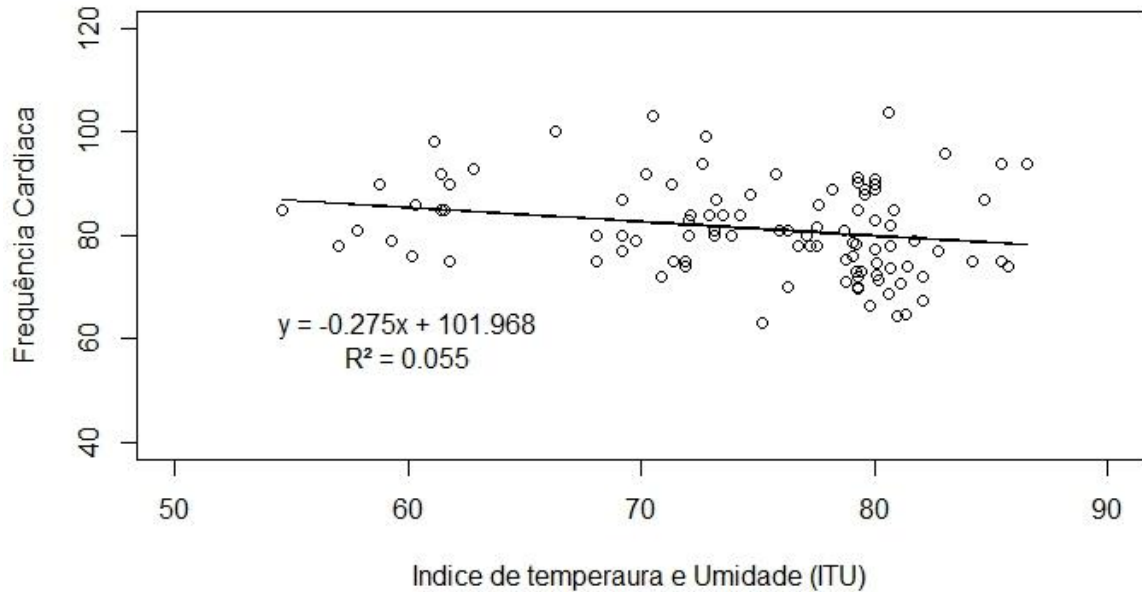


Figura 2. Correlação entre frequência cardíaca e ITU durante o período experimental

Esses dados mostram a baixa correlação das variáveis ambientais (TGN, ITU) com características fisiológicas, como frequência cardíaca, O_2P e peso corporal metabólico. Essa correlação baixa entre O_2P e dados climáticos é considerada desejável, já que na amplitude encontrada para TGN (12,5 a 35,8°C), (Tabela 2), espera-se pouca variação no O_2P , podendo ser medido em qualquer temperatura dentro desta faixa sem haver alterações significativas no O_2P .

4.4 Conclusões

Foi encontrada baixa correlação entre peso metabólico e variáveis ambientais sobre o pulso de Oxigênio.

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**. v.79, p.107-117, 2003.
- AVILA, A. S.; JÁCOME, I. M. T. D.; FACCENDA, A.; et al. Avaliação e correlação de parâmetros fisiológicos e índices bioclimáticos de vacas holandes em diferentes estações. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas / Revista Eletrônica em gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET**. v.14, n.14, p.2878 – 2884, 2013.

- BROSH, A. Heart rate measurements as an index of energy expenditure and energy balance in ruminants: a review. **Journal of Animal Science**, v.85, p.1213–1227, 2007.
- BROSH, A. Estimation of energy expenditure from heart rate measurements in cattle maintained under different conditions. **Journal of Animal Science**. v.76, p.3054–3064 1998.
- CEESAY, S.M.; PREBTICE, A.M.; DAY, K.C. 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.
- CERUTTI, W.G.; BERMUDEZ, R.F.; VIEGAS, J. et al. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas ou não a sombreamento e aspersão na pré-ordenha. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v.14, n.3, p.406-412 jul./set., 2013
- GAUGHAN, J. B.; BONNER, S. L.; LOXTON, I. Effects of chronic heat stress on plasma concentration of secreted heat shock protein 70 in growing feedlot cattle. **Journal of Animal Science, Champaign**, v.91, n.1, p.120-129, 2013.
- MCCRORY, M.A.; MOLE, P.A.; NOMMSEN-RIVERS, L.A. et al. Between-day and within-day variability in the relation between heart rate and oxygen consumption: effect on estimation of energy expenditure by heart-rate monitoring. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.66, p.18-25, 1997.
- PIRES, M.F.A.; CAMPOS, A.T. **Modificações ambientais para reduzir o estresse calórico em gado de leite**. Juiz de Fora, Embrapa Gado de Leite, 2004. (Comunicado Técnico, 42).

