



**Universidade Federal do Pará  
Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária–Amazônia Oriental  
Universidade Federal Rural da Amazônia  
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal**

**Daniel Vale Barros**

**Respostas termográficas em touros bubalinos submetidos à coleta de sêmen e avaliados sob condições agrometeorológicas no trópico úmido**

**Belém  
2014**

**Daniel Vale Barros**

**Respostas termográficas em touros bubalinos submetidos à coleta de sêmen e avaliados sob condições agrometeorológicas no trópico úmido**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal. Programa de Pós-graduação em Ciência Animal. Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Pará, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental e da Universidade Federal Rural da Amazônia.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Rossetto Garcia

Coorientador: Prof. Dr. José de B. Lourenço Junior

**Belém  
2014**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) –  
Biblioteca Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural / UFPA, Belém-PA

---

Barros, Daniel Vale

Respostas termográficas em touros bubalinos submetidos à coleta de sêmen e avaliados sob condições agrometeorológicas no trópico úmido / Daniel Vale Barros; orientador, Alexandre Rossetto Garcia; coorientador, José B. Lourenço Junior – Belém, PA, 2014.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Pará, Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2014.

1. Búfalo – Pará - Reprodução. 2. Reprodução animal. 3. Sêmen. I. Título

---

CDD – 22.ed. 636.293

**Daniel Vale Barros**

**Respostas termográficas em touros bubalinos submetidos à coleta de sêmen e avaliados sob condições agrometeorológicas no trópico úmido**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal. Programa de Pós-graduação em Ciência Animal. Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Pará, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental e da Universidade Federal Rural da Amazônia.

Data: Belém-PA: 30/04/2014

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Alexandre Rossetto Garcia  
Embrapa Pecuária Sudeste  
Orientador e Presidente

---

Prof. Dr. André Guimarães Maciel e Silva  
Universidade Federal do Pará  
Examinador Titular

---

Profa. Dra. Simone S. Damasceno Santos  
Universidade Federal do Pará  
Examinadora Titular

## **Dedico**

Aos meus pais Ducivan Rodrigues Barros e Maria José Vale Barros, por terem me criado com muito amor e carinho, por me ensinarem a ser uma pessoa honesta e respeitosa, por terem dado suporte para minha educação e por tudo que conquistei e irei conquistar na minha vida profissional, pessoal e espiritual. Agradeço de todo meu coração a vocês, meus eternos ídolos.

Ao meu grande irmão Marcelo Vale Barros, que sempre torceu e torce por mim, que sempre está pedindo a intercessão de Deus em meu caminho.

De forma especial a minha esposa Analu Leão Barros, com quem há mais de sete anos compartilho momentos valiosos e que sempre esteve ao meu lado, na minha formação, sempre me motivando em busca do sucesso. E que no dia 10 de Julho de 2013 trouxe ao mundo, com a graça de Deus, nosso maior presente, o Arthur Daniel Leão Barros, a quem também dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, responsável por tudo que conquistei até hoje em minha vida, por me conceder mais esta vitória e por sempre estar à frente dos meus planejamentos com um propósito.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Alexandre Rossetto Garcia, que foi fundamental para essa minha conquista, desde o momento em quem depositou sua confiança em minha competência. Agradeço por todos os ensinamentos passados, desde os técnicos e científicos para minha vida profissional até os ensinamentos para vida pessoal. Agradeço por ter sido um verdadeiro ORIENTADOR!

Ao meu coorientador, Prof. Dr. José de Brito Lourenço Junior, pela disponibilidade e empenho com que ajudou na realização deste trabalho.

À Dra Lucieta Guerreiro Martorano, pelos momentos de encorajamento e cobranças, que foram estímulos para meu crescimento profissional.

Ao Prof. Dr. Irving Montanar Franco, pela disponibilidade durante as atividades de campo, pelos ensinamentos passados durante a disciplina ministrada na pós-graduação e por ceder espaço dentro do LADEC para desenvolvimento de parte do trabalho.

Aos Professores Aluizio Otávio Almeida Silva, José Silva Sousa e André Guimarães, por possibilitarem a realização do trabalho de campo na Central de Biotecnologia de Reprodução Animal (CEBRAN/UFPA).

Ao Professores MSc. Carlos Magno Chaves Oliveira e MSc. Maria Vivina Barros Monteiro, por disponibilizarem o Laboratório de Patologia Clínica Veterinária da Universidade Federal do Pará-Campus de Castanhal-PA.

À Universidade Federal Rural da Amazônia e à Universidade Federal do Pará, pelas formações adquiridas.

À Embrapa Amazônia Oriental, e ao Projeto PECUS “Dinâmica de GEEs em sistemas de produção da agropecuária brasileira – Projeto Componente Bioma Amazônia” pelo financiamento da bolsa de pós-graduação junto à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pela concessão dos dados meteorológicos das estações sob sua responsabilidade.

À Dra Patrícia Tholon, pelo apoio inicial prestado na parte estatística do trabalho.

A todas as amigades que construí ao longo do Mestrado. Agradeço também às pessoas que participaram de forma direta ou indireta da construção deste trabalho. Portanto, agradeço ao Rodrigo Virgolino, secretário do PPGCAN; aos amigos mestrandos: Elton Everton, Eziquiel de Moraes, Bianca Damasceno, Aline Ramos, Arnaldo Algaranhar, Marcelle Vilar, Siglea Chaves; aos amigos doutorandos: Priscila Kahwage, Lílian Ximenes, William Souza; aos amigos graduandos: Andrezza Barbosa, Tomaz Maia, Cícero Neto, Moisés Lima, Ronald Ewerton, Avner Rolim, Luíz Guimarães, Jamile Costa; aos funcionários da CEBRAN: Lucilene Monteiro, Helbilena Vasconcelos, Marilena Guedes, Seu Mila, Badu, Bicudo, Nilsinho, Dona Branca, Jane; aos amigos de São Carlos: Silmara, Dona Lolita, Leandro Sakamoto, Mariana Marques, Emília Pulcineli e Sônia de Alencar.

Muito obrigado!

## RESUMO

A produção de búfalos (*Bubalus bubalis*) está praticamente concentrada entre os trópicos, onde predominam elevadas temperaturas. Portanto, o conhecimento da resposta desses animais frente ao ambiente tropical e às mudanças climáticas são essenciais. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a variação dos índices de conforto térmico, parâmetros fisiológicos, hemáticos, seminais e de temperaturas superficiais de touros bubalinos mantidos sob clima tropical úmido (Afi de Köppen). Dez búfalos foram mantidos em baias coletivas, com acesso à sombra. Durante os meses de abril a agosto de 2013 foram obtidos dados climatológicos de estação meteorológica e *dataloggers*, instalados no interior das baias para cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU). Foram aferidas frequência respiratória (FR), frequência cardíaca (FC), temperatura retal (TR), temperatura superficial de globo ocular (GLO), temperatura superficial do escroto (ESC), temperatura superficial do flanco direito (FLd) e esquerdo (FLe) e calculado o índice do conforto térmico de Benezra (ICB). Foi realizada coleta de sêmen semanalmente por vagina artificial, e realizada coleta de sangue para avaliação do hemograma mensalmente. A média da temperatura máxima do ar foi de 31,5°C e a média da umidade relativa máxima foi de 93,2%. O ITU apresentou diferença somente entre turnos ( $P < 0,05$ ). A FR, FC e ICB apresentaram incrementos significativos ao longo dos meses e com diferença entre turnos ( $P < 0,05$ ). Já a TR apresentou diferença entre turnos e variação decrescente nos meses, com menor valor em agosto ( $37,8 \pm 0,7^\circ\text{C}$ ). Para os valores de TR, GLO, FLd, FLe e ESC houve diferença ( $P < 0,05$ ) tanto para o turno quanto para os meses. O hematócrito, volume corpuscular médio, hemoglobina corpuscular média, concentração de hemoglobina corpuscular média, turbilhonamento e vigor espermático apresentaram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) ao longo dos meses. As maiores correlações obtidas entre ITU e temperaturas superficiais foram entre ITUmed e FLdmed (0,77;  $P < 0,0001$ ), ITUmed e FLe med (0,75;  $P < 0,0001$ ), ITUmed e GLO (0,72;  $P < 0,0001$ ), e ITUmed e ESC (0,41;  $P < 0,0001$ ). A maior correlação entre temperatura interna e temperatura superficial foi de TR e GLOmax (0,58;  $P < 0,0001$ ). Correlações significativas foram encontradas entre ICB e FR (0,97;  $P < 0,0001$ ), ICB e FC (0,89;  $P < 0,0001$ ), FC e FR (0,87;  $P < 0,0001$ ), ITU e integridade de membrana plasmática dos espermatozoides (-0,17;  $P < 0,05$ ). Os resultados mostraram que, apesar dos animais apresentarem variações no índice de conforto de Benezra e elevação da temperatura superficial nos períodos mais quentes, os touros foram



