

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**PROCESSO DE CONDICIONAMENTO E AVALIAÇÃO DO
EQUILÍBRIO TÉRMICO DE BOVINOS GUZERÁ**

Leandro Zuccherato Camerrio
Zootecnista

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**PROCESSO DE CONDICIONAMENTO E AVALIAÇÃO DO
EQUILÍBRIO TÉRMICO DE BOVINOS GUZERÁ**

Leandro Zuccherato Camerrio

Orientador: Prof. Dr. Alex Sandro Campos Maia

**Dissertação apresentada à
Faculdade de Ciências Agrárias
e Veterinárias – Unesp, Câmpus
de Jaboticabal, como parte das
exigências para obtenção do
título de Mestre em Zootecnia**

2016

C289p Camerro, Leandro Zuccherato
Processo de condicionamento e avaliação do equilíbrio térmico de
bovinos Guzerá / Leandro Zuccherato Camerro. -- Jaboticabal, 2016
vi, 50 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016
Orientador: Alex Sandro Campos Maia
Banca examinadora: Marcos Chiquitelli Neto, Marcia Helena
Machado da Rocha Fernandes
Bibliografia

1. Condicionamento. 2. Termorregulação. 3. Guzerá. I. Título. II.
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.083:636.2

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



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: PROCESSO DE CONDICIONAMENTO E AVALIAÇÃO DO EQUILÍBRIO TÉRMICO
DE BOVINOS GUZERÃ

AUTOR: LEANDRO ZUCCHERATO CAMERRO

ORIENTADOR: ALEX SANDRO CAMPOS MAIA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em ZOOTECNIA, pela
Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ALEX SANDRO CAMPOS MAIA
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal
Participação por Videoconferência

Prof. Dr. MARCOS CHIQUITELLI NETO
Departamento de Biologia e Zootecnia / FEIS / UNESP - Ilha Solteira/SP

Pesquisadora MARCIA HELENA MACHADO DA ROCHA FERNANDES
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 12 de julho de 2016.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Leandro Zuccherato Camerro nasceu em 14 de Abril de 1991, na cidade de Monte Azul Paulista, São Paulo. Iniciou no segundo semestre de 2009 o curso de Zootecnia na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira – SP (FEIS/UNESP). Formou-se Zootecnista no mês de Dezembro de 2013. Durante toda sua graduação participou do Grupo de Manejo Racional (MANERA), coordenou o grupo entre os anos de 2011 e 2012. No ano de 2013 ingressou no Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Jaboticabal – SP (FCAV/UNESP), dedicando-se a área de Biometeorologia Animal.

Dedicatória

Aos meus pais, Maria e Santiago, por serem guerreiros desde muito cedo, e tudo o que tem e que são é fruto do próprio suor de cada um, orgulho para mim. Sou fã número 1 e incondicional de vocês. Obrigado, pois mesmo diante de todas as dificuldades, que a vida os impôs, me deram a oportunidade de estudar, e me apoiaram sempre, em todas as minhas escolhas.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela vida, por me guiar, iluminar, proteger e abençoar todos os dias. E pela família que me deu.

Aos meus pais, Santiago Camerro Filho e Maria Aparecida Zuccherato Camerro, por todo apoio, confiança e dedicação para comigo. MINHA ETERNA GRATIDÃO A VOCÊS.

A minha irmã, Hellen Zuccherato Camerro, pelas nossas conversas, brigas e discussões.

A minha noiva, Viviane Antunes Lemo, por sempre estar do meu lado, me apoiando e por compreender os momentos em que ficamos distantes.

Aos meus mestres:

- Prof. Dr. Alex Sandro Campos Maia, pela oportunidade, confiança e por todo seu tempo perdido buscando me ensinar a melhorar tanto como pessoa, como profissional, em qualquer hora.

- Prof. Dr. Marcos Chiquitelli Neto, pela oportunidade de podermos trabalhar juntos, por tanto tempo, pela confiança, apoio e por sempre estar do meu lado. Sou muito grato desde os tempos de graduação com o Grupo MANERA.

E a todos os meus familiares, pelo apoio e consideração, em especial, ao meu tio (e padrinho), José Carlos Zuccherato (*in memoriam*), que atualmente faz muita falta, mas me ensinou muito durante seu tempo aqui conosco. Este um certo dia, na cama de um hospital me disse: “Um grande homem precisa levar consigo por toda a vida duas características: humildade e comprometimento.” Essas palavras jamais esquecerei, MUITO OBRIGADO TIO BOLA!

A todos do Grupo MANERA, o qual participei desde meu primeiro semestre de graduação. Todos que me ajudaram e contribuíram para as coletas e publicações durante toda a graduação. E Principalmente a dona e condicionamento dos animais utilizados na minha coleta da dissertação.

Obrigado: Cartucheira, Debora, Dylon, Berne, Matheus, Ligya, Costa, Bianca, Lucas, Ana Luisa, Mariane, Maria Eduarda, Guilherme, Elis, Yasmin, Andria, Tuane, Renata, Erika, Giovana, Letícia, Luiz Gustavo, Marcelo, Pablo, Erica e André.

A todos do Laboratório de Biometeorologia Animal por TUDO, pela acolhida e por me aturar, desde o período de estágio obrigatório, até o final da minha dissertação de mestrado. Obrigado Angela, Édio, Lambari, Rosiane, Sheila, Cíntia, Carol, Steffan, Marcos, Bruno, Laise, Patric e Eric.

A todos meus amigos e parceiros, da graduação e pós graduação, por todas as risadas, bebedeiras, festas, papos cabeça, futebol, confiança, companheirismo e pela amizade construída, e principalmente aos irmãos que a vida me deu, Lucas Bueno de Barros, Mateus Carniello e Vinicius Fonseca.

A todos os docentes da FEIS (Ilha Solteira) e da FCAV (Jaboticabal), em que tive o privilégio de assistir vossas aulas e apreender, meu muito obrigado.

A todos os funcionários da FEPE de Selviria-MS e Ilha Solteira-SP, pela paciência e ajuda durante toda minha graduação e pós-graduação. Cícero, Carlinhos, Edson, Leandro, Vitinho, Carlito, Amiltom, Ronaldo, Claudio, Lomba e José Paulo.

A Alessandra e Ademir, da MARFRIG, por me liberarem e apoiarem para eu finalizar meu mestrado.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1 Bovinocultura de Corte no Brasil	8
2.3 Mecanismos de Transferência de Calor e Massa	9
2.4 Produção de Calor Metabólico	13
2.5 Metano	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Local	17
3.2 Animais	17
3.3 Experimento Preliminar	18
3.4 Período Experimental	19
3.5 Coleta de Dados (Sistema de Medidas Fisiológicas)	21
3.6 Medidas Fisiológicas	23
3.6.1 Produção de calor metabólico	27
3.6.2 Perda de calor por evaporação respiratória	28
3.6.3 Emissão entérica de metano	29
3.7 Dados Meteorológicos	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 Experimento preliminar (Condicionamento)	30
4.2 Coleta de dados	32
5. CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

PROCESSO DE CONDICIONAMENTO E AVALIAÇÃO DO EQUILÍBRIO TÉRMICO DE BOVINOS GUZERÁ

RESUMO – O objetivo deste estudo foi validar o condicionamento dos animais e o desenvolvimento de pesquisas que visem entender as respostas do equilíbrio térmico de bovinos Guzerá (*Bos indicus*), em consequência das variações meteorológicas ao longo do dia, em ambiente tropical e a emissão de metano. Foram avaliados dez bovinos da raça Guzerá, cinco machos e cinco fêmeas, com média de vinte meses, alojados em baias individuais, protegidos da radiação solar. A frequência respiratória, volume respiratório corrente, a produção de calor metabólico e a perda de calor latente via sistema respiratório, foram determinados usando um sistema de calorimetria indireta, com o auxílio de uma máscara facial. Simultaneamente, foram analisadas a temperatura retal (T_R), temperatura da epiderme (T_{EP}), temperatura do pelame (T_S), temperatura do ar expirado (T_{EXP}), além das variáveis meteorológicas, temperatura do ar (T_A), umidade relativa (U_R), radiação solar (R_S), e temperatura radiante média (T_{RM}). Também foram determinados os fluxos de calor por radiação e convecção. As temperaturas do ar expirado, do pelame e da epiderme, se mostraram dependentes da temperatura do ar, aumentando de 28 a 35°C, 31 a 38°C e 33 a 38°C, respectivamente, quando a temperatura do ar aumentou de 25 para 34°C, enquanto que a temperatura retal foi dependente da hora do dia. A produção de calor metabólico apresentou média de 115 e 155 W m⁻², para machos e fêmeas, respectivamente, e não se alterou com o aumento da temperatura do ar (25-34°C), o mesmo ocorreu para a emissão de metano e a frequência respiratória, para ambos os sexos. Este fato pode ser explicado pela capacidade de bovinos zebu estocarem calor.

Palavras – chave : calorimetria indireta, condicionamento, estoque térmico, perda de calor sensível e latente, termorregulação

CONDITIONING PROCESS AND EVALUATION OF THERMAL EQUILIBRIUM GUZERÁ CATTLE

ABSTRACT – The aim of this study was to validate the conditioning of animals and the development of research aimed at understanding the responses of the thermal equilibrium of Guzerá cattle (*Bos indicus*), as a result of weather variations throughout the day in a tropical environment and the methane emission. Evaluated ten Guzerat cattle, five males and five females, with an average of twenty months, housed in individual pens, protected from direct solar radiation. The respiratory rate, tidal respiratory volume, metabolic heat production and loss of latent heat via the respiratory system, were determined using an indirect calorimetry system with the aid of a facial mask. At the same time, we analyzed the rectal temperature (T_R), skin surface temperature (T_{EP}), hair coat temperature (T_S), expired air temperature (T_{EXP}), besides meteorological variables, air temperature (T_A), relative humidity (U_R), solar radiation (R_S), and mean radiant temperature (T_{RM}). It was also determined heat flow by radiation and convection. The expired air temperature, hair coat temperature and skin surface temperature, proved to be dependent on air temperature, adding 28 to 35 ° C, 31 to 38 ° C and 33 to 38 ° C, respectively, when the air temperature increased from 25 to 34 ° C. While the rectal temperature is dependent on the time of day. The metabolic heat production averaged 115 and 155 W m⁻² for males and females, respectively, and did not change with increasing air temperature (25-34 ° C), the same was true for emission of methane and respiratory rate, for both sexes. This fact can be explained by the ability of zebu cattle, heat stocked.

Keywords : Conditioning, Heat storage, Indirect calorimetry, Latent and Sensible heat loss, Thermoregulation

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Composição do concentrado.....	20
Tabela 2 – Composição química bromatológica da silagem, concentrado e da dieta com base na matéria seca.....	20
Tabela 3 – Resumo da análise de variância do modelo estatístico do experimento.....	23
Tabela 4 - Média, mínimo e máximo dos valores de temperatura do ar (T_A), radiação solar (R_S), temperatura radiante média (T_{RM}) e umidade relativa (U_R) observadas em Ilha Solteira, SP, Brasil durante o mês de Fevereiro de 2015, das 8 às 17 horas.	33

Lista de Figuras

Figura 1 – Esquema das trocas de calor sensível: condução (1), convecção (2), radiação (3), e as trocas de calor latente: evaporação respiratória (4) e cutânea (5), do animal com o ambiente.	11
Figura 2. Sistema de medidas fisiológicas para bovinos, desenvolvido pelo Laboratório de Bioclimatologia Animal da UNESP/FCAV.....	25
Figura 3. Máscara facial desenvolvida no laboratório de Bioclimatologia Animal da UNESP – Jaboticabal	25
Figura 4. Média ($\pm$ erro padrão) estimados pelo Método dos Quadrados Mínimos da frequência respiratória (resp min ⁻¹) de acordo com o tempo de uso da máscara facial.	31
Figura 5. Lote de 16 animais (nove fêmeas: F1, F5, F9, F11, F13, F15, F17, F19 e F21; e sete machos: M2, M4, M6, M8, M10, M12 e M14).	32
Figura 6. Média dos valores de temperatura do ar (T_A , °C), umidade relativa (U_R , %), radiação solar (R_S , W m ⁻²) e temperatura radiante média a sombra (T_{RM} , °C) de acordo com a hora do dia.....	33
Figura 7. Temperatura da superfície do pelame (T_S , °C), superfície da pele (T_{EP} , °C), retal (T_R , °C) e do ar expirado (T_{EXP} , °C) em função da temperatura do ar (T_A , °C) em bovinos Guzerá.....	35
Figura 8. Temperatura da superfície do pelame (T_S , °C), superfície da epiderme (T_{EP} , °C), retal (T_R , °C) e do ar expirado (T_{EXP} , °C) de acordo com a hora do dia em bovinos Guzerá.....	36
Figura 9. Perda de calor via sistema respiratório (q''_{er} , W m ⁻²) e perda de calor sensível (q''_{sens} , W m ⁻²) em função da temperatura do ar (T_A , °C) em bovinos Guzerá.	37
Figura 10. Médias ($\pm$ erro padrão) estimadas pelo método dos quadrados mínimos da frequência respiratória (F_R , resp min-1) em função da classe de temperatura do ar (T_A , °C) em bovinos Guzerá.	38
Figura 11. Médias ($\pm$ erro padrão) estimados pelo método dos quadrados mínimos da produção de calor metabólico (q''_{met} , W m ⁻²), em função da classe de temperatura do ar, em bovinos Guzerá.	40
Figura 12. Médias pelo método dos mínimos quadrados da produção de calor metabólico (q''_{met} , W m ⁻²), em função da hora do dia.	40
Figura 13. Emissão de metano (E_{CH_4} , g h ⁻¹), de acordo com a temperatura do ar, em bovinos Guzerá.....	42
Figura 14. Emissão de metano (E_{CH_4} , g h ⁻¹), de acordo com a hora do dia. As setas azuis indicam o instante em que a dieta foi fornecida aos animais.	43

1. INTRODUÇÃO

A previsão do aumento populacional, segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), traz consigo maior demanda por produtos agropecuários. O Brasil apresenta extrema importância nesse cenário mundial, por ser um país com grande extensão de terras agricultáveis, clima favorável e por estar entre os principais países produtores e exportadores de alimento do mundo.

Dentre as atividades do setor agropecuário brasileiro, a bovinocultura de corte apresenta grande efetividade na cadeia alimentícia mundial, representando uma parcela substancial do PIB e gerando mais de nove milhões de empregos diretos e indiretos (Obeid, et al., 2006). O Brasil possui o maior rebanho comercial do mundo, com cerca de 209 milhões de cabeças segundo IBGE (ABIEC, 2015), além de ser o maior exportador de carne bovina e o segundo maior produtor, perdendo apenas para os EUA (ABIEC, USDA, 2015), sendo 80% do rebanho composto por animais de raças zebuínas (*Bos indicus*) ou cruzamentos. De acordo com da Silva e Maia (2013), a maior quantidade de animais zebuínos em ambiente tropical, está relacionado à sua maior tolerância a altas temperaturas e intensa radiação solar.

Neste sentido, a termorregulação em bovinos de corte têm sido estudada em ambientes controlados, no interior de câmaras climáticas (McDowell, et al., 1953; Piccione et al., 2005; Gebremedhin, et al., 2010), condições totalmente diferentes das condições naturais, onde estes indivíduos são manejados, pois as variações da temperatura do ar e umidade; velocidade do vento e radiação solar, variam continuamente no tempo, consequentemente alterando o balanço térmico dos animais (McArthur, 1987).