5. PRODUÇÃO DE CALOR DE BOVINOS EM LOCOMOÇÃO CONTINUA OU INTERMITENTE

Resumo: Objetivou-se avaliar a produção de calor de novilhas da raça Holandesa em exercício contínuo ou intermitente. O experimento foi conduzido em entre os meses de junho e agosto de 2016, sendo os dois primeiros meses de treinamento. Foram utilizadas 4 novilhas da raça Holandesa com peso corporal médio de $302,75 \pm 67$ kg, em um delineamento inteiramente casualizado. O consumo de oxigênio foi mensurado usando-se máscara respirométrica de um circuito fechado, sendo que os animais permaneceram com a máscara durante todo o tempo de avaliação. A máscara respirométrica foi conectada a dois tubos com exaustores para circular continuamente o ar entre a máscara e o container e ao focinho do animal, de modo que todo ar respirado circulava pelo container. Foram avaliados três tratamentos, repouso, locomoção contínua e intermitente. No tratamento contínuo os animais caminhavam continuamente durante quatro ciclos e no tratamento intermitente, os animais paravam de caminhar no final de cada ciclo, voltando novamente a caminhar no momento do fechamento dos exaustores. O deslocamento era realizado em circuito circular com 15,4 m de distância, sendo anotados o tempo de cada volta e o número de voltas em cada ciclo. O consumo de oxigênio foi determinado pela diferença da concentração inicial e final de oxigênio dentro do container obtidas pelo oxímetro. A produção de calor foi calculada pela multiplicação do consumo de oxigênio, assumindo 4,89 kcal/L O₂ consumido. A velocidade dos animais no exercício contínuo e intermitente não apresentou efeito. Com relação ao consumo de oxigênio não foi encontrado efeito quando comparado os tipos de exercício. Quando comparado o repouso com o exercício, foi observada efeito. A produção de calor não apresentou efeito entre os tipos de exercício, apenas entre o repouso e os exercícios. O incremento na produção de calor, não apresentou efeito entre o exercício contínuo e intermitente. Não foi observado efeito do tipo de exercício na produção de calor de novilhas da raça Holandesa.

Palavras-chave: calibração, consumo de oxigênio, incremento calórico

5. CATTLE HEAT PRODUCTION IN LOCOMOTION OR FLASHING CONTINUES

Abstract: The objective of this study was to evaluate the heat production of Holstein heifers in continuous or intermittent exercise. The experiment was conducted between June and August 2016, with the first two months of training. Four Holstein heifers with a mean body weight of 302.75 ± 67 kg were used in a completely randomized design. The oxygen consumption was measured using a respirometric mask of a closed circuit, and the animals remained with the mask throughout the evaluation time. The respirometric mask was connected to two exhaust tubes to continuously circulate the air between the mask and the container and the muzzle of the animal, so that all breathing air circulated through the container. Three treatments were evaluated: rest, continuous and intermittent locomotion. In the continuous treatment the animals walked continuously for four cycles and in the intermittent treatment, the animals stopped walking at the end of each cycle, again walking again at the time of the exits closing. The displacement was performed in circular circuit with 15.4 m distance, noting the time of each turn and the number of turns in each cycle. The oxygen consumption was determined by the difference of the initial and final oxygen concentration inside the container obtained by the oximeter. The heat production was calculated by multiplying the oxygen consumption, assuming 4.89 kcal / L O₂ consumed. The speed of the animals in continuous and intermittent exercise had no effect. With regard to oxygen consumption, no effect was found when comparing exercise types. When compared to rest with exercise, effect was observed. Heat production had no effect between the types of exercise, only between rest and exercise. The increase in heat production had no effect between continuous and intermittent exercise. No effect of the type of exercise was observed in the heat production of Holstein heifers.