capazes de manter a homeotermia. Por fim, concluiu-se, também, que a termografia infravermelha pode ser usada como uma ferramenta não invasiva e auxiliar nos estudos sobre a fisiologia da termorregulação animal.

**Palavras-chave:** Búfalo. Homeotermia. Índice de conforto térmico de Benezra. Índice de temperatura e umidade. Parâmetros seminais. Termografia infravermelha.

## ABSTRACT

Buffalo (*Bubalus bubalis*) livestock is mostly performed in the intertropical zone, where high temperatures prevail. Therefore the knowledge about buffaloes physiology on tropical environments and their possible responses due to tropical climate changes are essential. The objective of the study was to evaluate the variation in thermal comfort, physiological, hematological, seminal parameters and the superficial temperatures of buffalo bulls raised on humid tropical climate (Afi, Köppen classification). Ten buffaloes were kept in collective paddocks with free access to shade. During five months, data were registered from climatological meteorological station and three distinct dataloggers installed inside the stalls for calculating the Temperature and Humidity Index (THI). Respiratory rate (RR), heart rate (HR), rectal temperature (RT), superficial temperature of the eye (GLO), superficial temperature of the scrotum (ESC), superficial temperature of the right flank (FLd) and left flank (FLe) were registered. The Benezra's Comfort Index (ICB) was also calculated. Semen collection was performed weekly by artificial vagina and blood sampling for assessment of blood counts were done monthly. The mean maximum of air temperature was 31.5°C and maximum average relative humidity was 93.2%. The THI was different only between periods ( $P < 0.05$ ). The RR, HR and ICB showed significant difference over the months and between shifts ( $P < 0.05$ ). RT differed between periods and reduced along months with lower value in August ( $37.8 \pm 0.7^\circ\text{C}$ ). RT, GLO, FLd, FLe and ESC showed no difference ( $P < 0.05$ ) for both periods and months. The hematocrit, mean corpuscular volume, mean corpuscular hemoglobin, mean corpuscular hemoglobin concentration, gross motility and sperm vigor showed significant differences ( $P < 0.05$ ) along the months. The highest correlations between THI and superficial temperatures were between ITUmed and FLdmed (0.77;  $P < 0.0001$ ), ITUmed and FLemed (0.75;  $P < 0.0001$ ), ITUmed and GLO (0.72;  $P < 0.0001$ ), and ITUmed and ESC (0.41;  $P < 0.0001$ ). The highest correlation between internal temperature and surface temperature was TR and GLOmax (0.58;  $P < 0.0001$ ). Significant correlations were found between ICB and FR (0.97;  $P < 0.0001$ ), ICB and FC (0.89;  $P < 0.0001$ ), FC and FR (0.87;  $P < 0.0001$ ), THI and integrity of the plasma sperm membrane (-0.17;  $P < 0.05$ ). The results showed that animals had variations in thermal comfort and increased superficial temperature in the hottest periods of the day, however they were able to maintain homeothermy.

Finally, the infrared thermography can be used as a noninvasive and auxiliary technique in studies about animal physiology and thermoregulation.

**Keywords:** Benezra's thermal comfort index. Buffalo. Infrared thermography. Seminal parameters. Homeothermy. Temperature and humidity index.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1	Valores de parâmetros fisiológicos de bubalinos ( <i>Bubalus bubalis</i> ), de distintas faixas etárias, criados em diferentes ambientes e regiões.....	29
Quadro 2	Valores dos constituintes do eritrograma de bubalinos ( <i>Bubalus bubalis</i> ) de distintas faixas etárias, criados em diferentes ambientes e regiões.....	32
Quadro 3	Valores dos constituintes do leucograma e plaquetas de bubalinos ( <i>Bubalus bubalis</i> ) de distintas faixas etárias, criados em diferentes ambientes e regiões.....	33
Figura 1	Figura 1 – Imagem da técnica de avaliação de integridade de membrana plasmática em sêmen <i>in natura</i> de touros bubalinos ( <i>Bubalus bubalis</i> ) por coloração supravital por eosina-nigrosina (seta vermelha – espermatozoide com membrana plasmática lesada; seta amarela – espermatozoide com membrana plasmática íntegra).	47
Figura 2	a) Valores diários registrados de temperatura do ar (°C), b) umidade relativa do ar (%), c) índice de temperatura e umidade, d) volume mensal acumulado de chuvas (mm) e radiação solar média mensal (KJ/m <sup>2</sup> ) durante os meses de abril a agosto registrados em estação meteorológica automática em Castanhal, Pará, Brasil (1°18'03" S e 47°56'51" W).....	50
Figura 3	a) Captura de imagens infravermelhas da região do flanco direito (FLd), b) captura de imagens infravermelhas da região do globo ocular (GLO), c) captura de imagens infravermelhas da região do flanco esquerdo (FLe), d) captura de imagens infravermelha da região do escroto (ESC).....	76
Figura 4	Temperatura média diária (TMED) e temperatura média diária corrigida (TempS) registrada por <i>data loggers</i> no microclima das baías, de abril a agosto, em região de clima tropical úmido (1°18'18" S e 47°56'36" W, Castanhal, Pará, Brasil).....	110
Figura 5	Umidade média diária (URMED) e umidade média diária corrigida (URMEDS) registrada por <i>data loggers</i> no microclima das baías, de abril a agosto, em região de clima tropical úmido (1°18'18" S e 47°56'36" W, Castanhal, Pará, Brasil).....	110