Como o clima brasileiro é caracterizado por temperaturas elevadas e intensa radiação solar ao longo do ano (da Silva e Maia, 2013), pode causar alterações fisiológicas nos animais (Koong, et al., 1985; Nardone, et al., 2010; laer, et al., 2014; Silva, 2000) e consequentemente queda no desempenho (Chiquitelli Neto, 2005). Neste sentido, Brown-Brandl, et al. (2003) observaram que a frequência respiratória e a temperatura retal, se elevaram de 55 para 103 resp min⁻¹, e 38,9 para 40,1 °C, respectivamente em bovinos cruzados (¼

Angus, $\frac{1}{4}$ Hereford, $\frac{1}{4}$ Pinzgauer, $\frac{1}{4}$ Red Poll) expostos a diferentes temperaturas (17,5 °C e 34 °C), além de redução na ingestão de alimento e queda da produção de calor metabólico. No entanto, Costa (2013) em estudo com animais Nelore (*Bos indicus*), não encontrou diferença significativa na frequência respiratória e na produção de calor metabólico, quando a temperatura variou de 23 para 34 °C. Isto evidencia a importância da temperatura do ar e a variação das respostas fisiológicas entre diferentes raças de bovinos, expostas a diferentes temperaturas. Esta se destaca ainda mais, quando estudos recentes indicam aumento da temperatura da atmosfera (Vieira, et al., 2010). Conforme Lassey (2007), este aumento da temperatura média da atmosfera é devido ao aquecimento global, e esta sendo causado pela elevação das concentrações de gases do efeito estufa na atmosfera, CO₂, N₂O e CH₄ (Lima, et al., 2001). O II Inventário Nacional de Emissões de Gases do Efeito Estufa (Brasil, 2010) aponta a produção animal como a principal fonte emissora de gás metano (CH₄) no Brasil, sendo a fermentação entérica em ruminantes responsável por 70% das emissões de CH₄ no país (Brasil, 2013). Portanto à agropecuária contribui com a emissão de gases do efeito estufa, consequentemente, os animais são afetados em um cenário de atmosfera aquecida, pois o aumento de temperatura da atmosfera influencia diretamente as trocas térmicas entre o animal e o meio, consequentemente, sua produção (laer, et al., 2014).

Por este motivo, pesquisas vêm sendo realizadas buscando mensurar a emissão de metano em ruminantes, (Primavesi et al., 2005 e Storm et al., 2012), utilizando a técnica do gás traçador (SF₆), em situações normais de pastejo, porém essa metodologia não possibilita a mensuração de outros gases respiratórios, como o dióxido de carbônico, oxigênio e vapor de água. Por outro lado esses trabalhos não avaliaram qual é o efeito das condições meteorológicas (temperatura do ar, umidade e radiação) influenciando a termorregulação dos animais associada à emissão de metano.

Muitos trabalhos que mensuraram a emissão de CH₄ entérico em ruminantes, foram realizados em países de clima temperado e/ou sob condições de temperatura e umidade controlada no interior de câmaras sem radiação solar, (Beauchemin & Mcginn, 2006; Wright, et al., 2004; Beauchemin, et al., 2007). Diante disto, há possibilidades que os resultados dessas

pesquisas não representem a realidade, ou seja, animais expostos a radiação solar e a altas temperaturas. Estudos também foram realizados utilizando a técnica do gás traçador, SF₆ (José Neto, 2015), no entanto estes estudos não reportaram a variação da emissão de metano entérico ao longo do dia, apenas o valor total.

Portanto, o objetivo deste estudo foi validar o condicionamento dos animais e o desenvolvimento de pesquisas que visem entender as respostas do equilíbrio térmico de bovinos Guzerá (*Bos indicus*), em consequência das variações meteorológicas ao longo do dia, em ambiente tropical e a emissão de metano.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Bovinocultura de Corte no Brasil

A maioria da população bovina do mundo encontra-se em regiões tropicais e subtropicais. Onde *Bos indicus* e seus cruzamentos são predominantes (Brito et al, 2004). Um dos maiores exemplos é o Brasil, onde a bovinocultura de corte é uma das principais atividades produtivas do agronegócio. O Brasil possui o maior rebanho comercial do mundo, presentes em cerca de 2,6 milhões de estabelecimentos no país, abrangendo todo o território nacional, com aproximadamente 212 milhões de cabeças (IBGE, 2011), dos quais 80% é composto por animais de raças zebuínas (*Bos indicus*) ou azebuado. Apesar da menor produtividade destes animais, quando comparados com *Bos taurus* criados em regiões de clima temperado, estes além de serem menos exigentes nutricionalmente e ter uma menor produção de calor interno, são mais resistentes a ecto e endoparasitas (Paulino, et al., 2000; Brito et al, 2004) e apresentam maior tolerância a altas temperaturas e intensa radiação solar (Paulino, et al., 2000; da Silva e Maia, 2013). De acordo com Hansen (2004), zebuínos apresentam menor resistência ao fluxo de calor na capa de pelame, quando comparado aos *Bos tauros*, devido a sua maior

densidade de pelos e menor espessura. Além disso, demonstram melhores resultados que os *Bos taurus*, em condições de altas temperaturas do ar e pastagem de baixa qualidade, como relatado por Pacheco, et. al. (2005), os quais observaram que bovinos com maior proporção de sangue Zebu, apresentaram maior acabamento e desempenho na fase de terminação.

Exportando cerca de 20% de sua produção, a cadeia da bovinocultura de corte tem obtido resultados expressivos para a economia do país. O Brasil é, conforme dados do USDA (2015), o segundo maior produtor e exportador mundial de carne bovina. A Região Centro-Oeste representou, em 2013, 39,1% do abate nacional. O estado de Mato Grosso mantém a liderança, tendo abatido 17% da produção, seguido pelos estados de Mato Grosso do Sul [12%] e São Paulo [10,3%] (MAPA, 2014).

De acordo com projeções do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2014), no período de 2013/2014 a 2023/2024, a produção de carne bovina apresentará um elevado crescimento, com valores anuais de 1,9% (SILVA, 2015). Com venda para mais de 180 países (MAPA), sendo Rússia e Hong Kong os maiores compradores de carne in natura, o setor pecuário fechou o ano de 2014 com alta de 6,91% no PIB (CEPEA, 2014), faturando cerca de R\$ 50 bilhões/ano, e gerando 7,5 milhões de empregos (EMBRAPA).

2.3 Mecanismos de Transferência de Calor e Massa

Calor refere-se à medida da energia térmica das moléculas em vibração de um material qualquer, considerando que quanto maior essa vibração maior a quantidade de calor. De acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica, o calor flui sempre de um ponto que contenha maior quantidade de energia térmica para outro com menor quantidade (Silva, 2000). A transferência de calor é energia térmica em trânsito devido a uma diferença de temperaturas (Incropera et al., 2013). Segundo os mesmos autores sempre que houver um diferencial de temperatura em um meio ou entre meios, existirá, necessariamente, transferência de calor. Essa condição física ocorre também

entre os animais e o meio em que eles se encontram. Já que, de acordo com da Silva e Maia (2013), os animais e o ambiente em que eles se encontram formam um complexo sistema em que cada animal é afetado pelos fatores ambientais e pelos outros animais, que reagem e os afetam. Para Das, et al. (1999), além do ambiente, a genética do animal está, totalmente, relacionada a intensidade e duração das respostas fisiológicas e comportamentais, sob alta temperatura, por exemplo.

Os organismos vivos são sistemas físicos geradores de energia térmica, produzida no decorrer dos processos metabólicos de manutenção dos fenômenos vitais (Silva, 2000). Ao mesmo tempo, ocorrem trocas (ganhos e perdas) dessa energia térmica com o meio ambiente. A temperatura corporal é mensurada pela quantidade de energia térmica de um dado organismo em um dado momento, e essa variação é controlada pelos mecanismos termorregulatórios (da Silva e Maia, 2013). Portanto, segundo Silva (2000), a termorregulação é o processo de controle da energia térmica em um sistema físico qualquer.

O aporte de energia nos organismos tem três diferentes origens: química, por intermédio dos processos metabólicos; mecânica, pela ação das forças físicas dos organismos; térmica, pela troca de calor com o ambiente (Silva, 2000).

A transferência de calor pode ocorrer de forma sensível e/ou latente (Figura 1). O calor sensível (q''_{sens}) pode ser transferido de um corpo para outro por meio de três mecanismos: radiação, convecção e condução, conforme Silva (2000). Radiação (q''_{rad}) consiste na transferência de energia térmica de um corpo a outro através de ondas eletromagnéticas. Qualquer superfície que esteja acima de 0° K (zero absoluto) emite radiação. A porção do espectro que se estende de aproximadamente $0,1$ até $100 \mu\text{m}$ e que abrange a fração da UV e todo o visível e o infravermelho (IV), que é chamada por radiação térmica, porque é causada por e afeta o estado térmico ou a temperatura da matéria (Incropera et al., 2013).

A Convecção (q''_{conv}) é a transferência de energia térmica por intermédio do deslocamento de um fluido, que pode ser líquido ou gasoso, o qual recolhe energia térmica em um ponto e o transporta para outro (Çencel, 2009). A eficiência desta transferência depende do gradiente de temperatura e pode ser

forçada ou natural (da Silva e Maia, 2013). Se o deslocamento é causado por um diferencial de densidade, o processo é denominado convecção natural ou convecção passiva. Se o deslocamento é causado por forças ativas, como bombas, ventiladores ou qualquer fonte eólica se tem uma convecção forçada ou ativa (da Silva e Maia, 2013).

Já a Condução (q''_{cond}) é um mecanismo de troca de energia térmica entre corpos ou entre partes de um mesmo corpo, pela troca de energia cinética das moléculas ou pelo deslocamento de elétrons, exige contato direto para ocorrer, e passa das partículas mais energéticas, maiores temperaturas, para as menos energéticas, menores temperaturas, tendendo ao equilíbrio (Incropera et al., 2013).

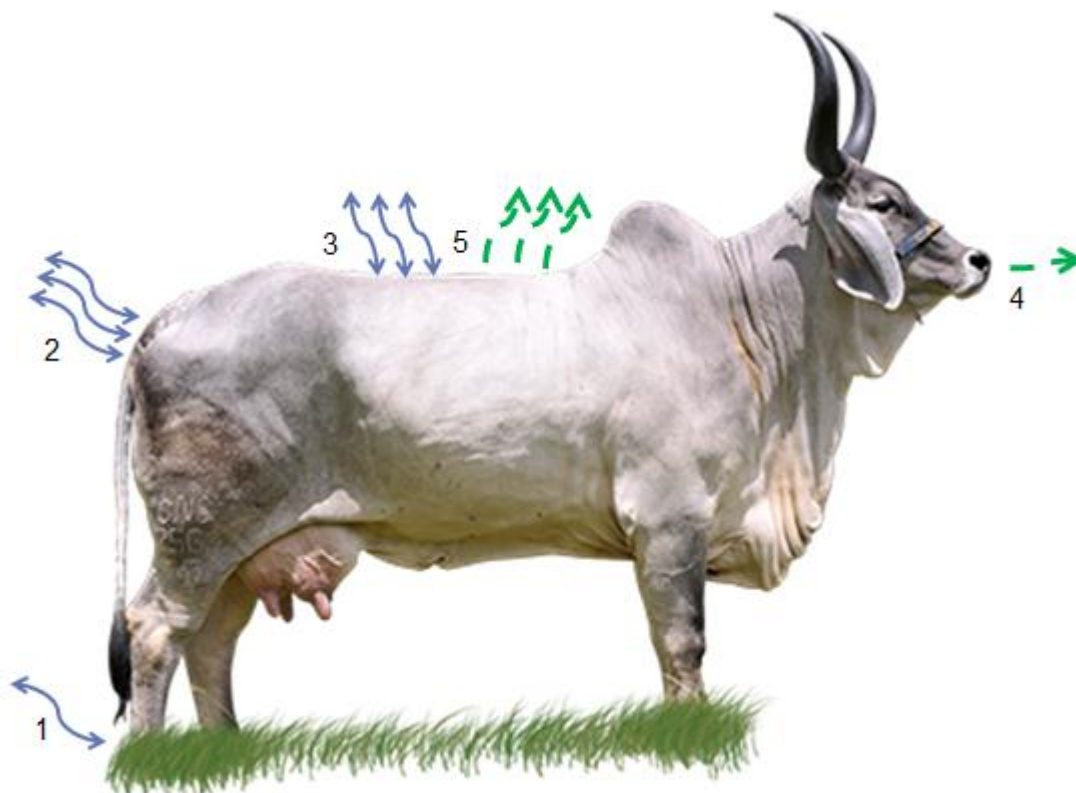


Figura 1 – Esquema das trocas de calor sensível: condução (1), convecção (2), radiação (3), e as trocas de calor latente: evaporação respiratória (4) e cutânea (5), do animal com o ambiente.

Por outro lado, a transferência de calor por mecanismos latentes, envolve a transferência de massa por evaporação, que é o processo de difusão de água evaporada (q''_{er}). Perdas pelo sistema respiratório (q''_{er}) para ser calculada depende do volume respiratório (V_m) e da temperatura do ar expirado

do animal (T_{EXP}), as quais podem ser medidas pelo uso da máscara facial também descrito por Maia et al. (2005).

$$q''_{met} + q''_{rad} + q''_{conv} + q''_{cond} + q''_{RC} - q''_{er} - q''_{ES} = \Delta E_{arm}$$

Estudos vêm sendo conduzidos nos últimos cinquenta anos avaliando os efeitos da nutrição, aclimatação, mudanças no ambiente, estágio fisiológico e interação social na resposta da produtividade dos animais frente ao ambiente térmico: temperatura, umidade, radiação e velocidade do vento (Deshazer, 1999).

Esses estudos visam compreender de maneira eficaz os efeitos do ambiente sobre a produção animal e, assim minimizar ou eliminar as consequências adversas.

Quando um animal busca se manter estável em um determinado ambiente térmico, sua primeira resposta (voluntária ou involuntária) é realizar um conjunto de estratégias (cognitivas e comportamentais) de maneira positiva para sua sobrevivência.

Os mecanismos envolvidos no conjunto de estratégias para a resposta ao ambiente térmico são divididos em: fisiológicos, comportamentais e imunológicos. Estas repostas variam de acordo com o tipo de desafio térmico: em curto prazo ocorrem mudanças nas adaptações fisiológicas, no comportamento e nas funções imunológicas; enquanto que a longo prazo essas respostas impactam o desempenho animal, como alteração na ingestão de alimento e perda de calor, afetando o crescimento, a reprodução e o desempenho dos animais (Deshazer, 1999).

As alterações fisiológicas e comportamentais destes animais são tentativas de manter a temperatura corporal a um nível quase constante (estável). Com a mudança da temperatura do ambiente, o animal inicialmente busca ajustar sua temperatura de superfície através de meios fisiológicos (por exemplo, vasodilatação ou vasoconstrição) e pelo comportamento, movimentando-se mudando sua área de superfície exposta (Deshazer, 1999).

Alguns estudos, como de Findlay (1957), com bovinos jovens, da raça Ayrshire, sob três temperaturas diferentes (20, 30 e 40°C), em câmaras

climáticas comprovam este fato. O mesmo observou que a temperatura retal foi se elevando com o aumento da temperatura do ar, 39,1; 39,9 e 40,8°C, respectivamente. No mesmo sentido, a frequência respiratória também se elevou, passando de 70, 120 e 145 resp min⁻¹, quando a T_A se elevou de 20, 30 e 40°C, respectivamente. Este fato foi explicado pelo autor como alternativa dos animais em acionar a perda de calor latente via sistema respiratório, já que aos 40°C, as perdas de calor sensíveis foram mínimas. Maia et al. (2005) em trabalho com vacas da raça Holandesa, observaram que quando a temperatura do ar passou de 10 para 36°C, a perda de calor latente subiu de 30 para 350 W m⁻², respectivamente.