Keywords: calibration, heart rate, oxygen consumption

5.1 Introdução

O bovino não se desloca pela pastagem de forma contínua, apresentando períodos intercalados entre ingestão, ruminação e ócio (ZANINE et al., 2007), em que sua duração e distribuição podem ser influenciadas pelas características da dieta, manejo, condições climáticas e atividade dos animais do grupo (FISHER et al., 1997).

Diferentemente da produção em confinamento, bovinos criados a pasto gastam grande parte do dia caminhando e colhendo forragem e apresentam gasto extra de energia. A atividade de pastejar pode aumentar os requerimentos de energia de bovinos criados a pasto em comparação aos confinados (MORAES, 2009; BROSH, 2006). Neste sentido Valadares Filho et al., (2010), citam exigência de manutenção de animais criados em pastagens 10% superior a animais em confinamento, como resultado do gasto adicional de energia para atividade física.

Muitos dos trabalhos descritos na literatura avaliam os animais em deslocamento contínuo, sem considerar as paradas durante o dia (BROSH et al. 2010; DI MARCO 1998, 2001).

Em relação ao gasto energético em exercício, esse gasto está relacionado principalmente a atividades de locomoção e alimentação. As atividades de locomoção podem ser divididas em razão da declividade do terreno e em função da velocidade do animal. Normalmente, a base de comparação para o gasto adicional destas atividades é um animal deitado em ócio, onde as atividades físicas são mínimas. Contudo, a maior parte da energia gasta em atividades físicas em animais em pastejo é relacionada ao deslocamento do animal (BROSH et al. 2010).

Fatores como oferta e qualidade de forragem, condições ambientais e comportamento (BROSH et al. 2010), nível de alimentação, tempo de alimentação e digestão, nível de produção, e as estações do ano podem afetar o gasto energético dos animais (BROSH, 2007). Objetivou-se avaliar a produção de calor de novilhas Holandesas em exercício contínuo ou intermitente.

5.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Prof. Dr. Antônio Carlos dos Santos Pessoa, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná- Campus de Marechal Cândido Rondon, -24°31'55.7" S, -54°01'23.1" W, entre os meses de junho e agosto de 2016. Foram utilizadas quatro novilhas da raça Holandesa, oriundas de um rebanho controlado e homogêneo, com peso corporal de $302,75 \pm 67$ kg, em um delineamento experimental inteiramente casualizado. Era fornecida dieta *ad libitum* conforme manejo adotado na fazenda experimental, onde os animais apresentaram ganho médio diário de 0,948 kg/dia em todo o período. Nos

primeiros dois meses os animais foram treinados para um bom deslocamento no percurso das coletas e uso dos equipamentos. Foram realizadas caminhadas com os animais no percurso onde seriam coletados os dados, sendo o percurso de estrada, sem dificuldade de deslocamento dos animais. Juntamente com esse treinamento, os animais foram adaptados aos aparelhos/equipamentos para que não houvesse estresse e possíveis alterações fisiológicas, com o uso dos mesmos. As mensurações foram realizadas, na parte da manhã das 8:00 as 10:30 e na parte da tarde das 14:00 as 16:30 horas.

O consumo de oxigênio foi mensurado usando-se máscara respirométrica de circuito fechado, sendo que os animais permaneceram com a máscara durante todo o tempo de avaliação. A máscara respirométrica foi conectada a dois tubos com exaustores para circular continuamente o ar entre a máscara e o container e ao focinho do animal, de modo que todo ar respirado circulava pelo container. Esses tubos funcionavam para retirar o ar expirado da máscara e levar para o container e o outro para levar o ar do container para a máscara, conectados a um container com volume de 500 litros equipado internamente com ventiladores para homogeneizar o ar, e um oxímetro (DG 4000). Foi adaptado ao container mais dois exaustores equipados com ventiladores com abertura automática. Esses exaustores ficavam 2 minutos fechados e 1 minuto aberto, sendo considerado como um ciclo de funcionamento.