Figura 6	Índice de temperatura e umidade médio diário (ITUMED) e índice de temperatura e umidade médio diário corrigido (ITUMEDS) calculado para o microclima das baias, de abril a agosto, em região de clima tropical úmido (1°18'18" S e 47°56'36" W, Castanhal, Pará, Brasil).....	111
Figura 7	Instalações experimentais pertencentes à Central de Biotecnologia de Reprodução Animal (CEBRAN), situada em Castanhal, Pará, Brasil (1°18'18" S e 47°56'36" W); b) locais de instalação dos <i>dataloggers</i> HOBO no interior das baias (PT-1, PT-2 e PT-3).....	112
Figura 8	Preparo do tronco de contenção e posicionamento de touros bubalinos para avaliação por termografia infravermelha: a) marcação permanente no solo para posicionamento do tripé e da câmera, b) região posterior, com destaque para o escroto, c) região lateral direita, com janela adequada para avaliação do flanco, d) região da cabeça, com destaque para o globo ocular.....	113
Figura 9	a) Termografia em infravermelho do escroto de touro bubalino registrada no turno da manhã, com destaque para as bandas horizontais ao longo do escroto, que representam uma faixa de variação na temperatura superficial, b) Termografia em infravermelho do mesmo touro registrada no turno da tarde, com evidente redução no gradiente térmico nos polos testiculares dorsal e ventral.....	114
Figura 10	Metodologia adotada para análise da temperatura do globo ocular por termografia infravermelha, de acordo com Schaefer et al. (2007) e Hoffmann et al. (2013).....	114
Figura 11	Imagens de avaliação de termografias no <i>software ThermaCAM Researcher Professional</i> (versão 2.9) dos flancos esquerdo e direito do mesmo touro bubalino, com destaque para a mudança de padrão termográfico entre turnos, a) imagem do flanco esquerdo registrada de manhã, b) imagem do flanco direito registrada de manhã, c) imagem do flanco esquerdo registrada à tarde, d) imagem do flanco direito registrada à tarde.....	115

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores médios e desvios padrão do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) do microclima aferido no interior das baias, nos turnos da manhã (06h00 às 09h00) e tarde (12h00 às 15h00), durante os meses de abril a agosto, em Castanhal, Pará, Brasil.....	51
Tabela 2	Valores médios e desvios padrão dos parâmetros fisiológicos e ICB de touros bubalinos ( <i>Bubalus bubalis</i> ) aferidos durante os turnos da manhã (06h00 às 09h00) e tarde (12h00 às 15h00), durante os meses de abril a agosto, em Castanhal, Pará, Brasil.....	52
Tabela 3	Valores dos constituintes do eritrograma de touros bubalinos ( <i>Bubalus bubalis</i> ) mantidos em central de inseminação artificial, no período de abril a agosto, em Castanhal, Pará, Brasil.....	53
Tabela 4	Valores de plaquetas e dos constituintes do leucograma de touros bubalinos ( <i>Bubalus bubalis</i> ) mantidos em central de inseminação artificial, no período de abril a agosto, em Castanhal, Pará, Brasil.....	54
Tabela 5	Média mensal de parâmetros de sêmen <i>in natura</i> de touros bubalinos ( <i>Bubalus bubalis</i> ) mantidos em central de inseminação artificial, no período de abril a agosto, em Castanhal, Pará, Brasil.....	55
Tabela 6	Valores de dados climatológicos durante os meses de abril a agosto registrados em estação meteorológica automática em Castanhal, Pará, Brasil.....	78
Tabela 7	Valores médios e desvios padrão do ITU do microclima e do ICB para touros bubalinos ( <i>Bubalus bubalis</i> ), durante os turnos da manhã (06h00 às 09h00) e tarde (12h00 às 15h00), nos meses de abril a agosto, em Castanhal, Pará, Brasil.....	79
Tabela 8	Valores médios e desvios padrão da temperatura retal e temperaturas superficiais de globo ocular, flanco direito, flanco esquerdo e escroto de touros bubalinos ( <i>Bubalus bubalis</i> ), registradas durante os turnos da manhã (06h00 às 09h00) e tarde (12h00 às 15h00), de abril a agosto, em Castanhal, Pará, Brasil.....	80

Tabela 9	Coeficientes de correlação de Pearson entre temperatura retal e temperaturas superficiais aferidas com termografia infravermelha em diferentes regiões anatômicas de touros bubalinos ( <i>Bubalus bubalis</i> ), durante os turnos da manhã (06h00 às 09h00) e tarde (12h00 às 15h00), nos meses de abril a agosto, em Castanhal, Pará, Brasil.....	82
Tabela 10	Coeficientes de correlação de Pearson entre ITU do microclima das baias, parâmetros fisiológicos e ICB de touros bubalinos, durante os turnos da manhã (06h00 às 09h00) e tarde (12h00 às 15h00), registrados de abril a agosto, em região de clima tropical úmido (1°18'18" S e 47°56'36" W, Castanhal, Pará, Brasil).....	116
Tabela 11	Coeficientes de correlação de Pearson entre parâmetros hemáticos de touros bubalinos e ITU médio, máximo e mínimo mensal do microclima das baias, registrados de abril a agosto, em região de clima tropical úmido (1°18'18" S e 47°56'36" W, Castanhal, Pará, Brasil).....	117
Tabela 12	Coeficientes de correlação de Pearson entre parâmetros seminais de touros bubalinos e ITU médio diário do microclima das baias, de abril a agosto, em região de clima tropical úmido (1°18'18" S e 47°56'36" W, Castanhal, Pará, Brasil).....	118

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Afi	clima tropical úmido, segundo classificação de Köppen
bat/min	batimentos por minuto
CEBRAN	Central de Biotecnologia de Reprodução Animal
CHCM	concentração de hemoglobina corpuscular média
Conc	concentração de espermatozoides
DMa	defeitos maiores
DMe	defeitos menores
DT	defeitos totais
EDTA	etilenodi-aminotetracético sal dissódico
Eos	eosinófilos
ESC	escroto
ESCmax	temperatura superficial máxima do escroto
ESCmed	temperatura superficial média do escroto
ESCmin	temperatura superficial mínima do escroto
FC	frequência cardíaca
FLd	flanco direito
FLdmax	temperatura superficial máxima do flanco direito
FLdmed	temperatura superficial média do flanco direito
FLdmin	temperatura superficial mínima do flanco direito
FLe	flanco esquerdo
FLemax	temperatura superficial máximo do flanco esquerdo
FLemed	temperatura superficial média do flanco esquerdo
FLemin	temperatura superficial mínima do flanco esquerdo
FR	frequência respiratória
GLM	modelo linear geral
GLO	globo ocular
GLOmax	temperatura superficial máxima do globo ocular
GLOmed	temperatura superficial média do globo ocular
GLOmin	temperatura superficial mínima do globo ocular
Hb	hemoglobina
HCM	hemoglobina corpuscular média
He	hemácias
Ht	hematócrito
ICB	índice de conforto térmico de Benezra
IMP	integridade de membrana plasmática
IRT	<i>infrared thermography</i>



ITU	índice de temperatura e umidade
LADEC	Laboratório de Análise e Desenvolvimento do Espaço Construído
Lc	leucócitos
Lf	linfócitos
MedRadSol	radiação solar média
MedTpMax	média da temperatura máxima
MedUrMax	média da umidade relativa máxima
mm	milímetro
Mon	monócitos
mov/min	movimentos por minuto
MP	motilidade progressiva espermática
Nt	neutrófilos
Pq	plaquetas
PrecAcu	precipitação pluviométrica acumulada
TR	temperatura retal
Turb	turbilhonamento espermático
UFPA	Universidade Federal do Pará
VCM	volume corpuscular médio
Vig	vigor espermático
Vol	volume seminal

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	porcentagem
°C	graus Celsius
<	menor
>	maior
=	igual
+	positivo
-	negativo
±	mais ou menos
X	vezes
10 <sup>6</sup>	milhões
10 <sup>3</sup>	mil
μ	micro
Kj/m <sup>2</sup>	quilojoule por metro quadrado
10 <sup>6</sup> sptz/mL	milhões de espermatozoides por mililitro
10 <sup>9</sup> /L	bilhões por litro
g/dL	gramas por decilitro
10 <sup>6</sup> /μL	milhões por microlitro
pg	picograma
Fl	fentolitro
10 <sup>3</sup> /μL	mil por microlitro
g/m <sup>2</sup> /h	gramas por metro quadrado por hora