Worstell e Brody (1953) trabalhando com fêmeas de diferentes raças bovina, observaram que a partir de 21,1; 21,1; 29,4 e 35 °C, as raças Holandês, Jersey, Brown Swiss e Brahman, respectivamente. As trocas de calor sensível começaram a diminuir, enquanto as trocas latentes passaram a aumentar. Por outro lado, Gebremedhin et al. (2008) em estudo com diferentes raças de vacas leiteiras, encontraram que a uma temperatura do ar de aproximadamente 30 °C, a perda de calor latente da raça Black Angus, Holandês e Jersey, atingiram valores de 352,32 W m⁻², 278,06 W m⁻² e 127,56 W m⁻². Sendo a raça Jersey, considerada mais tolerante ao calor, pois apresentou menor perda de calor latente, comparada com as demais.

2.4 Produção de Calor Metabólico

Os animais homeotérmicos apresentam termogênese contínua (Silva, 2000), portanto diferentes vias metabólicas são ativadas de acordo com os processos fisiológicos realizados, produzindo assim energia térmica em proporção direta com o nível de atividade física e química, tal nível de atividade é avaliado pela taxa metabólica (da Silva e Maia, 2013). Conforme Schmidh-Nielsen (2013), esta produção de energia térmica metabólica é determinada de acordo com a quantidade de oxigênio consumido pelo o indivíduo.

Os estudos sobre a produção de calor metabólico em ruminantes foram realizados, em sua grande maioria em ambientes controlados, câmaras climáticas, e protegidos da radiação solar (McLean, 1963; Schrama et al.,

1992), conforme descrito por da Silva e Maia (2013), existem três formas diferentes para calcular o a produção de calor metabólico. Pelo cálculo da diferença entre o valor energético dos alimentos ingeridos e o valor energético das excretas (fezes e urina). Este método envolve a suposição de que não há qualquer mudança na composição estrutural do animal. Portanto, este método não pode ser aplicado para animais em crescimento ou aqueles submetidos a mudanças corporais.

Outro método é a calorimetria direta, que é a determinação da quantidade total de calor produzido, e pode ser considerado a princípio como o método mais preciso para determinação do metabolismo. Na avaliação, o animal é colocado dentro de uma câmara com paredes termicamente isoladas, e com isso toda a quantidade de calor por ele eliminada seja por radiação, condução, convecção e evaporação é mensurada. Por último a calorimetria indireta, neste método o animal pode ser avaliado dentro de uma câmara fechada, com um fluxo de ar controlado, e este ar é avaliado pelo seu conteúdo de gases (por exemplo, oxigênio, gás carbônico e metano) antes e depois da passagem do fluxo de ar pela câmara. Também pode ser mensurada pelo uso da máscara facial (Maia, et. al., 2014), através do gradiente de concentração dos gases (O_2 , CO_2 e CH_4) no ar inspirado e expirado pelo animal, como descrito por da Silva e Maia (2013).

O oxigênio é responsável por 75% da produção de calor, o gás carbônico contribui com cerca de 25%, restando menos de 1% de o metano e o nitrogênio (Kleiber, 1972). Pode-se medir a concentração desses gases no ar expirado do animal por meio analisadores conectados a máscara fácil. A estimativa do calor metabólico também é estimado pelo fluxo respiratório, o qual, segundo da Silva e Maia (2013), é difícil de ser estimado. No entanto, estes valores podem ser obtidos com o método da máscara facial usado por Maia et al. (2014).

O método de calorimetria indireta, com a utilização de uma máscara facial, é pouco utilizado, devido ao grande dispêndio de trabalho, para condicionar os animais ao uso da máscara. No entanto é o método mais barato e sendo realizado atualmente em trabalhos como os de Maia (2005) em estudo com vacas da raça Holandesa em produção e Maia, et al. (2014), em trabalho

com caprinos, encontraram valores de até 798,56 e 77 W m⁻², respectivamente. Além disso, esta técnica permite analisar toda a parte espirometria do animal e a emissão de gases em condições naturais.

2.5 Metano

O metano (CH₄) é um importante gás do efeito estufa, contribuindo aproximadamente com 15% do total de emissões globais. Possui uma forte habilidade de absorver radiação infravermelha, cerca de 20 vezes mais que o CO₂ (Nascimento, 2011). Dentre os principais produtores deste gás, os ruminantes, devido ao processo digestivo de fermentação entérica, são reconhecidos como importante fonte de emissão de CH₄ para a atmosfera. Além disso, a produção desse gás varia em função do sistema de alimentação, em que é considerada uma parte perdida da energia do alimento, refletindo em ineficiência na produção animal. (Pedreira, et al 2005).

No Brasil, do total das emissões de metano provenientes de atividades agrícolas, a pecuária contribui com cerca de 96% (Lima et al., 2001). As maiores fontes de emissão de CH₄ considerando as atividades agropecuárias são representadas pelos ruminantes (16%), produção de arroz em terrenos alagados (11%) e fermentação de dejetos da pecuária (17%) (Olesen, *et al.*, 2006). O metano produzido em sistemas de produção de bovinos origina-se, principalmente, da fermentação entérica (85 a 90%), sendo o restante produzido a partir dos dejetos destes animais. Do metano produzido por fermentação entérica no rúmen, 95% é excretado por eructação, e daquele produzido no sistema digestivo posterior, 89% é excretado através da respiração e apenas 11% pelo ânus (MURRAY et al., 1976).

Esta produção de metano entérico surge principalmente a partir da fermentação microbiana dos carboidratos estruturais e não estruturais da dieta hidrolisada, como celulose, hemicelulose, pectina e amido resultando na formação de ácidos graxos voláteis (AGVs), como acético, propiônico ou butírico, via piruvato (Embrapa gado de leite, 2011), usados pelo ruminante como fonte de energia, e produção de gases (CO₂ e CH₄), ambos eliminados por meio da eructação (MARTIN et al., 2009a). A fermentação em ruminantes

envolve processo oxidativo, gerador de cofatores reduzidos (NADH, NADPH e FADH). Para que o processo fermentativo não seja paralisado, esses cofatores são então re-oxidados (NAD⁺, NADP⁺ e FAD⁺) por meio de reações de desidrogenação, liberando hidrogênio no rúmen.

Esse processo exige um ambiente anaeróbico e ocorre no estômago dos ruminantes (rúmen) e ceco dos não-ruminantes, além do esterco armazenado (Pedreira, et al 2005). O metano é um subproduto da fermentação ruminal que ocorre devido a ação de um importante grupo de organismos *Archea* (Embrapa gado de leite, 2011). A formação do metano é o principal dreno do H₂ ruminal, sendo esse processo indispensável para vida dos organismos do rúmen, bem como do próprio ruminante (Berndt, 2010).

Dentre as principais variáveis que influenciam a produção de metano em ruminantes, pode-se citar os fatores nutricionais (quantidade e tipo de carboidrato na dieta, nível de ingestão de alimento, presença de ionóforos ou lipídios), fatores metabólicos (taxa de passagem da digesta) e fatores ambientais (temperatura e manejo de animais) (Nascimento, 2011), além do horário do dia (Lockyer, 1997), estado fisiológico, tamanho corporal e principalmente a população de microrganismos ruminais como protozoários e bactérias (Primavesi, et al., 2005).

Para quantificar esta produção de CH₄, há várias técnicas existentes, como a técnica de mensuração em câmaras fechadas (p. ex., de calorimetria respiratória), que é a mais precisa (Westberg et al., 1998). No entanto, demanda maior controle dos animais; outra técnica para medição da emissão de metano por ruminantes em condições de campo foi desenvolvida, usando um gás traçador inerte, o hexafluoreto de enxofre (SF₆), que permite trabalhar com animais em situação normal de pastejo. Todavia, essa técnica não possibilita a medição simultânea de outros gases respiratórios, como o gás carbônico, e muito menos sobre o volume respiratório, além de seu custo ser alto e promover a poluição ambiental. Já a mensuração *in vitro* tem sido usada há varias décadas, ela simula a fermentação ruminal da dieta dos animais. Pode-se mensurar a produção de metano ruminal dos animais por meio de um analisador de gás específico também conectado a máscara facial, conforme Maia et al. (2014).

Tanto a metodologia do SF₆, quanto as demais citadas, quando se referem à mensuração simultânea de outros gases do sistema respiratório apresentam limitações. Já a calorimetria indireta com o uso da máscara facial, por sua vez permite realizar essa mensuração associada a outros gases em condições meteorológicas normais, além de medir os volumes respiratórios (MAIA et al. 2005). Essa técnica é sustentável e que não utiliza nenhum gás poluente (COSTA, 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

O trabalho foi desenvolvido na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Campus de Ilha Solteira (FEIS). Esta região apresenta latitude de 20° 25' 52" Sul, longitude: 51° 20' 17" Oeste e altitude de 366 metros. Classificação climática de Köppen-Geiger: Aw.

3.2 Animais

O trabalho se iniciou com a doma de 17 animais (sete machos e dez fêmeas) mochados da raça Guzerá do plantel da Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP de Ilha Solteira - SP, nascidos entre os meses de Abril e Junho de 2013.

A doma destes animais teve início no mês de Janeiro de 2014, em que o primeiro passo foi à redução da distância de fuga, trabalho este que durou cerca de uma semana, onde se iniciou na manga do curral (área maior), para depois passar para um área mais restrita (corredor do confinamento), onde a distância de fuga era praticamente zero. Após excelente resultado, se iniciou a doma de cabresto, durante uma semana, com o auxílio de um cavalo estes animais foram cabresteados e conduzidos, até passarem a ser conduzidos com

facilidade por uma pessoa. Após estas duas semanas intensivas, os animais passaram a ser condicionados ao uso da máscara facial (Maia, et. al., 2014), através do condicionamento operante (Skinner, 1989), de forma periódica até o início do experimento preliminar. Durante todas estas atividades, foi utilizado o concentrado como reforço positivo. A princípio a máscara foi inserida nos animais ainda sem as válvulas (equipamento este que causa uma certa resistência na respiração), sendo inserida em seguida. O tempo de permanência do uso da máscara facial durante o condicionamento foi elevado gradativamente em intervalos regulares de dez minutos até completarem o período de uma hora, seguindo metodologia utilizada por Maia, et al. (2014). Desses, 10 foram selecionados para a realização da coleta de dados, cinco machos e cinco fêmeas, com peso médio de 420 e 360 Kg, respectivamente.

3.3 Experimento Preliminar

Após a conclusão do condicionamento foi realizado um experimento preliminar, com objetivo de verificar se a máscara facial causaria alterações nas respostas fisiológicas, e selecionar os 10 (5 machos e 5 fêmeas) melhores animais, de acordo o comportamento da F_R e sua reatividade ao uso da máscara facial, para a coleta de dados. Para isso foi utilizado como indicador à frequência respiratória, que foi mensurada através dos movimentos do flanco do animal, antes de estar com a máscara facial, após colocar a máscara e a cada intervalo de 10 minutos, durante 60 minutos. O delineamento adotado neste experimento foram dois quadrados latinos, um 7x7 nos machos e outro 10x10 nas fêmeas. Os animais machos foram observados por sete dias, enquanto as fêmeas durante dez dias de coleta, em diferentes intervalos de horários das 8:00 as 15:00 horas os machos (sendo o primeiro animal avaliado entre as 8:00 até as 9:00h; o segundo animal entre as 9:00 até as 10:00, assim sucessivamente até o sétimo animal, que foi avaliado entre as 14:00 e as 15:00h) e das 7:00 as 18:00 horas as fêmeas (sendo o primeiro animal avaliado entre as 7:00 até as 8:00h; o segundo animal entre as 8:00 até as 9:00, assim sucessivamente até o décimo animal, que foi avaliado entre as 16:00 e as

17:00h). Os dados das medidas repetidas no tempo foram analisados utilizando métodos de modelo misto, baseado em mínimos quadrados e foi realizada máxima verossimilhança restrita (REML) algoritmo com o procedimento de modelo misto linear (PROC MIXED) do Statistical Analysis System (SAS Institute, Versão 8), de acordo com Littell et al (2006). O modelo estatístico linear usado para descrever a taxa de respiração foi:

$$Y_{ijklm} = \mu + S_i + D(S)_{ij} + H_k + A(S)_{il} + A(SDH)_{ijkl} + T_m + (ST)_{im} + TA(S)_{ilm} + TD(S)_{ijm} + e_{ijklm}$$

Onde Y_{ijklm} é a resposta da unidade experimental (animais) observada na k-ésima classe hora, no j-ésimo dia, no i-ésimo sexo; S é o efeito fixo do i-ésimo sexo (i = masculino ou feminino); D (S) é o efeito aleatório do j-ésimo dia dentro do i-ésimo sexo (i = macho, em seguida, j = 1, 2 ... 7; i = fêmea, em seguida, J = 8, 9 ... 16); H é o efeito fixo da k-ésima classe hora (k = 8: 00-9: 00 h; 9: 00-10: 00 h; e assim por diante até 16: 00-17: 00 h); A (S) é o efeito fixo do L-ésimo animal dentro do i-ésimo sexo i (i = fêmea, em seguida, L = 1, 5, 9, 11, 13, 15, 17, 19 e 21; i = macho, em seguida, L = 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14); SDH é o efeito aleatório do L-ésimo animal dentro da interação do i-ésimo sexo com j-ésimo dia com a k-ésima com classe de hora; T é o efeito fixo do m-ésimo tempo (m = 10, 20, 30, 40, 50 e 60); ST é a interação entre o i-ésimo sexo com o m-ésimo tempo; TA (S) é a interação entre o m-ésimo tempo com o l-ésimo animal dentro do i-ésimo sexo; TD (S) é a interação entre o m-ésimo tempo com o j-ésimo dia dentro do j-ésimo sexo; e e_{ijklm} é o termo residual, incluindo o erro aleatório, assumiu-se ser independente e iid identicamente distribuídos N (0, σ^2) e μ é a média geral.

3.4 Período Experimental

Durante o período experimental todos os animais permaneceram protegidos da radiação solar e foram alimentados com a mesma dieta, proporção volumoso:concentrado de 70:30, com base na matéria seca. A ração

foi fornecida duas vezes ao dia, as 9:30 e as 15:30 horas, sendo constituída de silagem de sorgo e concentrado (Tabela 1), e sua composição bromatológica se encontra na Tabela 2.

Tabela 1 – Composição do concentrado.

Ingredientes	Proporção (%)
Milho Triturado	75,50
Farelo de Algodão	17,00
Farelo de Soja	3,87
Uréia	1,73
Calcário	1,73
Sulfato de Amônia	0,17
Total	100

Tabela 2 – Composição química bromatológica da silagem, concentrado e da dieta com base na matéria seca.

Itens	Silagem	Concentrado (%)	Dieta (%)
MS	38,07	87,22	55,47
MO	35,99	76,06	52,52
PB	4,74	21,83	14,51
EE	1,62	3,53	2,39
FDN	55,68	16,96	36,78
FDA	35,41	4,74	18,23
CT	86,84	70,46	78,18
CNF	56,36	67,97	63,28
NDT	56,78	77,16	70,67

MS - matéria seca, MO - matéria orgânica, PB - proteína bruta, EE - extrato etéreo, FDN - fibra em detergente neutro, FDA - fibra em detergente ácido, CT - carboidratos totais, CNF - carboidratos não-fibrosos e NDT – nutrientes digestíveis totais.

Os animais foram alojados em baias individuais, cobertas com telhas de alumínio, e adaptados à dieta por um período de 15 dias. O consumo de

alimento foi quantificado diariamente, por intermédio da pesagem do alimento fornecido e da sobra do mesmo no dia posterior.

3.5 Coleta de Dados (Sistema de Medidas Fisiológicas)

O período experimental teve duração de vinte dias, as coletas de dados foram realizadas adotando um planejamento experimental em quadrado latino (10x10), composto por 10 animais observados durante 10 horas contínuas dividida em 10 intervalos regulares de uma hora cada, sendo o primeiro animal avaliado entre as 08:00 e as 09:00h; o segundo animal entre as 09:00 e as 10:00h, e assim sucessivamente até o décimo animal que foi avaliado entre as 17:00 e as 18:00h.