Foi avaliado três tratamentos, repouso, locomoção contínua e intermitente. O repouso foi utilizado como referência para o cálculo da produção de calor. Era realizada a calibração, em repouso, onde se observava o valor da concentração inicial de oxigênio no momento do fechamento dos exaustores, quando esse abria era anotado o valor final da concentração de oxigênio, sendo feito essa mensuração por três vezes, antes de cada tratamento. No tratamento contínuo os animais caminhavam continuamente durante quatro ciclos (abertura e fechamento dos exaustores), sempre anotando os valores iniciais e finais da concentração de oxigênio em cada ciclo. No tratamento intermitente, os animais paravam de caminhar no final de cada ciclo, voltando novamente a caminhar no momento do fechamento dos exaustores. Os animais eram conduzidos através de cabrestos, controlando a velocidade de deslocamento, em 2 km/h, para que fosse o mais constante possível. O deslocamento era realizado em circuito circular com 15,4 m de distância, sendo anotados o tempo de cada volta e o número de voltas em cada ciclo.

O consumo de oxigênio foi determinado pela diferença da concentração inicial e final de oxigênio dentro do container obtidas pelo oxímetro, conforme a equação: $Consumo\ de\ O_2 = \frac{[(Ci - Cf) \times V]}{100}$, onde Ci é a concentração inicial de oxigênio, Cf é a concentração final de oxigênio e V é o volume do sistema fechado. A concentração inicial foi a encontrada no início de cada

ciclo e a concentração final a encontrada no final de cada ciclo. O consumo de oxigênio foi expresso em relação ao peso vivo metabólico (L/minuto/kg^{0,75}). Simultaneamente a coleta de dados dos animais, foi avaliada as temperaturas do globo negro por aparelho com memória interna e gravação de dados em intervalos de um minuto.

A produção de calor foi calculada pela multiplicação do consumo de oxigênio, assumindo 4,89 kcal/L O₂ consumido (Mc LEAN, 1972). A expressão da produção de calor foi em função do peso metabólico, em kcal/kg^{0,75}/km.

As variáveis passaram pelo Teste de Outlier, utilizando-se 1,5 x Desvio Padrão. Os parâmetros foram testados através de contrastes ortogonais. Os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando o SAS University Edition (2016), adotando-se o nível de significância de 5%.

5.3 Resultados e Discussão

A velocidade dos animais (Tabela 1) no exercício contínuo e intermitente foram de 1,71 e 1,91 km/h, não sendo observado efeito entre os tipos de exercícios. Isso demonstra o cuidado que foi tomado para manter a velocidade constante entre os tratamentos.

Tabela 1 – Variáveis obtidas em repouso, exercício contínuo e intermitente

	Tratamentos			N	CV	Contraste	
	Repouso	Contínuo	Intermitente			R x E	C x I
Velocidade	-	1,710	1,910	82	42,300	-	0,372
Consumo de O ₂	1,740	1,810	2,020	82	20,300	0,035	0,069
Consumo de O ₂ ¹	23,090	23,840	25,880	64	13,200	0,031	0,070
Produção de Calor	0,107	0,117	0,127		17,500	0,005	0,158
Produção de Calor ²	-	0,300	0,276		265,000	-	0,937
Incremento	-	6,600	7,300	31	173,300	-	0,873

Velocidade em Km/h; Consumo de O₂ em L/minuto; Consumo de O₂¹ em ml/kg^{0,75}/minuto; Produção de Calor em kcal/kg^{0,75}/minuto; Produção de Calor² em kcal /kg^{0,75}/km, Incremento: diferença na produção de calor entre o repouso e os exercício, em %

CV: Coeficiente de variação; RxE: Contraste entre Repouso e Exercícios; CxI: Contraste entre Exercício Contínuo e Exercício Intermitente.

Com relação ao consumo de oxigênio não foi observado efeito quando comparado os tipos de exercício (contínuo x intermitente). Entretanto foi observado um consumo um pouco maior para o exercício intermitente. Considerando que nesse tipo de exercício o animal parava por um tempo de 1 minuto, recuperando o seu possível desgaste pelo exercício, esse maior consumo pode ser explicado por uma adaptação do organismo, pois segundo De Lucas et al.

(2009), com o aumento na intensidade do exercício é possível que ocorra adaptações no consumo de oxigênio.

Quando comparado o repouso com o exercício, foi observado efeito com um consumo de oxigênio maior para o exercício intermitente. Esse resultado é esperado, já que no repouso o consumo de oxigênio é mínimo, ao passo que no exercício, mesmo com pausas, esse consumo foi maior.