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	19
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	22
2.1 OBJETIVO GERAL.....	22
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	23
3.1 O CLIMA TROPICAL NA AMAZÔNIA.....	23
3.2 INDICADORES DE BEM-ESTAR DE ANIMAIS DE PRODUÇÃO.....	24
3.3 EFEITOS DO ESTRESSE CALÓRICO NA ESPERMATOGÊNESE.....	27
3.4 PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS DE BUBALINOS.....	31
3.5 TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA.....	34
<b>4 AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO, PARÂMETROS FISIOLÓGICOS, HEMÁTICOS E SEMINAIS DE BÚFALOS MANTIDOS EM CENTRAL DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL SOB CLIMA TROPICAL</b> .....	38
4.1 INTRODUÇÃO.....	39
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	41
4.2.1 Local e animais experimentais.....	41
4.2.2 Coleta de dados ambientais e cálculo do ITU.....	43
4.2.3 Coleta de parâmetros fisiológicos e cálculo de ICB.....	44
4.2.4 Coleta de sangue e realização de hemograma.....	45
4.2.5 Coleta e avaliação do sêmen.....	46
4.2.6 Análise estatística.....	48
4.3 RESULTADOS.....	49
4.4 DISCUSSÃO.....	56
4.5 CONCLUSÃO.....	62
4.6 REFERÊNCIAS.....	63
<b>5 APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA NA AVALIAÇÃO DE TEMPERATURAS SUPERFICIAIS DE TOUROS BUBALINOS (<i>Bubalus bubalis</i>) CRIADOS EM AMBIENTE TROPICAL</b> .....	69
5.1 INTRODUÇÃO.....	70
5.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	71
5.2.1 Local e animais experimentais.....	71
5.2.2 Coleta de dados ambientais e cálculo do ITU.....	73

<b>5.2.3 Coleta de parâmetros fisiológicos e cálculo de ICB.....</b>	<b>74</b>
<b>5.2.4 Realização da termografia infravermelha e análise das imagens.....</b>	<b>75</b>
<b>5.2.5 Análise estatística.....</b>	<b>77</b>
<b>5.3 RESULTADOS.....</b>	<b>78</b>
<b>5.4 DISCUSSÃO.....</b>	<b>83</b>
<b>5.5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>87</b>
<b>5.6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>87</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>92</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>109</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o búfalo (*Bubalus bubalis*) tem se destacado em diversos países do mundo como opção na pecuária, em função de sua capacidade de produção de carne, leite e derivados, os quais apresentam excelentes qualidades, características sensoriais, propriedades nutricionais e funcionais. O bubalino é um animal capaz de transformar gramíneas em derivados de alto valor agregado, podendo ser criado em rebanhos de diversas escalas, bem como em pequenas propriedades, gerando ganhos substanciais às famílias e, por essa razão, tem se mostrado relevante instrumento de progresso social (CASTRO, 2005; BERNARDES, 2007). Além disso, o búfalo possui maior resistência aos ectoparasitas e sua rusticidade permite a criação em regiões menos adequadas para a manutenção de bovinos (AMARAL; ESCRIVÃO, 2005).

Por apresentar essas características favoráveis, o bubalino é uma espécie animal de grande potencial econômico e o rebanho mundial tem crescido a uma taxa superior a 2% nas últimas duas décadas, principalmente nos países em desenvolvimento (SETHI, 2013). No Brasil, são criados aproximadamente 1,2 milhões de bubalinos (ANUALPEC, 2012), sendo que praticamente todo esse contingente de animais é mantido em regiões de clima tropical, onde predominam altas temperaturas e há intensa incidência de radiação solar (AZEVEDO et al., 2005).

Apesar da adaptabilidade dos búfalos às diversas condições ambientais, sabe-se que a capacidade de ajuste de qualquer espécie animal ao meio apresenta um limite fisiológico, a partir do qual os animais se tornam menos eficientes do ponto de vista zootécnico e econômico. Por possuírem particularidades estruturais específicas, como poucos pelos e pele altamente pigmentada, os bubalinos são bastante sensíveis à radiação solar. Por isso, é necessário fornecer recursos para que o animal se proteja do calor e, principalmente, da radiação solar direta, fator que causa estresse para a espécie (ABLAS et al., 2007). Nas condições de clima tropical, o búfalo é exposto a uma carga térmica radiante maior, a qual, associada à produção de calor metabólico, pode resultar em grande desconforto térmico (KELLY; BOND, 1971).

A exposição desses animais à elevada temperatura ambiental é o principal ponto crítico para sua produtividade em áreas de clima quente e úmido, devido a uma série de mudanças nas funções biológicas, sendo estas responsáveis pela diminuição do desempenho produtivo e reprodutivo (MARAI; HAEEB, 2010). Quando submetidos a temperaturas ambientes iguais ou superior a 36°C, os bubalinos entram em estresse térmico (GUIMARÃES et al., 2001), mesmo quando utilizam suas vias evaporativas para executar termólise. O efeito das altas temperaturas do ar se agrava, quando é acompanhado por alta umidade relativa do ar, fato comumente observado, por exemplo, na Amazônia, região que apresenta altos índices de temperatura e umidade (ITU), que podem ocasionar desconforto e estresse térmico para esses animais (GARCIA, 2006).

A atual conjuntura econômica mundial tem deslocado a produção de alimentos para as regiões de clima tropical. Por isso, a pecuária brasileira tem sido demandada pelo mercado consumidor para ofertar produtos de origem animal não somente em quantidade, mas também com qualidade. Segundo as exigências internacionais, são fatores altamente relevantes o estado sanitário e o bem-estar animal, sendo que este último pode ser avaliado por indicadores fisiológicos e comportamentais. Medidas fisiológicas associadas ao estresse têm sido usadas como referência, sendo que, se o estresse aumenta, há redução de seu conforto ou bem-estar (SOUZA, 2007). Ainda, tecnologias de monitoramento com uso de *dataloggers*, *softwares* especiais e equipamentos mais complexos, dentre eles a termografia infravermelha (IRT, do inglês *Infrared Thermography*), vêm sendo empregadas na chamada "pecuária de precisão", e têm auxiliado na mensuração dos impactos ambientais sobre a produção e reprodução animal, dando suporte às tomadas de decisões, visando reduzir o estresse nos sistemas de produção e proporcionar bem-estar aos animais (ROBERTO et al., 2011).

Nos machos, a manutenção da temperatura dos testículos é dependente da termorregulação escrotal, sendo esta um processo vital para a manutenção da fertilidade do indivíduo. Mecanismos locais, como troca de calor por contracorrente, regulação do fluxo sanguíneo, posição dos testículos e ativação da sudorese, desempenham papel importante na manutenção da temperatura testicular, a qual, em animais de testículos pendulares como os bovinos, faz com que a temperatura seja mantida de 4 a 6°C abaixo da temperatura interna corporal (KASTELIC et al., 1997). Falhas na termorregulação escrotal podem levar ao aumento da temperatura

testicular e serem responsáveis pelos efeitos deletérios na espermatogênese e no processo de maturação dos espermatozoides, ocasionando conseqüente redução da qualidade seminal (GARCIA et al., 2010).