A coleta de dados resultou em 200 horas de observações de registro contínuo em intervalos de um segundo, gerando uma base de dados para cada variável dependente (por exemplo, a emissão de metano) igual a 720.000 (setecentos e vinte mil observações). Esses registros contínuos foram acumulados em intervalos de tempo de 300 segundos (cinco minutos) e suas médias foram calculadas, conseqüentemente a base de dados se reduziu para 2400 linhas de observações. Esses dados foram analisados estatisticamente com auxílio do programa “Statistical Analysis System” (SAS) de acordo com Littell e Freund (1991). Esse programa foi utilizado para organização dos arquivos, exame de distribuição dos dados com relação à normalidade, estatísticas de tendência central, de dispersão, de associação e análise de variância, sendo esta baseada no método dos quadrados mínimos (Harvey, 1960).

Para o conjunto de dados do experimento principal, foi utilizado o delineamento em quadrado latino. No entanto os tratamentos não foram aplicados as unidades. Pois existem animais de sexos diferentes, e há interesse em medirmos este fator associado a outros fatores. Os dados foram analisados utilizando métodos de modelo misto baseado em mínimos quadrados e foi realizado máxima verossimilhança restrita (REML), algoritmo com o procedimento de modelo misto linear (PROC MIXED) do Statistical

Analysis System (SAS Institute, Versão 8), de acordo com Littell et al (2006). O modelo estatístico linear usado para descrever F_R , V_E , T_S , T_E , T_{Exp} , T_R , q_{met}'' , q_{er}'' e q_{sen}'' foi:

$$Y_{ijklmno} = \mu + L_i + D(L)_{ij} + H_k + F(H)_{kl} + S_m + A(S)_{mn} + (HS)_{km} \\ + A(LDHS)_{ijkmn} + T_o + (ST)_{mo} + e_{ijklmno}$$

onde $Y_{ijklmno}$ é a resposta da unidade experimental (animal) observada na classe de temperatura do ar o no sexo m na classe de hora k no dia da amostras j no quadrado latino i ; L é o efeito aleatório do i -ésimo quadrado latino (1 ou 2); D é o efeito aleatório do j -ésimo dia dentro do i -ésimo quadrados latino ($i = 1$ então $j = 1, 2 \dots 10$; $i = 2$, em seguida, $J = 11, 12 \dots 20$); H é o efeito fixo da k -enésima classe de hora ($k = 8: 00-9: 00$ h; $9: 00-10: 00$ h; e assim por diante até $17: 00-18: 00$ h); F é o efeito fixo do l -ésimo tempo dentro da k -ésima classe hora ($k = 8: 00-9: 00$, em seguida, $l = 8:00, 8:05, 8:10$ e $8: 15, \dots, 8: 55$; $k = 9: 00-10: 00$, em seguida, $l = 9:00, 9:05, 9:10, 9, 15, \dots, 9: 55$; e assim por diante até que $k = 17: 00-18: 00$, em seguida, $l = 17 : 00, 17:05, 17:10, 17: 15, \dots, 17: 55$); S é o efeito fixo do m -ésimo sexo ($M =$ masculino ou feminino); A é o efeito aleatório do n -ésimo animal dentro do m -ésimo sexo ($m =$ fêmea, em seguida, $n = 1, 2, \dots, 5$, $m =$ macho, em seguida, $n = 6, 7, \dots, 10$); HS é a interação entre a k -ésima classe de hora com o m -ésimo sexo; $LDHS$ é o efeito aleatório do n -ésimo animal dentro da interação do i -ésimo quadrado latino com o k -ésimo dia com a k -ésima classe de hora e com o m -ésimo sexo; T é o efeito fixo da o -ésima classe de temperatura do ar ($23 = TA \leq 23,5^\circ C$; $24 = 23,5^\circ C < TA \leq 24,5^\circ C$; e assim por diante até $35 = ta > 34,5^\circ C$); ST é a interação entre o m -ésimo sexo com a o -ésima classe de temperatura do ar; e $e_{ijklmno}$ é o termo residual, incluindo o erro aleatório, assumiu-se ser independente e iid identicamente distribuídos $N(0, \sigma^2)$ e μ é a média geral.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância do modelo estatístico do experimento.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade
Dia	19
Classe de Hora	9
Tempo (Classe de Hora)	110
Sexo	1
Animal (Sexo)	8
Resíduo	2252
Total	2399

3.6 Medidas Fisiológicas

Foram mensurados os gases respiratórios (oxigênio, O_2 ; gás carbônico, CO_2 ; vapor de água, H_2O ; metano, CH_4), as funções respiratórias (volume respiratório corrente, fluxo respiratório e frequência respiratória) além das temperaturas corporais (da pele, do pelame, retal e do ar expirado). Essas variáveis foram mensuradas utilizando o Sistema de Medidas Fisiológicas (SMF) desenvolvido pelo Laboratório de Bioclimatologia da FCAV – UNESP, conforme apresentado na Figura 2, o qual é composto atualmente pelos seguintes equipamentos e componentes:

1. Máscara facial (Figura 3, desenvolvida pelo próprio Laboratório de Bioclimatologia);
2. Analisador de O_2 (modelo FMS-1201-05, Field Metabolic System);
3. Analisador de CO_2 (modelo FMS-1201-05, Field Metabolic System);
4. Analisador de CH_4 (modelo MA-10 Methane Analyzer, Sable System);
5. Dois analisadores de vapor de H_2O (modelo RH-300, Sable System);
6. Duas bombas (modelo SS4 sub-sample, Sable System);
7. Uma coluna de dissecante (Perclorato de Magnésio);
8. Um espirômetro (modelo ML141 da ADInstruments);
9. Uma câmara misturadora de gases (modelo MLA246, ADInstruments);
10. Dois tubos de respiração (MLA1015 Breating Tube, ADInstruments);
11. Um cabeçal de fluxo (modelo MLT1.000, ADInstruments);

12. Um sensor de temperatura nasal (modelo MLT415/AL, ADInstruments);
13. Um sensor de temperatura retal (Modelo MLT1407, ADInstruments);
14. Dois sensores de temperaturas da superfície corporal (Modelo MLT22/A, ADInstruments);
15. Sistema de aquisição de dados (Modelo PowerLab 16/30 e LabChart Pro, ADInstruments);
16. Terminal para termistores (Modelo Thermistor Pod ML309, ADInstruments);
17. Computador;

Na avaliação o SMF realiza as medidas da proporção de CO_2 , O_2 e CH_4 no ar expirado ($\text{CO}_{2\text{E}}$, $\text{O}_{2\text{E}}$, $\text{CH}_{4\text{E}}$, respectivamente); além da pressão de saturação do ar expirado ($P_{\text{S}}\{T_{\text{EXP}}\}$, KPa) nos animais durante a coleta de dados, primeiramente a máscara facial foi ajustada ao focinho dos animais de forma que a cada movimento respiratório, o ar da atmosfera entrou pela válvula de entrada de ar da máscara, enquanto o ar expirado saiu pela válvula de saída de ar. Um tubo de respiração foi conectado na válvula de saída da máscara até a entrada de ar da câmara respiradora, assim conduzindo o ar expirado pelo animal até esta câmara de gases. Na saída de ar da câmara misturadora foi conectada uma mangueira plástica (BEV-A-LINE IV) até a entrada de ar dos analisadores. Com o auxílio de uma bomba o ar expirado no interior da câmara misturadora foi aspirado e puxado através de mangueira plástica e passou primeiramente pelo analisador de H_2O , que realizou a leitura da $P_{\text{S}}\{T_{\text{EXP}}\}$, em seguida, essa amostra de ar expirado seguiu para o tubo de dissecante (Perclorato de magnésio - $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$) para retirar as moléculas de vapor de H_2O para então seguir para os analisadores de CO_2 , O_2 e CH_4 que fizeram a leitura da proporção desses gases no ar expirado do animal ($\text{CO}_{2\text{E}}$, $\text{O}_{2\text{E}}$ e $\text{CH}_{4\text{E}}$, respectivamente).

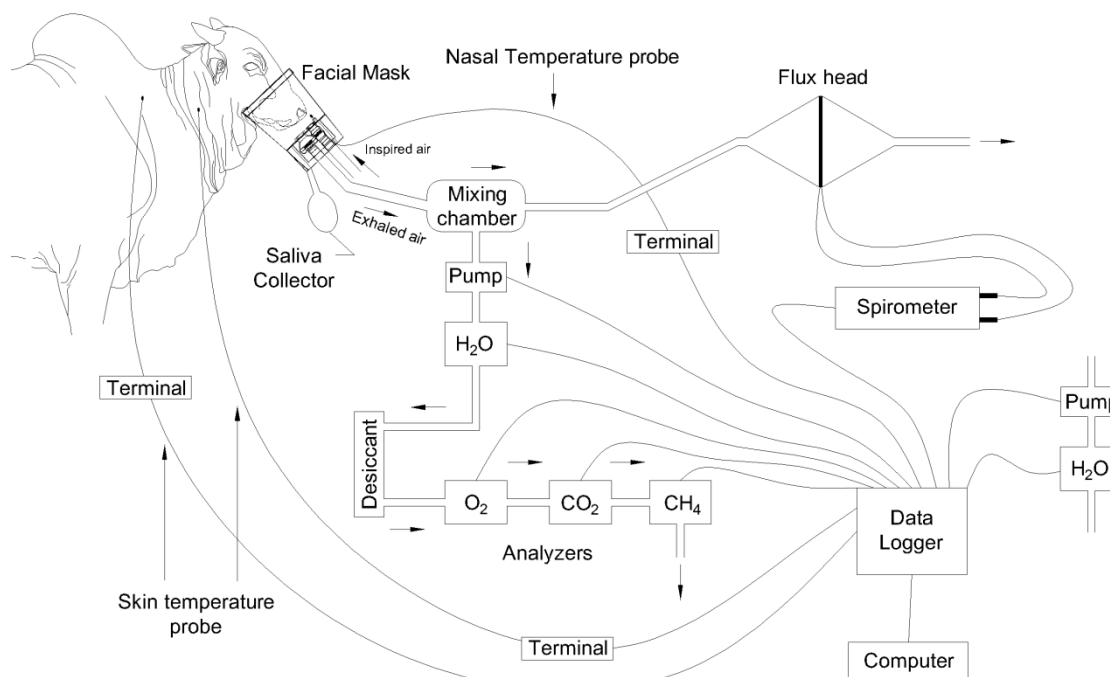


Figura 2. Sistema de medidas fisiológicas para bovinos, desenvolvido pelo Laboratório de Bioclimatologia Animal da UNESP/FCAV.



Figura 3. Máscara facial desenvolvida no laboratório de Bioclimatologia Animal da UNESP – Jaboticabal

O SMF realiza as medidas da frequência respiratória (F_R , resp min^{-1}), do volume respiratório corrente (V_{RC} , L resp $^{-1}$) e o volume respiratório minuto (V_m , L s^{-1}) no conduto de saída de ar da câmara misturadora, por intermédio de uma conexão a um cabeçal de fluxo por onde o ar expirado do animal, após passar pela câmara misturadora de gases, passe pelo interior do cabeçal de fluxo, o qual foi conectado ao espirômetro que realizou a leitura digital da F_R , V_{RC} e V_m .

Para o SMF realizar as medidas de temperatura da superfície da pele (T_{EP} , °C), da superfície do pelame (T_S , °C), a temperatura retal (T_R , °C) e do ar expirado (T_{EXP} , °C) sensores tipo Termoresistência foram utilizados. A temperatura da superfície do pelame foi aferida por meio de um sensor colocado na região dorsal do animal sobre a superfície do pelame. O sensor 2 similar ao anterior, foi usado para medir a temperatura da superfície da pele, também colocado na região dorsal do animal, porém sobre a superfície da epiderme previamente tricotomizada. Esses sensores foram acoplados a uma placa de plástico, a qual foi fixada no animal, com o auxílio de uma fira de borracha. A temperatura retal foi aferida pelo sensor da temperatura retal inserido no reto do animal, enquanto o sensor de temperatura nasal foi inserido no interior da máscara facial a frente das narinas do animal para registrar a temperatura do ar expirado. Esses sensores foram conectados diretamente no terminal de termistores, e estes por sua vez foram conectados ao sistema de aquisição de dados, assim medindo continuamente a T_{EP} , T_S , T_R e T_{EXP} , respectivamente.

No SMF as leituras do *baseline* das proporções de O_2 , CO_2 e CH_4 da atmosfera (O_{2A} , CO_{2A} e CH_{4ATM} , respectivamente) foram feitas sempre que a máscara facial foi retirada do focinho do animal. O *baseline* para a pressão parcial de vapor da atmosfera ($P_P\{T_A\}$, kPa) foi feita utilizando um analisador de H_2O conectado por uma mangueira plástica a uma bomba que puxa continuamente o ar ambiente para dentro desse analisador. Diferentemente da concentração de O_2 , CO_2 e CH_4 na atmosfera, o conteúdo de vapor nela varia acentuadamente ao longo do dia, por isso a necessidade de um analisador de vapor de H_2O exclusivo para o *baseline* da pressão de vapor de H_2O na atmosfera.

Todas as leituras realizadas pelo SMF foram registradas continuamente e simultaneamente, a uma taxa de uma observação por segundo pelo sistema

de aquisição de dados, o qual foi conectado a um notebook que armazenou todos os dados para posterior extração dos mesmos. A partir desses dados foi possível estudar a termorregulação dos animais, através da produção de calor metabólico, perda de calor por evaporação na respiração e na superfície cutânea; e a emissão entérica de CH₄ da seguinte maneira:

3.6.1 Produção de calor metabólico

A produção de calor metabólico (q''_{met} , W m⁻²) foi determinada pela diferença entre as proporções de O₂ e CO₂ no ar inspirado e expirado do animal, de acordo com da Silva e Maia (2013) e Lington (2008). Sabendo que o oxigênio e o gás carbônico contribuem com aproximadamente 75 e 25%, respectivamente, para a produção total de calor, enquanto que o CH₄ e o N contribuem apenas com 1% (BROUWER 1965; KLEIBER, 1972), consequentemente q''_{met} pode ser dada por:

$$q''_{\text{met}} = A^{-1} F_R V_{\text{RC}} [0,75 Q_{\text{O}_2} (O_{2\text{A}} - O_{2\text{E}}) + 0,25 Q_{\text{CO}_2} (CO_{2\text{E}} - CO_{2\text{A}})]$$

onde: A (m²) é a área de superfície corporal do animal; V_{RC} é o volume respiratório corrente (L resp.⁻¹); F_R é a frequência respiratória (resp s⁻¹); O_{2A} e O_{2E} são as proporções de O₂ na atmosfera e no ar expirado, respectivamente; CO_{2A} e CO_{2E} são as proporções de CO₂ na atmosfera e no ar expirado, respectivamente; Q_{O₂} e Q_{CO₂} são, respectivamente, os coeficientes calóricos do oxigênio e do dióxido de carbono (J L⁻¹), que variam de acordo com o quociente respiratório, conforme Schmidt-Nielsen (2002). A determinação da O_{2A}, O_{2E}, CO_{2A}, CO_{2E}, F_R e V_{RC} foram realizadas utilizando o SMF.