Como consequência do consumo de oxigênio não ter apresentado efeito entre os tipos de exercícios, a produção de calor também não apresentou efeito entre os tipos de exercícios, sendo observado efeito apenas entre o repouso e os exercícios, com uma produção maior para o exercício intermitente. Como a velocidade de deslocamento não apresentou efeito entre os tipos de exercícios, a produção de calor, quando expressa em $\text{Kcal/kg}^{0,75}\cdot\text{km}^{-1}$ não apresentou efeito quando comparado o exercício contínuo e o intermitente. Di Marco (2001) cita valores de 0,4 a 0,5 $\text{Kcal/kg}^{0,75}\cdot\text{km}^{-1}$ com animais em deslocamento a uma velocidade de 1 a 3 km, valores próximos aos encontrados.

Como os animais se deslocaram com uma velocidade relativamente baixa, a produção de calor para deslocamento também foi baixa e constante, estando de acordo com o citado por Di Marco (2001) em que a produção de calor por quilômetro percorrido é constante até a velocidade de 3 km/h.

Com relação ao incremento na produção de calor, que é a diferença entre o repouso e os diferentes tipos de exercício, não foi observada efeito entre o exercício contínuo e intermitente. Esses valores são inferiores dos citados por Di Marco (1998) para animais em deslocamento com velocidade de 1 e 2 km/h (11, 29% x 6,6; 7,3).

5.4 Conclusões

Não foi observado efeito do tipo de exercício na produção de calor de novilhas da raça Holandesa.

Referências

- BROSH, A. et al. Energy cost of cows' grazing activity: the use of heart rate gps methods for direct field estimation. **Journal of Animal Science**, v.84, p.1951–1967, 2006.
- BROSH, A. Heart rate measurements as an index of energy expenditure and energy balance in ruminants: a review. **Journal of Animal Science**, v.85, p.1213–1227, 2007.
- BROSH, A. et al. Energy cost of activities and locomotion of grazing cows: a repeated study in larger plots. **Journal of Animal Science**, v.88, p.315–323, 2010.

- DE LUCAS, R. D.; DENADAI, B. S.; GRECO, C. C. Respostas fisiológicas durante o exercício contínuo e intermitente: implicações para a avaliação e a prescrição do treinamento aeróbio. **Motriz**, Rio Claro, v.15, n.4, p.810-820, 2009.
- DI MARCO, O.N.; AELLO, M.S. Energy cost of cattle walking on the level and on a gradient. **Journal Range Manage**, v.51, p.9-13, 1998.
- DI MARCO, O.N.; AELLO, M.S. Energy expenditure due to forege intake and walking of grazing cattle. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.53 n.1, p.105-110, 2001.
- FISCHER, V.; DESWYSEN, A.G.; DESPRES, L. et al. **Comportamento ingestivo de ovinos recebendo dieta a base de feno durante um período de seis meses**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.26, n.5, p.1032-1038, 1997.
- MCLEAN, J. A. On the calculation of heat production from open-circuit calorimetric measurements. **British Journal of Nutrition**, v.27, p.597-600, 1972.
- MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, M.F.; MORAES, K.A.K. **Exigências de energia de bovinos de corte em pastejo**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, n.5, p.933-940, 2009.
- PAULINO, M.F.; FONTES, C.A.A.; JORGE, A.M. et al. **Exigências de Energia para Manutenção de Bovinos Zebuínos Não-Castrados em Confinamento**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.28, n.3, p.621-626, 1999.
- RESENDE, K.T.; TEIXEIRA, I.A.M.; FERNANDES, M.H.M.R. Metabolismo de energia. In: **Nutrição de ruminantes**. Berchielli, T.T.; Pires, AV.; Oliveira, S.G. Jaboticabal: FUNEP, 2011, p. 323-344.
- VALADARES FILHO, S. C. et al. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados-BR-CORTE**. 2ª ed. Viçosa-MG:UFV,DZO, 2010, 193p.
- ZANINE, A.M.; VIEIRA, B.R.; FERREIRA, D.J. et al. Comportamento ingestivo de bovinos de diferentes categorias em pastagem de capim Coast-Cross. **Jornal de Biociência**, v.23, n. 3, p.111-119, 2007.