Por isso, o conhecimento de parâmetros reprodutivos é fundamental para um diagnóstico seguro da fertilidade do touro bubalino (OHASHI et al., 2011), evitando que animais com distúrbios reprodutivos ou menos adaptados permaneçam no rebanho. Modernamente, a termografia infravermelha tem sido utilizada em vários campos da Medicina Veterinária e auxiliado na produção e reprodução animal, de forma permitir a compreensão da interferência das condições ambientais e das relações entre a temperatura superficial corporal dos animais e sua termorregulação (STEWART et al., 2007; KNÍZKOVÁ et al., 2007; KOTRBA et al., 2007; MONTANHOLI et al., 2008; CAPRARO et al., 2008; HOFFMANN et al., 2013; STOKES et al., 2012; WESCHENFELDER et al., 2013). Diversos aspectos da fisiologia de bovino de leite, bovinos de corte, ovinos e equinos têm sido investigadas com uso da IRT. No entanto, para a espécie bubalina, trabalhos de termografia infravermelha ainda não estão descritos na literatura, sendo desconhecidos os padrões termográficos de búfalos em condição de conforto térmico, bem como os descritores de sua termografia testicular.

Em atenção à expansão da produção de alimentos nas áreas tropicais, à importância do conforto térmico para a criação de búfalos e com foco nas observações sobre os machos da espécie, para a execução do presente trabalho foram levantadas as seguintes hipóteses de pesquisa: Hipótese A: Touros bubalinos, mantidos em regime de central de coleta de sêmen, sofrem interferência nos parâmetros fisiológicos, hemáticos e na qualidade seminal devido às variações de conforto térmico em ambiente de clima tropical úmido. Hipótese B: A técnica de termografia infravermelha pode ser utilizada para determinar as temperaturas superficiais de globo ocular, flanco e escroto, de acordo com a variação do clima tropical e do conforto térmico animal.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as respostas termorregulatória e reprodutiva de touros bubalinos decorrentes da criação dos animais em central de coleta de sêmen, sob ambiente de clima tropical úmido, visando gerar informações fisiológicas úteis para a tomada de decisões no manejo de reprodutores búfalos.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Avaliar a resposta animal em função do clima, através do monitoramento de parâmetros fisiológicos relacionados à termólise, parâmetros hemáticos e do Índice de Conforto Térmico de Benezra (ICB).
- II. Avaliar a influência do microclima em central de coleta de sêmen sobre a qualidade seminal de touros bubalinos.
- III. Avaliar o grau de relação entre as temperaturas superficiais (globo ocular; flancos direito e esquerdo e escroto) aferidas com uso de termografia infravermelha, e a temperatura interna corpórea, aferida com termômetro clínico veterinário.
- IV. Avaliar ao longo do tempo as temperaturas superficiais de diferentes regiões anatômicas (globo ocular, flancos direito e esquerdo e escroto) com uso da termografia infravermelha e correlacionar essas informações às variações do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e do Índice de Conforto Térmico de Benezra.



### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 O CLIMA TROPICAL NA AMAZÔNIA

O planeta terra tem sua superfície envolvida pela atmosfera, camada gasosa composta principalmente por nitrogênio (78,08%), oxigênio (20,95%) e os outros gases responsáveis por menos de 1% dessa camada (SUTTON, 1977). Dentre as divisões da atmosfera, encontra-se a troposfera, camada mais próxima da superfície terrestre, onde ocorrem diversos fenômenos climatológicos, os quais se encontram baseados em elementos como radiação solar, temperatura do ar, precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar, velocidade do vento e evaporação (BLAIR; FITE, 1964).

Dentre esses elementos, existem aqueles que podem ser considerados fundamentais, como a temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar, pois exercem influência sobre outros elementos climáticos, ou muitas vezes sendo o seu gerador. O vento, por exemplo, é ocasionado devido à diferença de temperatura de duas massas de ar que se encontram, gerando um potencial térmico. Outro exemplo é a precipitação, baseada na umidade relativa do ar, uma vez que ocorre devido à saturação do ar pelo vapor d'água nele presente, sendo que a quantidade de vapor d'água que o volume de ar pode reter sem precipitar depende de sua temperatura, havendo uma relação direta entre temperatura e umidade relativa do ar (PALMIERI, 2009).

As regiões tropicais, situadas entre os limites de 23°27' de latitude Norte e Sul, são zonas climáticas caracterizadas por climas megatérmicos, com temperatura média do ar em todos os meses do ano superior a 18°C, e apresentarem precipitação anual superior à evapotranspiração potencial anual. O Brasil possui cerca de 92% do seu território situados na faixa intertropical do planeta, onde predominam altas temperaturas do ar, decorrentes da elevada radiação solar incidente. A temperatura média do ar situa-se acima dos 20°C e a temperatura máxima acima dos 30°C em grande parte do ano, atingindo, muitas vezes, valores entre 35°C e 38°C (TITTO, 1998).

O clima da região Amazônica é resultante da combinação de vários fatores, sendo o mais importante a disponibilidade de energia solar (FISCH et al., 1996). Nessa região, em virtude dos altos valores de energia que incidem na superfície, o comportamento da temperatura do ar apresenta pequena variação ao longo do ano, com exceção apenas para a parte mais sul da região (Rondônia e Mato Grosso) que, eventualmente, é afetada por ação de sistemas frontais, provocando o fenômeno denominado "friagem". Em todas essas condições, as variáveis climáticas de temperatura do ar e umidade relativa do ar alcançam níveis elevados (BASTOS et al., 2002).

No Brasil, o clima tropical incide na zona que apresenta maior área, representando 81,4% do território, e ocorre em todas as regiões do país, exceto nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e parte do Paraná. O clima Af, segundo a classificação de Köppen, está presente em 22,6% do território brasileiro, cobrindo 82,3% do estado do Amazonas e mais de 28% do estado do Pará. Neste último, o tipo climático Af ocorre principalmente em três regiões: i) nas regiões de planícies do baixo Rio Amazonas até o extremo norte, na fronteira com a Guiana, onde as chuvas anuais atingem entre 1900 e 2400mm; ii) na região central e região leste do estado com precipitação anual entre 2200 e 2700mm; iii) Na ilha do Marajó e sul da capital Belém, onde a precipitação anual fica entre 3000 e 4000mm (ALVARES et al., 2013).

### 3.2 INDICADORES DE BEM-ESTAR DE ANIMAIS DE PRODUÇÃO

Até a década de 1960, não existiam ou eram raros os questionamentos sobre a necessidade de fornecimento de bem-estar para animais de produção. No entanto, esse quesito passou a ser modernamente considerado, não somente por diferentes segmentos das cadeias produtivas, mas também pelos consumidores, que estão mais informados, conscientes e atentos. Ultimamente, há uma profunda discussão sobre as variadas formas de se definir o conceito de bem-estar animal. O conceito científico mais aceito é o de que “bem-estar de um indivíduo é seu estado em relação às suas tentativas de se adaptar ao seu ambiente” (BROOM, 1986).

Com o objetivo de atender às necessidades dos animais, foi estabelecida na Inglaterra, em 1967, a “Comissão de Bem-estar de Animais de Produção”, sendo

mais tarde, em 1979, chamada de “Conselho de Bem-estar dos Animais de Produção”. Esse Conselho estabeleceu, em 1993, as cinco liberdades dos animais de produção, sendo: 1) Liberdade fisiológica: animais livres de fome, sede e desnutrição; 2) Liberdade ambiental: animais livres de desconforto; 3) Liberdade sanitária: animais livres de dor, injúria e doença; 4) Liberdade comportamental: animais livres para expressar um comportamento normal; e 5) Liberdade psicológica: animais livres de medo e estresse (PAIXÃO, 2005).