3.6.2 Perda de calor por evaporação respiratória

A transferência de massa que ocorre na respiração foi estimada aplicando a Lei de Fick da difusão molecular (Incropera et al., 2008). A partir da equação de Fick, da Silva e Maia (2013) adaptaram a seguinte fórmula para calcular a transferência de calor para o ambiente que ocorre através da respiração:

$$q''_{er} = \frac{\lambda V_{RC} F_R (\Psi_E - \Psi_A)}{A_n}$$

onde: A (m^2) é a área de superfície corporal do animal; λ é o calor latente de vaporização da água ($J\ g^{-1}$); Ψ_A ($g\ m^{-3}$) é umidade absoluta da atmosfera; Ψ_E ($g\ m^{-3}$) é a umidade absoluta do ar expirado. As umidades absolutas são determinadas por:

$$\Psi_A = \frac{2166,87 P_P \{T_A\}}{T_A}$$

onde: $P_P \{T_A\}$ é a pressão parcial de vapor da temperatura do ar (kPa); T_A (K) é a temperatura do ar.

$$\Psi_E = \frac{2166,87 P_S \{T_{EXP}\}}{T_{EXP}}$$

sabendo que $P_S \{T_{EXP}\}$ (kPa) é a pressão de saturação de vapor do ar expirado; T_{EXP} (K) é a temperatura do ar expirado. A $P_S \{T_{EXP}\}$, $P_P \{T_A\}$ e a T_{EXP} foram determinadas usando o SMF.

3.6.3 Emissão entérica de metano

O metano ($L h^{-1}$) produzido no processo fermentativo e liberado via sistema respiratório foi estimado de acordo com da Silva e Maia (2013):

$$CH_{4ent} = 3600F_R V_{RC}(CH_{4E} - CH_{4A})$$

Onde: CH_{4E} e CH_{4A} são as proporções de metano no ar expirado e inspirado, respectivamente, que foram determinados usando o SMF. A conversão da unidade $L h^{-1}$ para $g h^{-1}$ foi feita utilizando a Lei dos Gases ($PV=nRT_A$), sendo que P é a pressão atmosférica local (atm), $R=0,082 \text{ atm L mol}^{-1} K^{-1}$ (constante gasosa), $n=1,0 \text{ mol}$ (número de moles) e T_A (K) foi o valor da temperatura da atmosfera. Sabendo que a massa da molécula de $mCH_4=16g$, consequentemente,

$$eCH_4 = CH_{4en} \frac{PmCH_4}{RT_A}$$

3.7 Dados Meteorológicos

As variáveis meteorológicas: temperatura do ar (T_A , °C), umidade relativa do ar (U_R , %), pressão parcial de vapor da atmosfera ($P_P\{t_A\}$, kPa), pressão de saturação ($P_S\{t_A\}$, kPa) e a temperatura do globo-negro (T_G , °C), foram monitoradas continuamente em intervalos regulares de um, por meio de um data logger (modelo HOBO, onset). T_G foi medida com o auxílio de um termopar (tipo K) inserido no centro de uma esfera oca de cobre de 0,15 m de diâmetro, pintada de preto fosco, colocada a 50 cm acima do solo e perto dos animais. A radiação solar (RS , $W m^{-2}$) foi avaliada a cada dez minutos, utilizando um piranômetro portátil (Model CMP-22, Kipp and Zonen, Delft,

Netherlands), onde os valores registrados corresponderam à radiação solar de ondas curtas, direta e difusa.

A temperatura radiante média (T_{RM} , °C) foi estimada a partir dos dados de temperatura do ar, velocidade do vento e temperatura do globo negro (esfera oca de chapa de cobre com 0,15 m de diâmetro e pintada de preto fosco), a qual foi medida com um sensor Termopar tipo K inserido no centro do globo. A T_{RM} foi estimada utilizando a equação proposta por Silva (2000),

$$T_{RM} = \left[\frac{h_G(T_G - T_A) + \varepsilon_G \sigma T_G^4}{\varepsilon_G \sigma} \right]^{\frac{1}{4}}$$

onde: $\varepsilon_G = 0,95$ é a emissividade do globo negro; T_G (°C) é a temperatura do globo negro; $\sigma = 5,67051 \times 10^{-8}$ (W m⁻² K⁻⁴) é a constante de Steffan-Boltzmann e h_G (W m⁻² K⁻¹) é o coeficiente de convecção do globo negro, o qual foi determinado de acordo com Silva (2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento preliminar (Condicionamento)

A análise dos dados do experimento preliminar mostrou que a interação tempo com animal dentro de sexo, foi altamente significativa ($p < 0,01$). A figura 4 mostra que a frequência respiratória varia muito pouco, ou pouco varia ao longo dos 60 minutos, independente do sexo. Alguns animais, por exemplo, as fêmeas 17 e 19, tiveram um ligeiro aumento. Já entre os machos, o animal 10 apresentou maior aumento de F_R ao longo dos 60 minutos. Além destes resultados, para garantir a escolha de animais com o mesmo padrão, também foi feita a análise de componente principal (Figura 5), o que mostra claramente quatro grupos, o primeiro formado pelos animais que mantiveram a F_R razoavelmente constante, o segundo por aqueles que reduziram a F_R , que não

há problemas, o terceiro e quarto os que tiveram um aumento substancial. Esta foi à sequência que determinou a escolha dos animais para o experimento principal, no entanto, as fêmeas 5 e 9 não foram selecionados. Isso ocorreu pela observação de outros comportamentos, tais como dificuldade em conduzir esses animais ao brete de coleta e a reatividade dos mesmos ao uso da máscara facial, optando, portanto, a substituição por outras duas fêmeas F15 e F13.

A Figura 4 mostra que a frequência respiratória dos animais não apresentou diferença significativa ao longo do período de 60 minutos, com o uso da máscara facial. Mesmo fato foi verificado por Maia, et al. (2014), em trabalho com bovinos Nelore, onde a F_R , oscilou entre 20 e 22 resp min⁻¹, concluindo que para esta metodologia o período de uma hora pode ser realizado em bovinos, diferente da encontrada para ovinos pelo mesmo autor, onde a F_R variou de 130 para 177 resp min⁻¹.

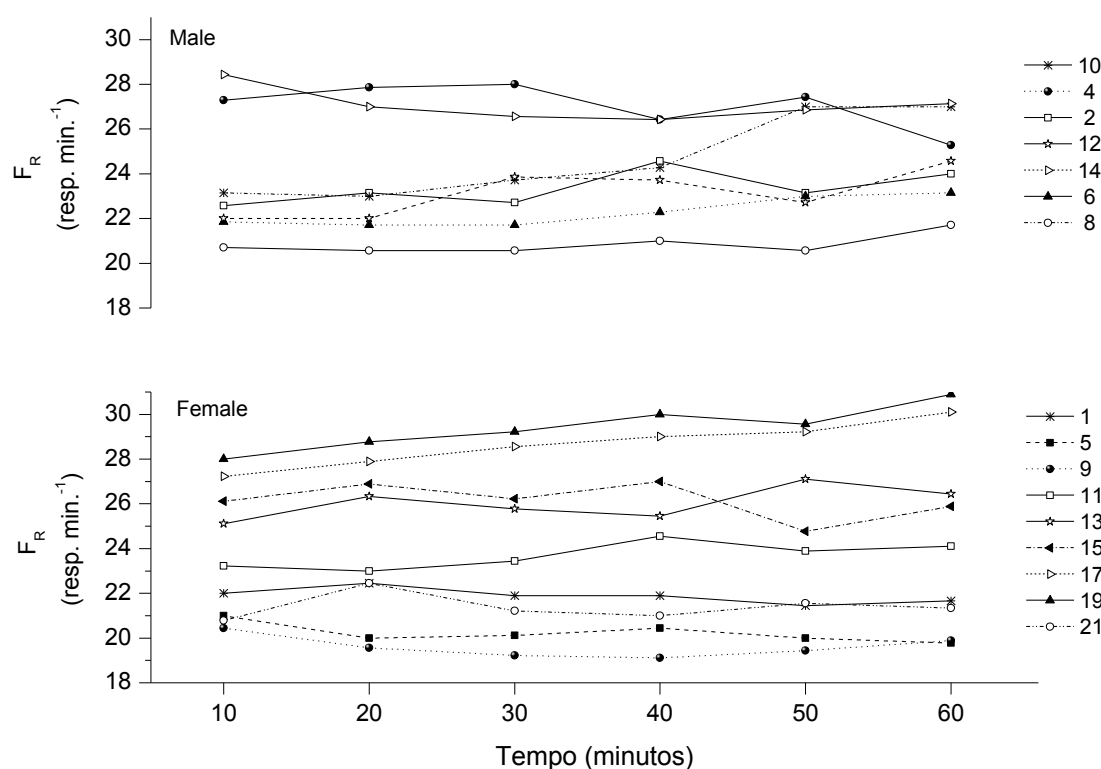


Figura 4. Média ($\pm$ erro padrão) estimados pelo Método dos Quadrados Mínimos da frequência respiratória (resp min⁻¹) de acordo com o tempo de uso da máscara facial.

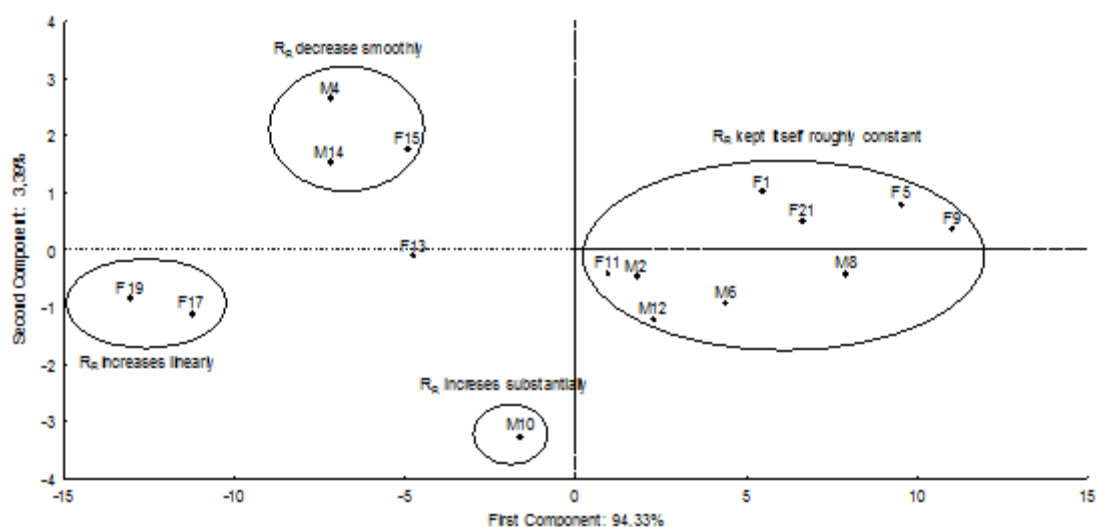


Figura 5. Lote de 16 animais (nove fêmeas: F1, F5, F9, F11, F13, F15, F17, F19 e F21; e sete machos: M2, M4, M6, M8, M10, M12 e M14).

4.2 Coleta de dados

As médias de temperatura do ar e radiação solar foram de 29,8 °C e 562,4 W m⁻², respectivamente, com valores máximos acima de 34°C e 1100 W m⁻² (Tabela 4). A T_A foi positivamente correlacionada com R_S , T_{RM} , mensurada na sombra e exposta ao sol, com valores de 0,42; 0,99 e 0,66, respectivamente e negativamente com a U_R (-0,94), conforme mostra os dados da Figura 6. A média de T_A às 8:00 horas foi de 25,9 °C, mas por volta das 15:00 horas seu valor passou para 33,5 °C, ou seja uma amplitude de aproximadamente 9 °C. O mesmo ocorreu na radiação solar e umidade do ar, neste caso a amplitude foi em torno de 800 W m⁻² e 40 %, respectivamente. Durante o período experimental, os animais ingeriram média de 1,86% em matéria seca do seu peso vivo.

Tabela 4 - Média, mínimo e máximo dos valores de temperatura do ar (T_A), radiação solar (R_S), temperatura radiante média (T_{RM}) e umidade relativa (U_R) observadas em Ilha Solteira, SP, Brasil durante o mês de Fevereiro de 2015, das 8 às 17 horas.

Variável	N	Média	Mínimo	Máximo
T_A (°C)	11940	29.8 ± 0.03	22.8	36.4
U_R (%)	11940	66.9 ± 0.11	43.7	91.3
T_{RM} (°C)	11048	30.0 ± 0.04	23.82	37.2
R_S ($W\ m^{-2}$)	10030	562.4 ± 2.84	23.0	1195.00
$P_P\{T_A\}$ (kPa)	11846	2.18 ± 0.03	1.55	3.02

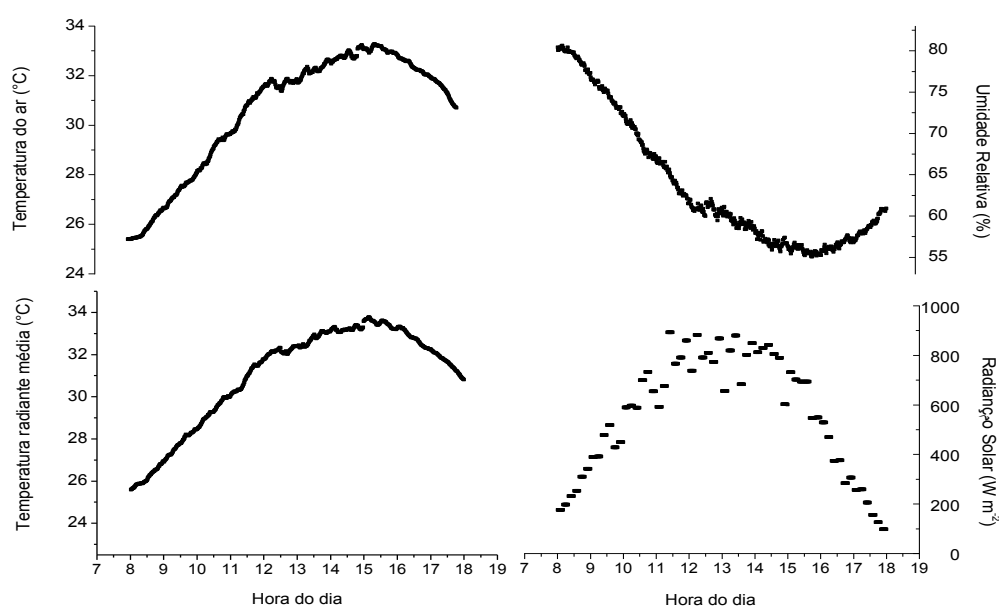


Figura 6. Média dos valores de temperatura do ar (T_A , °C), umidade relativa (U_R , %), radiação solar (R_S , $W\ m^{-2}$) e temperatura radiante média a sombra (T_{RM} , °C) de acordo com a hora do dia.

Os dados observados para temperatura do ar expirado, da superfície do pelame e a da superfície da pele aumentaram de 28 a 35 ° C, 31 a 38 ° C e 33 a 38 ° C, respectivamente, após a variação substancial da temperatura do ar, da radiação solar e a umidade do ar (Figura 6). O mesmo ocorreu no trabalho de Finch (1985), com fêmeas jovens das raças, Brahman, cruzamento Brahman x Hereford-Shorton e Shorton, alojadas em câmaras climáticas, sob temperaturas variando entre 25 e 45°C, observou uma relação linear entre T_A e T_{EP} ($r^2 = 0,90$). Maia, et al. (2005), em estudo com vacas Holandesas, em

ambiente tropical, observou que T_{EXP} é altamente associado a T_A . Gebremedhin, et al (2010), verificou em vacas holandesas, de alta produção, que T_A e T_S afeta diretamente T_{EP} .

A análise de variância mostrou que a interação entre a classe de temperatura do ar e sexo foi significativa ($p < 0,01$) para todas as temperaturas, exceto para temperatura retal. A Fig. 7 mostra que a temperatura da superfície do pelame, da superfície da pele e do o ar expirado aumentou com o aumento da temperatura do ar, para ambos os sexos, no entanto, para as fêmeas foi um pouco menos do que os machos. Brown-Brandl et al. (2006), em trabalho com bovinos Angus durante o verão americano, observaram acréscimo na temperatura da epiderme de até 8°C entre o período da manhã e da tarde. No mesmo sentido, Gebremedhin et al. (2010), em estudo realizado com vacas Holandesas em câmaras climáticas, verificou variação da T_{EP} entre $33,1$ e $37,9^{\circ}\text{C}$, quando os animais foram expostos a uma variação de T_A de $29,1$ até $35,1^{\circ}\text{C}$, respectivamente. No mesmo sentido, Turnpenny, et al. (2000), observaram aumento linear em T_{EP} de $0,8^{\circ}\text{K}$ por $1,0^{\circ}\text{K}$ de T_A . Para Watts (1977), animais homeotérmicos são considerados grandes núcleos, os quais mantêm sua temperatura interna uniforme, porém os tecidos periféricos são influenciados pela variação da temperatura do ar. Nesse sentido, em nosso estudo foi possível observar que a temperatura retal parece diminuir quando a temperatura do ar passou de 25°C para 34°C , mas ficou basicamente estável. Sua variação foi de aproximadamente $0,2$ e $0,1^{\circ}\text{C}$ para fêmeas e machos, respectivamente.

Por outro lado, a análise de variância revelou que a interação entre a classe horas e sexo foi significativa ($p < 0,01$) para a temperatura retal. Ela se elevou devagar e continuamente ao longo do tempo, aumentando a $38,7$ - $39,3^{\circ}\text{C}$ e $38,9$ - $39,5^{\circ}\text{C}$ às $8:00$ h e as $18:00$ h, em média para feminino e masculino, respectivamente (Fig. 8). O contínuo aumento da temperatura retal ao longo do dia contrasta com a variação da temperatura do ar, pois esta aumentou substancialmente 25 - $31,5^{\circ}\text{C}$ entre as $8:00$ h até $13:00$ h. Após este tempo, até cerca de $15:00$ h, foi basicamente estável próximo de $31,5^{\circ}\text{C}$, mas entre as $15:00$ h até às $18:00$ h, diminuiu. Porém a temperatura retal continuou aumentando neste intervalo de tempo. Mesmo resultado também foi observado

por Costa (2013), trabalhando com animais da raça Nelore. Estes resultados podem estar relacionados com o armazenamento de calor durante o dia (McLean, 1963) e ser dissipado durante a noite por convecção e radiação de ondas longas (McLean, 1983; Schmidt-Nielsen, 2013). Piccione et al. (2005), trabalhando com animais mestiços ($\frac{1}{4}$ Angus, Hereford $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{4}$ Pinzgauer, $\frac{1}{4}$ Red Poll) encontraram aumentos semelhantes em temperatura retal com a hora do dia. Em estudo com os mesmos animais, Brown-Brandl et al. (2003) relataram um padrão idêntico, com uma temperatura retal máximo de 40,6 °C às 17:30 h e uma temperatura mínima de 39,1 °C em 5:30 h.

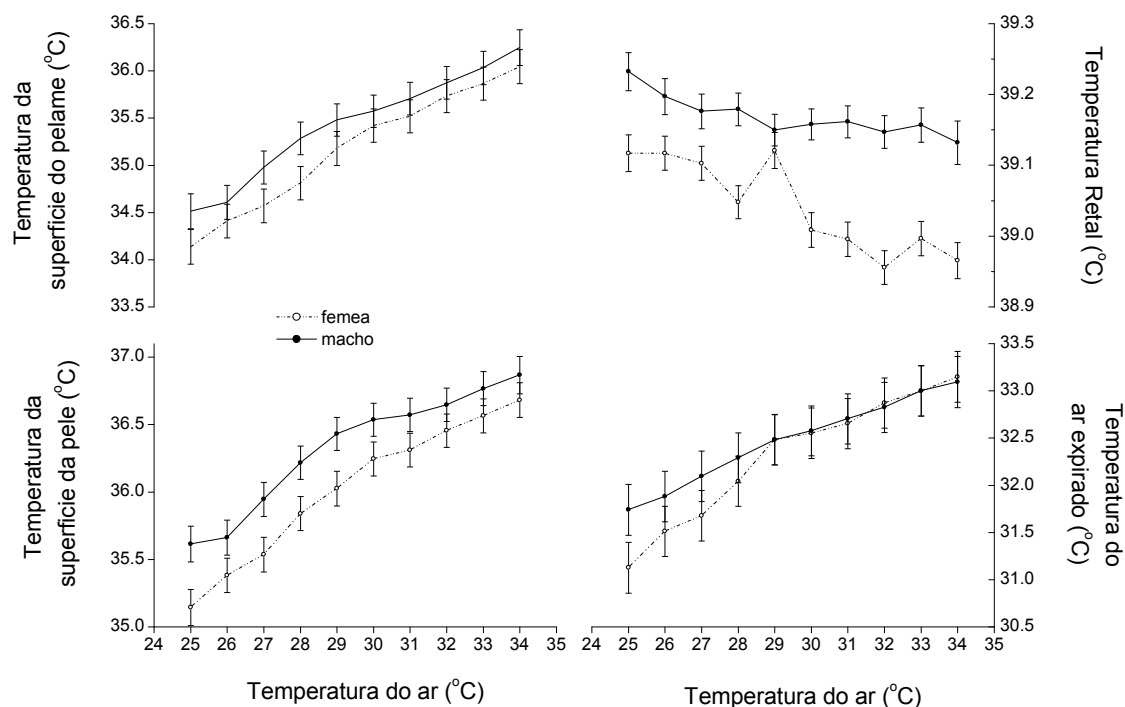


Figura 7. Temperatura da superfície do pelame (T_S , °C), superfície da pele (T_{EP} , °C), retal (T_R , °C) e do ar expirado (T_{EXP} , °C) em função da temperatura do ar (T_A , °C) em bovinos Guzerá.

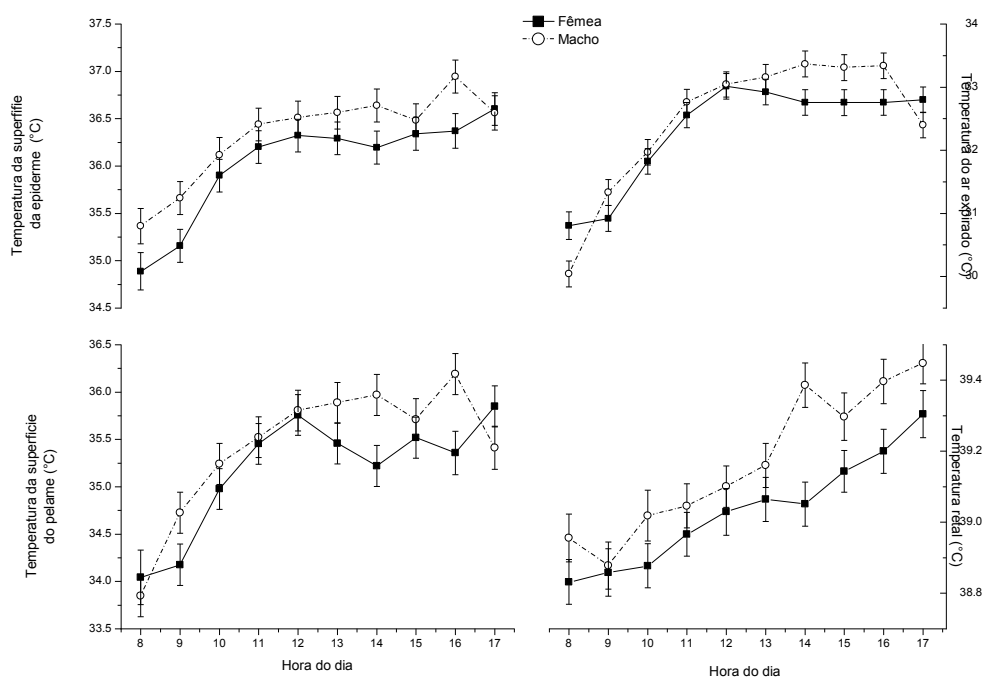


Figura 8. Temperatura da superfície do pelame (T_S , °C), superfície da epiderme (T_{EP} , °C), retal (T_R , °C) e do ar expirado (T_{EXP} , °C) de acordo com a hora do dia em bovinos Guzerá.

A análise de variância mostrou que a interação entre a classe de temperatura do ar com o sexo não foi significativa ($p > 0,01$) para a perda de calor sensível e latente. Em ambos os sexos (Fig. 4) a redução do fluxo de calor sensível foi significativo, passando de 70 para 20 $W m^{-2}$. Este resultado ocorreu porque o gradiente de temperatura ($\Delta T = T_S - T_A$) teve redução de 9 para 2 ° C. Como observado na figura 9 os valores médios de fluxo de calor latente respiratório não se alterou muito quando a temperatura do ar aumentou de 24 até 34 ° C. O seu valor máximo foi de aproximadamente 15 $W m^{-2}$. Este valor representa menos de 10% do calor produzido pelo metabolismo (Fig. 4). No entanto, Maia et al. (2005), num estudo com vacas holandesas observou um aumento de 10 a 60 $W m^{-2}$, quando a temperatura do ar aumentou de 10 para 35° C. De acordo com Finch (1985), para manter o controle térmico, *Bos tauros* evaporam 20% a mais que *Bos indicus*, em um mesmo ambiente. Isto acontece devido a não necessidade dos zebuínos evaporarem, por terem a capacidade de estocarem calor. Gebremedhin (1987); Gebremedhin e Binxin (2001), ao estudarem modelos de transferência de calor e massa de bovinos, observaram

as trocas de calor sensíveis se reduziam linearmente com o aumento da temperatura do ar. Resultados semelhantes foram encontrados por McArthur (1987), onde concluiu que, nos trópicos a temperatura do ar, frequentemente aproximam-se, ou até ultrapassam a temperatura do corpo, inibindo as trocas sensíveis. Além do gradiente de temperatura, para Hansen (2004), a magnitude das perdas de calor sensível depende também da relação área/volume e das características da capa de cobertura do animal. Fato que também foi verificado por Finch (1985), onde verificou que bovinos *Bos indicus* demonstram habilidade para transferir calor, bem maior que *Bos tauros*, por apresentarem pelame curto e com grande densidade. O que resulta em menor quantidade de ar entre os pelos, acarretando em uma menor resistência ao fluxo de calor, entre o animal e o ambiente.

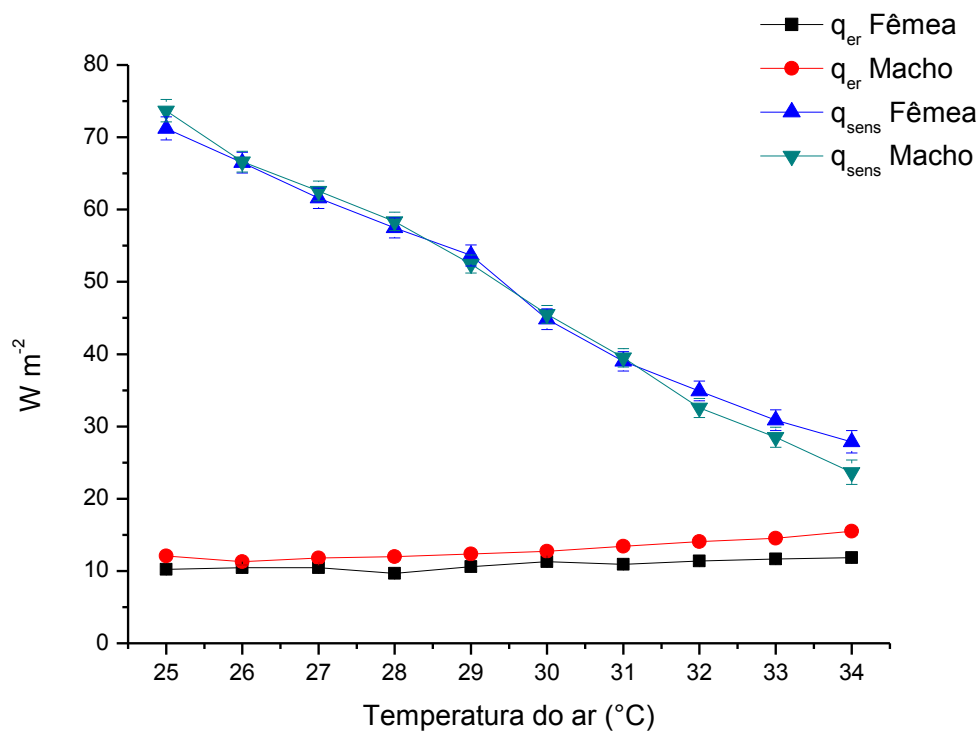


Figura 9. Perda de calor via sistema respiratório (q_{er} , $W m^{-2}$) e perda de calor sensível (q_{sens} , $W m^{-2}$) em função da temperatura do ar (T_A , °C) em bovinos Guzerá.

Estudos anteriores mostraram que os animais podem promover a perda de calor através da evaporação respiratória pelo aumento da ventilação, o que exige uma taxa de respiração mais rápida (Robertshaw, 2006). Os resultados (Fig. 10) indicaram um pequeno acréscimo na frequência respiratória nas

fêmeas e nos machos de 22 a 24 e 23 a 26 resp. min^{-1} , respectivamente, com o aumento da temperatura da ar de 25 para 34°C. Brown-Brandl et al. (2003), trabalhando com animais mestiços ($\frac{1}{4}$ Angus, $\frac{1}{4}$ Hereford, $\frac{1}{4}$ Pinzgauer, $\frac{1}{4}$ Red Poll) em câmaras climáticas, relataram um aumento na taxa respiratória de 55,6 a 103 resp. min^{-1} quando a temperatura do ar aumentou de 17,5 para 34,0°C. Eigenberg et al. (2005), em um estudo com os mesmos animais mestiços, observaram uma diferença na taxa respiratória média entre animais protegidos (86 resp. min^{-1}) e os animais expostos à radiação solar direta (102 resp. min^{-1}). No mesmo sentido, Maia et al (2005), em trabalho com vacas Holandesas, em condições naturais, observaram um acréscimo de 470% na F_R , destes animais quando a temperatura passou de 10 para 34°C. Mesmo com a pequena diferença na frequência respiratória entre os sexos, à análise de variância revelou efeito fortemente significativo ($p < 0,01$) para a variável V_m , com média de 1,6 e 2,2 L s^{-1} para as fêmeas e os machos, respectivamente.

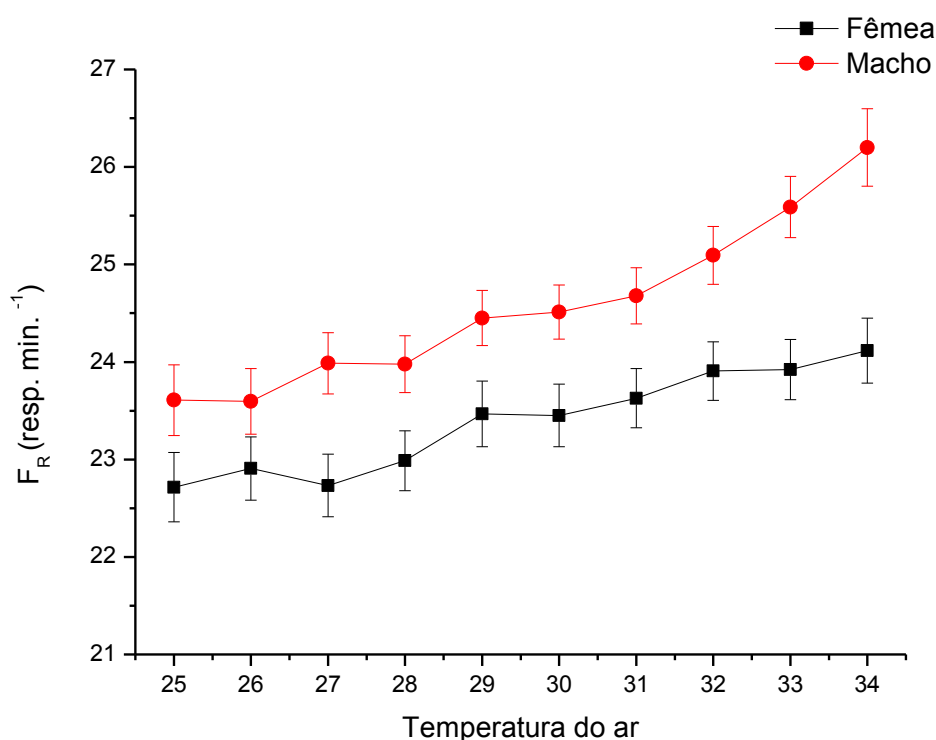


Figura 10. Médias ($\pm$ erro padrão) estimadas pelo método dos quadrados mínimos da frequência respiratória (F_R , resp min^{-1}) em função da classe de temperatura do ar (T_A , °C) em bovinos Guzerá.