O atendimento às cinco liberdades dos animais de produção passa, necessariamente, pelo oferecimento de um ambiente adequado de criação, que promova, inclusive, conforto térmico. Para expressar seu potencial máximo de produção, os animais devem receber alimentação adequada em quantidade e qualidade, além de serem criados sob condições climáticas que, idealmente, os mantenha em uma condição fisiológica de termoneutralidade, também denominada de zona de conforto térmico (AZEVEDO; ALVES, 2009).

No tocante à produção e dissipação de calor endógeno, os bubalinos são classificados como animais homeotérmicos, ou seja, são capazes de manter sua temperatura corporal dentro de uma estreita faixa térmica. No entanto, dentre as condicionantes climáticas, a temperatura do ar apresenta significativa relevância no ambiente físico e na sensação de conforto térmico dos animais. Assim, a temperatura corpórea expressa a condição instantânea do animal quanto ao seu estado de retenção ou dissipação do calor (GARCIA, 2013). Como a temperatura do ambiente e a temperatura corpórea dos animais criados em regiões tropicais guardam certa relação, as temperaturas medidas em diferentes pontos anatômicos do corpo do animal têm potencial para serem utilizadas como indicativo de estresse térmico em animais de produção criados nessas regiões (MARTELLO et al., 2010).

Inicialmente, os índices de estresse ambiental desenvolvidos para humanos foram utilizados para os animais como base em sua relação com frequência cardíaca e respiratória, superfície corporal e temperaturas internas (FEHR et al., 1993). Contudo, muito desses índices são baseados em estudos realizados em ambientes específicos e não consideram outros fatores interferentes e que podem alterar as faixas críticas que são consideradas estressantes para os animais (SILVA, 2000).

Existem medidas biológicas que se relacionam ao bem-estar de um animal, como a expectativa de vida e a taxa de reprodução, além de indicadores fisiológicos,

como o estado imunológico, os hormônios do estresse e os mecanismos relacionados à homeostase (GORDON, 2004). Como o estresse provoca várias mudanças no organismo animal, esse pode também ser quantificado por meio de medições de variáveis fisiológicas, entre elas a temperatura retal, a frequência cardíaca e a frequência respiratória (FERREIRA et al., 2006).

As variáveis climáticas afetam os organismos dos animais de forma direta e indireta, através de sua influência sobre o ambiente físico, que inclui os fatores abióticos e bióticos (DAMASCENO et al., 2010). Desde a domesticação animal, os mesmos não puderam mais ter acesso às regiões mais confortáveis que tinham quando livres, passando a viver nos locais designado pelo homem. Como a expressão máxima do potencial produtivo e reprodutivo depende também do conforto animal, foram desenvolvidos índices para mensurar o desconforto térmico a que estes animais estão submetidos (SOMPARN et al., 2004).

Os índices desenvolvidos para avaliar o conforto térmico animal visam apresentar em uma única variável a síntese de parâmetros inter-relacionados, como temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar. Assim, vários índices têm sido usados para avaliar o conforto térmico de uma dada região (TONELLO, 2011). Geralmente, estes índices consideram temperatura do ar e umidade relativa do ar como elementos importantes; no entanto, cada parâmetro possui um peso relativo dentro do índice, conforme sua importância para o animal (SAMPAIO et al., 2004).

O índice de temperatura e umidade (ITU) foi desenvolvido na década de 1950 para bovinos como um índice de conforto térmico e é obtido pela avaliação da temperatura média e umidade relativa média do ar (THOM, 1959), sendo os valores resultantes considerados como limite para o conforto ou estresse animal. No entanto, valores de referência de ITU considerados ideais para bovinos não deveriam ser extrapolados para bubalinos, uma vez que, quando criados em regiões com valores de ITU acima do recomendado como ideal, os bubalinos podem apresentar excelente desempenho zootécnico (LOURENÇO JÚNIOR et al., 2006).

Contudo, na ausência de índices bioclimatológicos específicos para bubalinos, o ITU tem sido historicamente usado como um indicador de referência de conforto para a espécie. Trabalho desenvolvido em ambiente tropical no sudeste asiático com bubalinos indicou que quando o valor de ITU é até 74, geralmente não há problema clínico e os animais se mantêm saudáveis. Já com valores de 75 a 78,

deve-se considerar condição de alerta, podendo resultar em diminuições no desempenho zootécnico. Quando o ITU situa-se entre 79 e 83, é perceptível a redução no desempenho e, se manejados de forma mais intensa nessas condições, os animais podem ser severamente afetados. Quando o valor de ITU se encontra igual ou acima de 84, considera-se estado de emergência e, se não houver interferência, há risco de morte do animal, principalmente se essa condição for mantida por tempo prolongado (HAHN; MADER, 1997).

Outro índice também conhecido e usado para bubalinos é o Índice de Conforto Térmico de Benezra (ICB). Diferentemente do ITU, o qual considera apenas os fatores climáticos circundantes ao animal, o ICB considera fatores intrínsecos ao animal e foi desenvolvido para avaliar o conforto térmico de bovídeos criados em regiões tropicais. Os componentes do ICB são a frequência respiratória e a temperatura retal, e quanto mais próximo de 2,0 for seu resultado, maior é o estado de conforto térmico do animal (BENEZRA, 1954). Este indicador também tem sido utilizado com frequência em pesquisas com bubalinos (LOURENÇO JUNIOR et al., 2006; GARCIA et al., 2007; MORAES JÚNIOR et al., 2010).

### 3.3 EFEITOS DO ESTRESSE CALÓRICO NA ESPERMATOGÊNESE

Nos animais homeotérmicos, a quantidade de energia térmica armazenada no corpo é dependente do calor metabólico produzido internamente, além do calor externo transferido para o interior do organismo pelos mecanismos de radiação, condução e convecção. Contudo, assim como o organismo recebe calor por essas vias, ele também tem a capacidade de dissipá-lo pelas mesmas vias, após a ativação principalmente dos mecanismos vasodilatação periférica, sudorese e ofego. A excreção via micção e defecação também são formas de perda de calor, embora apresentem importância secundária. Todos esses mecanismos são regulados por processos fisiológicos refinados, a fim de manter o equilíbrio térmico (ANDERSSON; JÓNASSON, 1996).

Temperaturas ambientes acima de 29 ou 30°C são consideradas prejudiciais para a produção de búfalas leiteiras (GOSWAM; NARAIN, 1962; TITTO et al., 1997), pois influenciam a temperatura corpórea e, conseqüentemente, no metabolismo animal. Apesar da sua adaptabilidade a diferentes condições ambientais, os búfalos

possuem algumas particularidades como poucos pelos e pele escura (GUIMARÃES et al., 2001) que os tornam altamente susceptíveis à radiação solar direta. Quando submetidos a temperaturas entre 30,9 e 36,0°C, os búfalos apresentam taxa de sudação de  $115,59 \pm 21,53 \text{ g/m}^2/\text{h}$ , ao contrário de quando são submetidos a temperaturas entre 26,2 e 32,9°C, quando apresentam taxa de sudação de  $47,17 \pm 10,32 \text{ g/m}^2/\text{h}$ .

Os búfalos buscam formas de proteção contra o calor nas horas mais quentes o dia, no momento em que, tendo ficado expostos à radiação solar, começam a sentir os efeitos do estresse calórico (ABLAS et al., 2007). Quando submetidos a temperaturas iguais ou superiores a 36°C, entram em estresse calórico, mesmo utilizando suas vias evaporativas para efetuar termólise (GUIMARÃES et al., 2001). O quadro a seguir (Quadro 1) contém uma compilação de diversos valores encontrados na literatura para parâmetros fisiológicos de bubalinos, de diferentes faixas etárias, criados em diferentes ambientes e regiões.