Assim como F_R a produção de calor metabólico também se manteve estável, independente da variação de temperatura do ar (25 para 34 °C). No entanto, o efeito sexo foi significativo, onde as fêmeas e os machos apresentaram valores de 115 e 155 W m⁻², respectivamente (Figura 11). Já Kliber (1962) em estudo com novilhas, de três diferentes raças, Brow Swiss, Holstein e Jersey, observou redução da produção de calor metabólico com o aumento de T_A , por outro lado, este mesmo autor, em pesquisa com bezerros, encontrou aumento de q''_{met} em relação a T_A . Esta mesma relação também foi encontrada por McLean (1963) em estudo com bovinos jovens, 6 a 10 meses, da raça Ayrshire, em câmaras climatizadas variando de 15 a 40 °C e Han, et al. (2003), em pesquisa utilizando circuito fechado, com o auxílio de máscara respiratória, observaram aumento linear de q''_{met} em relação T_A . Worstell e Brody (1953), trabalhando com quatro raças de vacas lactantes Jersey, Holstein, Brow Swiss e Brahman, em ambiente controlado, observaram que a produção de calor metabólico reduziu de 202,9 para 101,5; 225,9 para 110,7; 206,2 para 130,9 e 178,1 para 126,7 W m⁻², respectivamente em cada raça, quando a temperatura do ar passou de 10,0 para 40,4°C. No mesmo sentido, McArthur (1987) em estudo com vacas Jersey, realizado em laboratório climatizado, observou que a produção de calor metabólico diminuiu de 170 para 110 W m⁻², quando a temperatura do ar se elevou de 15 para 40°C. Para Hansen (2004), a redução da produção de calor interno é uma resposta fisiológica do animal, frente a altas temperaturas, devido a menor ingestão de alimento. O mesmo autor concluiu que, animais *Bos indicus*, apesar de apresentarem menor índices produtivos, quando comparados com *Bos taurus*, devido a menor produção de calor metabólico, esta menor produção de q''_{met} contribui para tolerância térmica. Ainda sobre a produção de calor metabólico, na figura 12, observa-se que houve um aumento substancial a partir de 9 horas, o que pode ser explicado pelo fornecimento do alimento (indicado pela seta) aos animais, como também observado por Brosh et al. 1998.

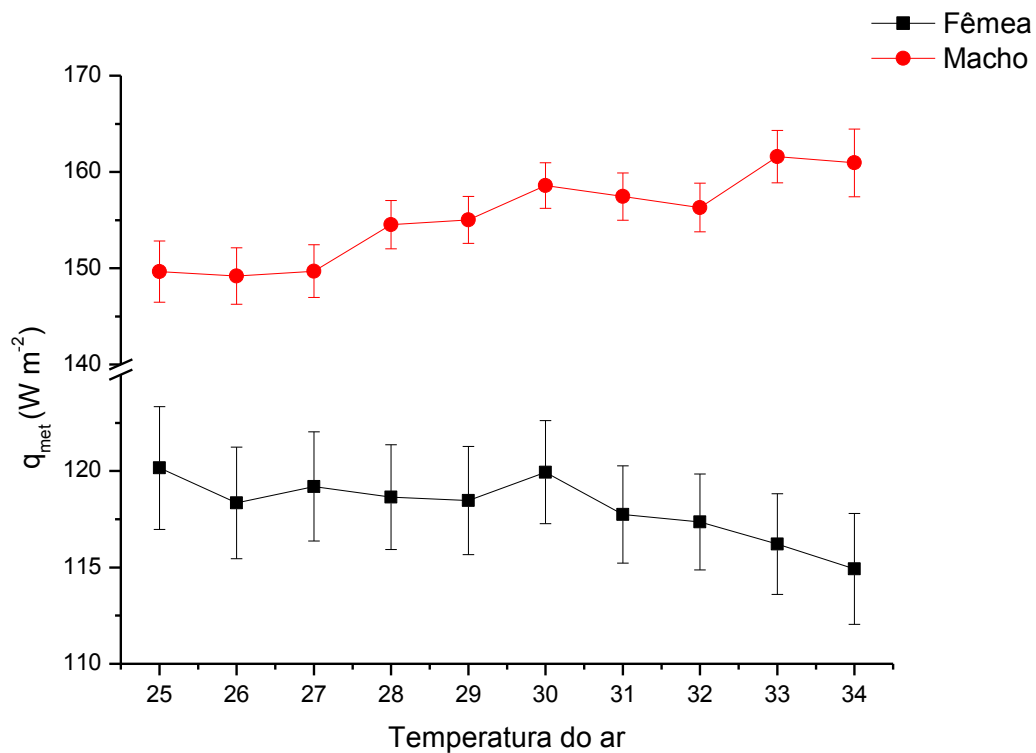


Figura 11. Médias ($\pm$ erro padrão) estimados pelo método dos quadrados mínimos da produção de calor metabólico (q_{met} , $W m^{-2}$), em função da classe de temperatura do ar, em bovinos Guzerá.

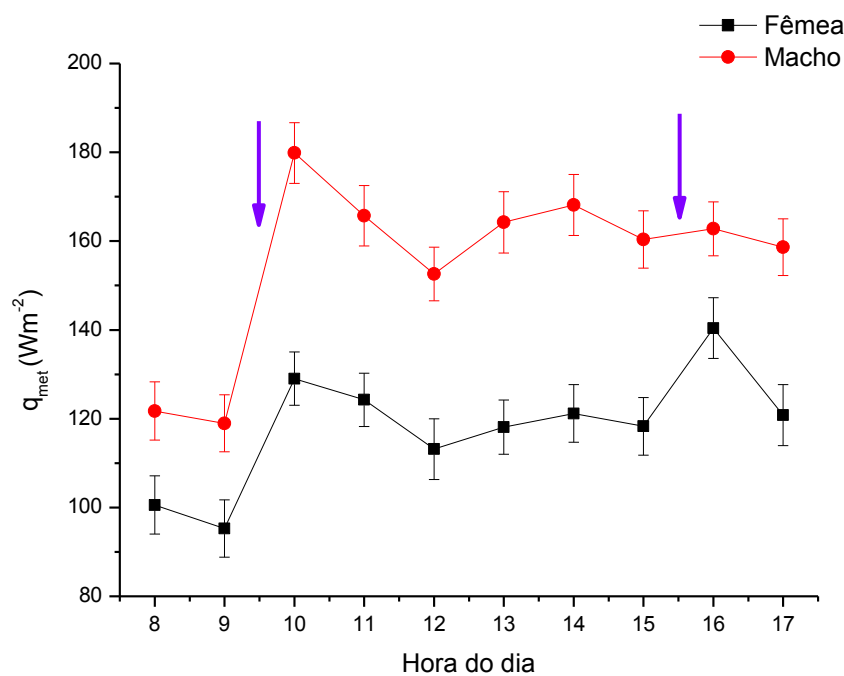


Figura 12. Médias pelo método dos mínimos quadrados da produção de calor metabólico (q_{met} , $W m^{-2}$), em função da hora do dia.

A emissão de metano apresentou média de $5,08 \pm 0,13 \text{ g h}^{-1}$, valores maiores foram encontrados por Primavesi et al. (2005), 8,3 e $7,6 \text{ g h}^{-1}$ em novilhas europeias e mestiças (zebu x europeu), respectivamente, com a utilização do gás traçador (SF_6). Em nosso estudo a emissão de metano praticamente não se alterou com o aumento da temperatura do ar, permanecendo estável quando esta variou entre 25 e 34°C , para ambos os sexos (Figura 13). Mas a análise de variância revelou que o efeito sexo, foi fortemente significativo ($p < 0,01$) para esta variável. Assim como observado na produção de calor metabólico e no volume respiratório a emissão de metano foi cerca de 30% maior para os machos, comparados às fêmeas. Com médias de 4,22 e $5,94 \text{ g h}^{-1}$, para fêmeas e machos, respectivamente. Por outro lado, Rogerson (1960), em estudo com bovinos, verificou que a produção de metano diminuiu quando a temperatura do ar passou de 20 para 40°C .

Já a Figura 14 mostra aumento da emissão de CH_4 , após os horários em que a dieta era fornecida. O mesmo foi observado por Grainger, et al. (2007), em trabalho com vacas leiteiras utilizando as técnicas de SF_6 e câmaras respirométricas, os quais verificaram que a emissão de metano foi maior depois da alimentação, atingindo um valor cerca de duas vezes maior que antes da alimentação, encontrando valor médio da emissão de metano de $3,76 \text{ g h}^{-1}$. DeRamus, et al. (2003), em trabalho com novilhas 5/8 Brahman, utilizando a técnica do gás traçador (SF_6), encontraram valores entre 3,7 e $7,5 \text{ g h}^{-1}$, já Oliveira (2007) em estudo com garrotes Nelore, utilizando a mesma técnica, observou valor médio de $5,5 \text{ g h}^{-1}$.

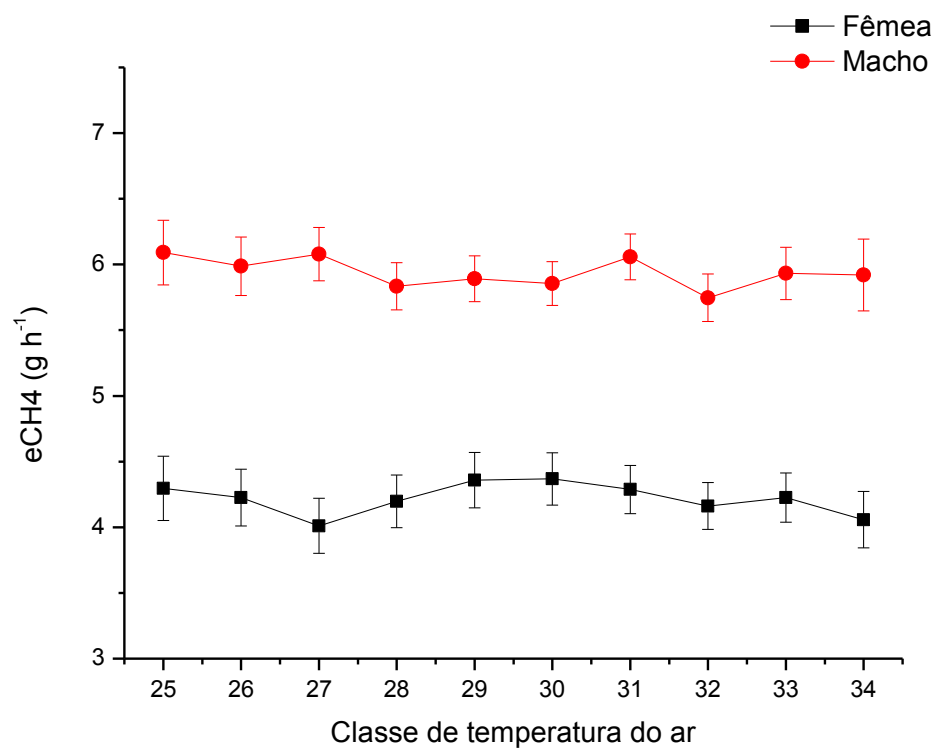


Figura 13. Emissão de metano (E_{CH_4} , g h⁻¹), de acordo com a temperatura do ar, em bovinos Guzerá.

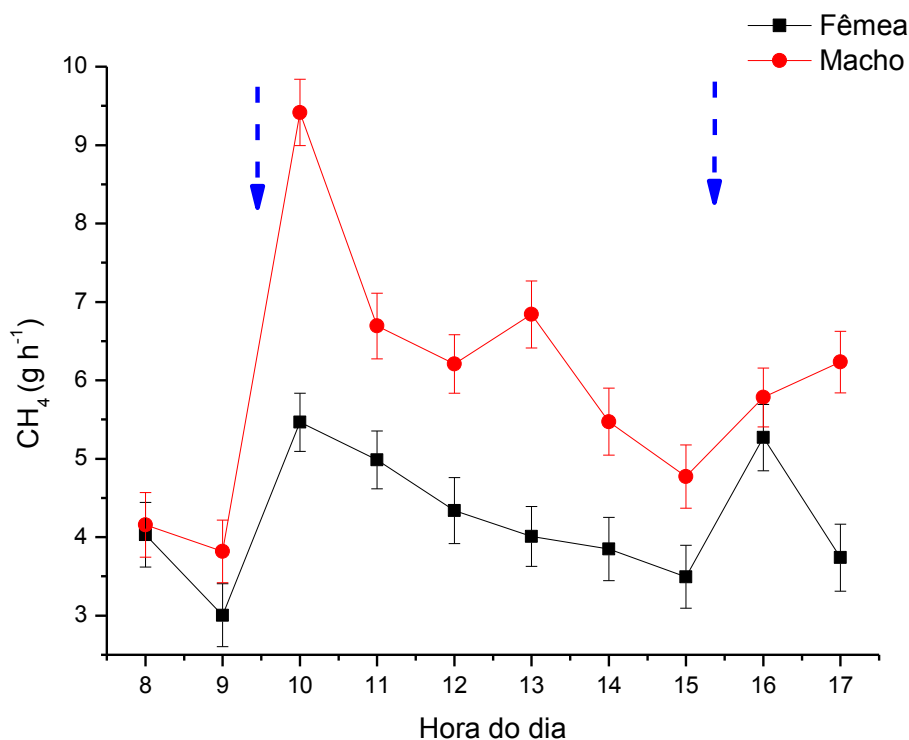


Figura 14. Emissão de metano (E_{CH_4} , g h⁻¹), de acordo com a hora do dia. As setas azuis indicam o instante em que a dieta foi fornecida aos animais.

5. CONCLUSÃO

A metodologia utilizada para a doma e seleção destes animais, que são altamente reativos, foi fundamental para a coleta de dados utilizando o método de calorimetria indireta, com o uso da máscara facial, sendo a frequência respiratória um excelente indicador para a seleção dos animais

Temperatura da pele, do pelame e do ar expirado dependem da temperatura do ar, enquanto a temperatura retal é dependente da hora do dia. Já a frequência respiratória, a produção de calor metabólico e de metano permaneceram constantes com o aumento da temperatura do ar (25-34°C), isso se dá devido a capacidade destes animais (zebuínos) estocarem calor. Além disso, a taxa de ventilação e temperatura retal foram as variáveis fisiológicas que apresentaram maior diferença entre os sexos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAOSICAÇÃO BRASILEIRA DAS INDUSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES – ABIEC. Rebanho bovino brasileiro, 2015. Disponível em: http://www.abiec.com.br/3_rebanho.asp Acesso em: 09/04/2016.

BEAUCHEMIN, K. A.; MCGINN, S. M. Methane emissions from beef cattle: Effects of fumaric acid, essential oil, and canola oil. **Jornal of Animal Science**, v,84; p,1489-1496, 2006.

BEAUCHEMIN, K. A., MCGINN, S. M., MARTINEZ, T. F., MCALLISTER, T. A. Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions from cattle. **Jornal of Animal Science**, v, 85, p, 1990-1996, 2007.

BERNDT, A. Impacto da pecuária de corte brasileira sobre os gases do efeito estufa. In: Bovinocultura Funcional nos trópicos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 7, 2010. Viçosa.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima. Brasília, 2013, p.80.

BROSH, A., AHARONI, Y., DEGEN, A.A., WRIGHT, D., YOUNG, B. A., 1998. Effects of Solar Radiation, Dietary Energy, and Time of Feeding on Thermoregulatory Responses and Energy Balance in Cattle in a Hot Environment. **J. Anim. Sci.** 76:2671–2677

BROWN-BRANDL, T.M., NIENABER, J.A., EIGENBERG, R.A.; HAHN, G.L.; FREETLY, H.C., 2003. Thermoregulatory responses of feeder cattle. **J. Therm. Biol.**, 28, 149–157.

BROWN-BRANDL, T.M.; NIENABER, J.A.; EIGENBERG, R.A.; MADER, T. L.; MORROW, J. L.; DAILEY, J. W., 2006. Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds. **Livestock Science**. 105, 19-26.

BRITO, L.F.C.; SILVA, A.E.D.F.; UNANIAN, M.M.; DODE, M.A.N.; BARBOSA, R.T.; KASTELIC, J.P., 2004 Sexual development in early- and late-maturing *Bos indicus* and *Bos indicus* x *Bos Taurus* crossbred bulls in Brazil. **Theriogenology**. 62, 1198–1217.

BROUWER, E. In Energy Metabolism. [K. L. Blaxter, editor]. London: Academic Press. Weast, R. C. (editor) (1970-1). The Handbook of Chemistry and Physics.

51st ed. Cleveland, Ohio: Weir, J. B. de V. (1949). **J. Phyol., Land.** 109, p. 41, 1965.

CHIQUITELLI NETO, M. 2005. **Sombreamento artificial como tecnologia para melhorar a eficiência econômica e o bem-estar na produção de bovinos de corte.** Tese (Doutorado em Zootecnia). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.

COSTA, C.C.M. 2013. **Efeito da Radiação Solar e Temperatura na Emissão de Metano Associado à Produção e Perda de Calor em Bovinos.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.

ÇENGEL, Y. A. Equação de condução de calor. In:_____. (Ed.). **Transferência de calor e massa: uma abordagem prática.** São Paulo: McGraw-Hill, 2009, p.62-113.

da SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C., 2013. Principles of animal biometeorology, first ed. Springer, New York.

DeRAMUS, H. A.; CLEMENT, T. C.; GIAMPOLA, D. D.; DICKISON, P. C. Methane Emissions of Beef Cattle on Forages: Efficiency of Grazing Management Systems. **J. Environ. Qual.** 32:269–277, 2003.

EIGENBERG, R.A.; BROWN-BRANDL, T.M.; NIENABER, J.A.; HAHN, G.L., 2005. Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle: Part 2. **Predictive relationships Biosyst. Eng.** 91, 111–118.

FINCH, V.A., 1985. Comparison of non-evaporative heat transfer in different cattle breeds. **Australian Journal of Agricultural Research.** 36, 497-508.

FINDLAY, J. D. The Respiratory Activity Of Calves Subjected To Thermal Stress. **J. Physiol.** Vol. 36, p. 300-309, 1957.

GEBREMEDHIN, K.G., 1987. A model of sensible heat transfer across the boundary layer of animal hair coat. **J. therm. Biol.** 12, 5–10.

GEBREMEDHIN, K.G.; BINXIN, W.A., 2001. Model of evaporative cooling of wet skin surface and fur layer. **Journal of Thermal Biology.** 26, 537-545.

GEBREMEDHIN, K.G.; LEE, C.N.; HILLMAN, P.E.; COLLIER, R.J., 2010. Physiological Responses of Dairy Cows during Extended Solar Exposure. **Transactions of the ASABE**. 53, 239-247.

GRAINGER, C.; CLARKE, T.; MCGINN, S. M.; AULDIST, M. J.; BEAUCHEMIN, K. A.; HANNAH, M. C.; WAGHORN, G. C.; CLARK, H.; ECKARD, R. J. Methane Emissions from Dairy Cows Measured Using the Sulfur Hexafluoride (SF₆) Tracer and Chamber Techniques. **J. Dairy Sci.** 90:2755–2766, 2007.

HAN, X-T, XIE, A-Y, BI, X-C, LIU, S-L AND HU, L-H. Effects of altitude, ambient temperature and solar radiation on fasting heat production in yellow cattle (*Bos taurus*). **British Journal of Nutrition**. v, 89, 399- 407, 2003.

HANSEN, P. J. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. **Animal Reproduction Science**. 82–83, 349–360, 2004.

IAER, E. V.; MOONS, C. P. H.; SONCK, B.; TUYTTENS, F. A. M. Importance of Outdoor Shelter for Cattle in Temperate Climates. **Livestock Science**, v, 159, p, 87–101, 2014.

INCROPERA, F.P.; DE WITT, D. P.; BERGMAN, T.L.; LAVINE, A.S. 2008. Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa, sixth ed, LTC, Rio de Janeiro.

LASSEY, K. R. Livestock methane emission: measurement methods, inventory estimation, and global methane cycle. **Agr. Meteorol.**, v.142, p.120-132, 2007.

LIMA, M. A.; CABRAL, O. M. R.; MIGUEZ, J. D. G. Mudanças Climáticas Globais e a Agropecuária Brasileira. **Embrapa Meio Ambiente**, Jaguariúna, SP, 2001.

LIGHTON, J.R.B. **Measuring metabolic rates: A manual for scientists**. New York: Oxford University Press, 201p. 2008.

LOCKYER, D.R. Methane emissions from grazing sheep and calves. **Agricultural Ecology & Environment**, v.66, p.11-18, 1997.

KLEIBER, M. **Bioenergética animal**. Zaragoza: Acribia, 1972, 428p.

KLIBER, H. H. Energy metabolism and related thermoregulatory reactions to thermal stress in 50° and 80° acclimated dairy heifers. Research Bulletin 793. University of Missouri, Dairy Department, Missouri Agricultural Experiment Station and Bureau of Plant Industry, Soils and Agricultural Engineering, United

States Department of Agriculture Cooperating, assisted by the Office of Naval Research. Environment Physiology. Columbia, MO. 1962.

KOONG, L. J.; J. C. L. F., NIENABER, A. Assessment of Interrelationships among Levels of Intake and Production, Organ Size and Fasting Heat Production in Growing Animals. **The Journal of Nutrition**, 1985.

MAIA, A. S. C., GEBREMEDHIN, K. G., NASCIMENTO, S. T., CARVALHO, M. D., SIMÃO, B. R., CAMERRO, L. Z., CHIQUITELLI NETO, M. Development of Facial Masks for Indirect Calorimetric Studies for Livestock. **An ASABE – CSBE/ASABE Joint Meeting Presentation**. 2014.

MAIA, A.S.C., DA SILVA, R.G., LOUREIRO, C.M.B., 2005. Respiratory heat loss of Holstein cows in a tropical environment. *International Journal of Biometeorology*. 49, 332-336.

McARTHUR, A. J. Thermal interaction between animal and microclimate a comprehensive model. **J. theor. Biol.** 126, 203-238, 1987.

McDOWELL, R.E.; LEE, D.H.K.; FOHRMAN, M.H.; ANDERSON, R.S. Respiratory activity as an index of heat tolerance in Jersey and Sindhi×Jersey (F1) crossbred cows. **J. Anim. Science**. 12, 573–581, 1953.

McLEAN, J.A. The partition of insensible losses of body weight in heat from cattle under various climatic conditions. **Journal of Physiology**. 167, 427-447, 1963.

NARDONE, A.; RONCHI, B.; LACETERA, N.; RANIERI, M.S.; BERNABUCCI, U. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. **Livestock Science**, v, 130, p, 57–69, 2010.

OBEID, J.A.; PEREIRA, O.G.; PEREIRA, D.H. VALADARES FILHO, S. C., CARVALHO, I. P. C., MARTINS, J. M. Níveis de proteína bruta em dietas para bovinos de corte: consumo, digestibilidade e desempenho produtivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2434-2442, 2006.

OLESEN, J.E. et al. Modelling greenhouse gas emissions from European conventional and organic dairy farms. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.112, p.207-220, 2006.

OLIVEIRA, S. G., BERCHIELLI, T. T., PEDREIRA, M. S., PRIMAVESI, O., FRIGHETTO, R., LIMA, M. A. Effect of tannin levels in sorghum silage and concentrate supplementation on apparent digestibility and methane emission in beef cattle. **Animal Feed Science and Technology** 135 (2007) 236–248.

PACHECO, P. S., RESTLE, J., SILVA, J. H. S., BRONDANI, I. L., PASCOAL, L. L., ARBOITTE, M. Z., FREITAS, A. K. F. Desempenho de Novilhos Jovens e Superjovens de Diferentes Grupos Genéticos Terminados em Confinamento. **R. Bras. Zootec.**, v.34, n.3, p.963-975, 2005.

PAULINO, M. F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; Bovinocultura Funcional nos trópicos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2, 2000. Viçosa.

PEDREIRA, M.S.; OLIVEIRA, S.G.; BERCHIELLI, T.T.; PRIMAVESI, O. Aspectos relacionados com a emissão de metano de origem ruminal em sistemas de produção de bovinos. **Archives of Veterinary Science**, v. 10, n. 3, p. 24-32, 2005.

PICCIONE, G.; COALA, G.; MORTOLA, J.P. Scaling the daily oscillations of breathing frequency and skin temperature in mammals. **Comparative Biochemistry and Physiology**. 140, 477– 486, 2005.

PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R.T.S.; PEDREIRA, M.S.; LIMA, M.A.; BERCHIELLI, T.T.; DEMARCHI, J.J.A.A.; MANELLA, M.Q.; BARBOSA, P.F. JOHNSON, K. A.; WESTBERG, H.H. **Técnica do gás traçador SF₆ para medição de campo do metano ruminal em bovinos: adaptações para o Brasil**. Embrapa. Pecuária Sudoeste e Meio Ambiente. 76p. 2005.

ROBERTSHAW, D., 2006. Mechanisms for the control of respiratory evaporative heat loss in panting animals. **J. Appl. Physiol.** 101:664-668, doi: 10.1152/jappphysiol.01380.2005

ROGERSON, A. The effect of environmental temperature on the energy metabolism of cattle. **J. Agnc. Sci. (Camb.)** 55 : 359 -366, 1960.

SCHRAMA, J. W.; VAN DER HEL, W.; ARIELI, A.; E VERSTEGEN, M. W. A. Alteration of energy metabolism of calves fed below maintenance during 6 to 14 days of age. **J. Anim. Sci.** 40:2527, 1992.

SCHMIDT-NIELSEN, K. **Respiração. Fisiologia animal: adaptação e ambiente**, (5 ed). Cambridge Univ. Press, Cambridge. 2013.

SILVA, F. Q.; FOSCACHES, C. A. L. Relação entre estratégias mercadológicas e mecanismos de governança: um estudo exploratório na cadeia da bovinocultura de corte. **Brazilian Journal of Marketing**. v. 14, n. 3. 2015.

SILVA, R. G. **Introdução à Bioclimatologia Animal**. São Paulo: Nobel/FAPESP, 2000, 379p. Storm, I. M. L. D., Hellwing, A. L. F., Nielsen, N. I., Madsen, J. **Methods for Measuring and Estimating Methane Emission from Ruminants Animals** **2012**, 2, 160-183; doi:10.3390/ani2020160.

SKINNER, B. F. (1989). The operant side of behavior therapy. Em B. F. Skinner (Org.), Recent issues in the analysis of behavior (pp.73-84). Columbus, Ohio: Merrill.

TURNPENNY, J. R.; WATHES, C. M.; CLARK, J. A.; MCARTHUR, A. J. Thermal balance of livestock 2. Applications of a parsimonious model. **Agricultural and Forest Meteorology**. 101, 29-52, 2000.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. Foreign agricultural service 2015. Disponível em: <http://apps.fas.esda.gov/psdonline/psdReport.aspx?hidReportRetrievalName=Cattle+Selected+Countries+Summary&hidReportRetrievalTemplateID=7> Acesso em: 09 de Abril de 2016.

VIEIRA, S.S; ZOTTI, C.A.; PAULINO, V.T. **Práticas de manejo para minimizar a emissão de gases de efeito estufa associadas ou não ao uso de fertilizantes**. Instituto de Zootecnia, APTA/SAA, Nova Odessa/SP. 45 pag. 2010.

WATTS, P. R. A calorimetric analysis of circadian rhythms in the distribution of body temperatures in ox calves (*Bos Taurus*). **J. Thermal Biology**. 977. Vol. pp. 69 to 74. Pergamon Press. Printed in Great Britain

WESTBERG, H.H.; JOHNSON, K.A.; COSSALMAN, M.W.; MICHAL, J.J. **A SF₆ tracer technique: methane measurement from ruminants**. Washington State University, Pullman, Washington, 1998. 40p.

WRIGHT, A.D.G.; KENNEDY, P.; O'NEILL, C.J.; TOOVEY, A.F.; POPOVSKI, S., REA, S.M.; PIMM, C.L.; KLEIN, L. Reducing methane emissions in sheep by immunization against rumen methanogens. **Vaccine**, v,22, p, 3976–3985, 2004.

WORSTELL, D.M.; BRODY, S. Comparative Physiological Reactions of European and Indian Cattle to Changing Temperature. Research Bulletin 515. University of Missouri, Dairy Department, Missouri Agricultural Experiment Station and Bureau of Plant Industry, Soils and Agricultural Engineering, United States Department of Agriculture Cooperating, assisted by the Office of Naval Research. Environment Physiology. Columbia, MO. 1953.

ANEXO 1:

Implicações

A maior dificuldade de uma coleta de dados como esta é a doma e condicionamento dos animais. Na realidade não é difícil, mas sim trabalhoso, são muitos dias dedicados aos animais, para conseguirmos uma coleta de dados com o mínimo de problemas possíveis, relacionado aos animais. Pois nos precisamos que os animais tenham uma distância de fuga 0 (zero), e o mínimo de reação possível à presença humana, além disso, permaneçam o período de uma hora, com a máscara facial e um emaranhado de equipamentos ao seu redor, sem se mover e/ou haver reações negativas. Havendo animais bem domados e condicionados, menores serão os problemas durante as coletas de dados.

Há muitos detalhes que precisam ser realizados e pré programados antes do início das coletas, por exemplo, toda a organização da alimentação e limpeza das baias dos animais, para que as pessoas que estarão envolvidas na coleta, não se preocupe com estas funções. Se possível, assim como eu fiz, inserir uma manta de borracha no tronco de coleta, para que os animais não fiquem com os cascos direto no cimento, o que talvez possa levar a um desconforto. Ter alguns utensílios de reserva, tal como seringa coletora de saliva, válvulas, cabresto, corda, etc.

Nunca chegar próximo do horário do início da coleta, mas sim chegar sempre pelo menos 1 e $\frac{1}{2}$ hora antes do início, para organizar todos os equipamentos, e liga-los sempre uma hora antes. E por fim desliga-los sempre pelo menos uma hora depois.

Ter um bom conhecimento do programa (LabChart), de todos os equipamentos (SMF) e das variáveis a qual está coletando, pois caso aconteça algum erro, você consegue identificar fácil e rapidamente, no momento do ocorrido e solucionar a tempo de não perder a coleta. Para ter este conhecimento, é necessário muito estudo e além disso, trabalhar com estes equipamentos antes, por exemplo, acompanhar algumas coletas de dados.