Quadro 1 – Valores de parâmetros fisiológicos de bubalinos (*Bubalus bubalis*), de distintas faixas etárias, criados em diferentes ambientes e regiões (TR – Temperatura retal, FR – Frequência respiratória, FC – Frequência cardíaca).

Autor	Local	Categoria e Raça	Tratamento	TR	FR	FC
Das et al. (1999)	Instituto Karnal Índia	Machos de 7 a 9 Meses Murrah	Animais expostos ao sol	40,34±0,01 Manhã-6h	65,66±4,84 Manhã-6h	-
				39,33±0,64 Tarde-12h	66,33±6,22 Tarde-12h	-
Guimarães et al. (2001)	Pirassununga, São Paulo Brasil	Machos de 12 meses Mediterrâneo	Câmara bioclimática (30,9 - 36°C)	39,11±0,08 Manhã	72,87±9,96 Manhã	-
				39,89±0,08 Tarde	108,87±10,45 Tarde	-
			Ambiente Natural (26,2-32,9°C)	38,35±0,04 Manhã	26,81±5,35 Manhã	-
				38,76±0,05 Tarde	34,50±9,81 Tarde	-
Costa (2007)	Sairé, Pernambuco Brasil	Fêmea de 18 meses Murrah	Manejo de Fazenda	38,26±0,53	26	-
Moraes Júnior (2008)	Belém, Pará Brasil	Bezerros até 6 meses Mestiços Murrah e Mediterrâneo	Piquete com sombra	38,5±0,28 Manhã	34,8±8,9 Manhã	68,0±15,6 Manhã
				39,3±0,36 Tarde	53,9±19,1 Tarde	75,9±14,9 Tarde
			Piquete com água	38,29±0,29 Manhã	35,5±8,4 Manhã	67,7±16,4 Manhã
				39,3±0,38 Tarde	56,5±19,0 Tarde	76,6±13,9 Tarde
Silva (2010)	Belém, Pará Brasil	Fêmeas de 48 a 60 meses Murrah	Piquete sem sombra	38,3±0,1 Manhã	29,2±1,4 Manhã	67,7±5,0 Manhã
				38,6±0,1 Tarde	34,4±2,5 Tarde	73,9±4,3 Tarde
			Piquete com sombra	38,4±0,1 Manhã	28,5±1,6 Manhã	61,1±5,6 Manhã
				38,6±0,1 Tarde	32,6±2,7 Tarde	65,5±6,4 Tarde
Garcia et al. (2011)	Belém, Pará Brasil	Fêmeas de 78±48 meses Mestiços Murrah e Mediterrâneo	Piquete com sombra	38,68±0,32	34,79±18,24	60,20±6,52
			Piquete sem sombra	39,11±0,48	34,79±18,15	64,43±8,26
Sevegnani et al. (2013)	Registro, São Paulo Brasil	Fêmeas de 24 a 48 meses Murrah	Sombrites artificiais	-	14,75±1,84 Manhã	-
				-	86,60±7,33 Tarde	-
			Água para aspersão	-	15,73±1,95 Manhã	-
				-	90,92±7,33 Tarde	-
Água para imersão	-	12,78±1,95 Manhã	-			
	-	63,12±7,33 Tarde	-			

Fonte: Dados coletados da literatura e sintetizados.

Nos machos, a pele escrotal em geral é desprovida de gordura subcutânea, é extremamente dotada de glândulas sudoríparas adrenérgicas e sua musculatura permite alterar a espessura e a área superficial do escroto, permitindo variação da proximidade dos testículos com o corpo. Internamente, a artéria testicular, estrutura enrolada em forma de cone, está entrelaçada pelo plexo pampiniforme, composto por veias testiculares que são responsáveis pelo resfriamento do sangue arterial que irriga os testículos. Um curto período de exposição testicular às altas temperatura e umidade provoca significantes aumentos de espermatozoides anormais em animais domésticos (HAFEZ; HAFEZ, 2004).

Nos equinos, a elevação da temperatura testicular provoca aumento do metabolismo celular e, conseqüentemente, elevação da demanda tecidual por oxigênio. Sabendo que o suporte sanguíneo testicular é deficitário, a falta de oxigênio provoca morte de células e produção de radicais livres (ALVARENGA; PAPA, 2009). Em caprinos, a regulação térmica escrotal sofre influência dos diferentes períodos do ano. Durante o período seco, há aumento das temperaturas do escroto, testículos e funículos espermáticos, em comparação ao período chuvoso. Também, a intensidade da bipartição anatômica do escroto contribui para a regulação da temperatura escrotal (MACHADO JÚNIOR et al., 2009). O estresse calórico ainda provoca a diminuição do perímetro escrotal, da consistência e do peso testicular, uma vez que, no verão as altas temperaturas provocam uma redução do epitélio germinativo por degeneração testicular (YARNEY et al., 1990).

Períodos de temperatura corpórea elevada devido a fatores ambientais ou ocasionada por doenças podem também levar à degeneração testicular e reduzir a porcentagem de espermatozoides normais no ejaculado (JAINUDEEN; HAFEZ, 1995). Quando submetidos a estresse calórico de 08h00 às 17h00 em câmara bioclimática, caprinos apresentaram alterações em quase todas as características seminais avaliadas (COELHO et al., 2006). Caso o estresse calórico se torne um processo crônico, há diminuição da ingestão de alimento e interferência na espermatogênese (KUNAVONGKRIT et al., 2005). Ainda, quando há uma combinação de temperatura e umidade relativa do ar elevadas, há aumento no número de espermatozoides com gota plasmática proximal e distal (SURIYASOMBOON et al., 2005; 2006).

Espermatozoides mantidos *in vitro* em temperaturas de 39 a 42°C apresentam diminuição na viabilidade e motilidade em função do tempo de exposição ao



estresse calórico. Consequentemente, ao utilizar *a posteriori* estas células espermáticas para fertilização *in vitro*, há redução na taxa de sucesso (MONTERROSO et al., 1995).

Já o estresse térmico *in vivo* causado pela insulação escrotal por sete dias provoca em bubalinos efeitos deletérios na espermatogênese e na maturação dos espermatozoides. Há redução significativa ( $P < 0,01$ ) no turbilhonamento, no vigor, na motilidade espermática e na viabilidade celular, sendo que, 90 dias após a insulação, os valores dos dois primeiros parâmetros voltam a ser semelhantes ao período pré-insulação, ao contrário da motilidade espermática e da viabilidade celular, que permanecem significativamente mais baixas (GARCIA et al. 2010).

### 3.4 PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS DE BUBALINOS

Os parâmetros hematológicos também podem ser utilizados como indicadores de estresse térmico, porém devem ser consideradas as variações entre espécies, idade, sexo e estado fisiológico (PAES et al., 2000). É importante observar a região onde o animal vive, uma vez que valores hematológicos obtidos para animais criados em determinada região não devem ser considerados de referência para outra (BIRGEL JÚNIOR et al. 2001).

Um dos mecanismos de termorregulação dos bubalinos frente ao estresse calórico é a sudorese, fator que está diretamente relacionado com a concentração de hemácias, pois há hemoconcentração em função da perda de água (SILVA et al., 2003). De fato, pesquisas comprovam que fêmeas bubalinas expostas ao sol durante o período do ano menos chuvoso, quando o índice de temperatura de globo negro atingiu  $89,1 \pm 2,8$ , apresentaram aumento no número de hemácias por unidade de volume de sangue (SILVA et al., 2014).

Parâmetros hematológicos avaliados em búfalos mestiços de 6, 12 e 24 meses de idade na região central do Rio Grande do Sul apresentaram diferenças entre os grupos para contagem de hemácias, concentração de hemoglobina, hematócrito, volume corpuscular médio, leucócitos totais, neutrófilos segmentados, eosinófilos, monócitos e fibrinogênio. Animais mais novos apresentam maiores valores de hemácias ( $7,96 \pm 0,62 \times 10^6 / \mu\text{L}$ ), hemoglobina ( $14,4 \pm 0,80 \text{g/dL}$ ) e hematócrito ( $41,33 \pm 2,17\%$ ) (FRANÇA et al., 2011) (Quadros 2 e 3).

Quadro 2 – Valores dos constituintes do eritrograma de bubalinos (*Bubalus bubalis*) de distintas faixas etárias, criados em diferentes ambientes e regiões (HCM – Hemoglobina Corpuscular Média, CHCM – Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média, VCM – Volume Corpuscular Médio).

Autor	Local	Raça	Categoria	Hemácias (10 <sup>6</sup> /μL)	Hemoglobina g/dL	Hematócrito (%)	HCM (pg)	CHCM (%)	VCM (fl)
Silva et al. (1992)	Vale do Ribeira, São Paulo Brasil	Murrah	Fêmeas > 72 meses	6,5±0,55	12,26±1,20	37±3,02	20±1,84	36,16±2,11	60,49±6,13
		Mediterrâneo	Fêmeas > 72 meses	6,7±0,56	11,91±1,25	35,8±2,94	19,73±2,33	33,25±1,64	59,27±5,56
Ciaramella et al. (2005)	Sul da Itália Europa	Mediterrâneo	Fêmeas de 2 a 14 anos	6,82±0,88	13,5±9,5	34,0±2,0	20,1±2,3	39,7±29	50,5±4,47
Akhtar et al. (2007)	Paquistão Sul da Ásia	Não Descreve	Não Descreve	6,2±0,6	11,0±1,2	34,3±2,4	-	-	-
Gomes et al. (2010)	Analândia, São Paulo Brasil	Murrah	Fêmeas de 12 a 60 meses	6,7±1,7	11,7±1,8	34,4±3,4	17,4±4,6	34,4±2,3	53,4±9,1
Silva et al. (2011)	Belém, Pará Brasil	Murrah	Fêmeas de 48 a 60 meses	6,7±1,1 até 7,9±0,7	11,8±1,1 até 14,0±0,9	36,6±4,5 até 37,8±2,2	-	-	-
Londoño et al. (2012)	Puerto Nare Colômbia	Murrah e Mediterrâneo	Fêmeas > 36 meses	-	-	31,6 até 33,0	-	-	-
Vilela, 2013	Pirassununga, São Paulo Brasil	Mediterrâneo	Fêmeas de 18 meses	6,64 até 6,57	12,03 até 12,15	29,83 até 31,08	19,97 até 18,83	38,65 até 39,16	51,68 até 48,41

Fonte: Dados coletados da literatura e sintetizados.

Quadro 3 – Valores dos constituintes do leucograma e plaquetas de bubalinos (*Bubalus bubalis*) de distintas faixas etárias, criados em diferentes ambientes e regiões.

Autor	Local	Raça	Categoria	Leucócitos (x10 <sup>9</sup> /L)	Neutrófilos (%)	Linfócitos (%)	Monócitos (%)	Eosinófilos (%)	Plaquetas (10 <sup>3</sup> /μL)
Ciaramella et al. (2005)	Sul da Itália Europa	Mediterrâneo	Fêmeas de 2 a 14 anos	7,22±1,34	43,09±7,38	51,44±8,29	1,84±1,52	3,57±2,58	300±98
Akhtar et al. (2007)	Paquistão Sul da Ásia	Não Descreve	Não Descreve	9,5±2,2	35,1±3,8	56,5±4,3	5,2±0,9	3,3±0,9	-
Silva et al. (2011)	Belém, Pará Brasil	Murrah	Fêmeas de 48 a 60 meses	15,3±4,4 até 20,7±5,6	-	-	-	-	-
Londoño et al. (2012)	Puerto Nare Colômbia	Murrah e Mediterrâneo	Fêmeas > 36 meses	-	35,36 até 38,81	48,45 até 52,62	2,78 até 4,53	7,64 até 9,17	
Vilela, 2013	Pirassununga, São Paulo Brasil	Mediterrâneo	Fêmeas de 18 meses	11,66 até 11,82	42,72 até 52,38	67,80 até 61,54	0,88 até 1,28	2,95 até 4,38	

Fonte: Dados coletados da literatura e sintetizados.

Assim, torna-se essencial o conhecimento dos valores de referência de hemograma de animais sadios, bem como os fatores que podem causar variações nos resultados (BIRGUEL JÚNIOR et al., 2001).

### 3.5 TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

A radiação infravermelha foi descoberta em 1800 pelo astrônomo Sir Frederick William Herschel. No entanto, sua aplicação prática ocorreu durante a segunda guerra mundial, quando a primeira câmera infravermelha eletrônica foi desenvolvida pelo exército da Alemanha e utilizada em tanques, pois eram grandes e pesadas, e destinadas à visão noturna (LUZI et al., 2013). Essas câmeras foram utilizadas também como instrumento de alta sensibilidade quanto à formação de imagens térmicas, procedida abaixo do espectro visível, durante os voos noturnos de aviões espões. Tinham o objetivo de fotografar alvos inimigos, captando imagens térmicas, usufruindo das informações dadas por estas fotografias para a formação de estratégias (ROGALSKI, 2011). Posteriormente, se difundiram nas pesquisas preventivas na área humana (RING; AMMER, 2012).

As tecnologias inovadoras e as biotecnologias atualmente contribuem fortemente para o avanço da ciência animal, em virtude do desafio de se determinar o estado dos animais, no que se refere às respostas positivas e negativas frente ao ambiente a que estão submetidos. Nesse contexto, os indicadores não invasivos podem ser úteis para obtenção de dados confiáveis, sendo a termografia infravermelha uma ferramenta indicada para atingir este objetivo. Essa tecnologia pode ser utilizada nas pesquisas em rebanhos de produção, animais de companhia e animais de laboratório (LUZI, 2013).

Apesar da utilização mais intensa atualmente da termografia infravermelha na Medicina Veterinária, estudos vêm sendo desenvolvidos desde a década de 80 com esse equipamento (COULTER et al., 1988). Neles, foram utilizados carneiros para se estudar a relação da temperatura superficial escrotal medida por termografia infravermelha com a temperatura subcutânea escrotal e a temperatura interna testicular. O estudo descreveu correlações entre a temperatura testicular interna com a temperatura subcutânea (0,89), temperatura testicular interna com a

temperatura superficial do escroto (0,83) e temperatura subcutânea com a temperatura superficial do escroto (0,95), ( $P < 0,01$ ).

Se a temperatura superficial do escroto está relacionada à temperatura interna testicular, possivelmente a temperatura superficial do escroto está relacionada com a capacidade reprodutiva do animal. Sendo assim, estudos foram realizados para prever a relação do termograma escrotal com a qualidade seminal e capacidade reprodutiva em monta natural de reprodutores bovinos. Touros que apresentaram um termograma escrotal considerado anormal tiveram maior porcentagem de espermatozoides anormais (cabeças anormais, acrossomas anormais e gotas proximais). Em relação à capacidade reprodutiva desses animais, a taxa de concepção foi 15 a 17% menor do que taxas alcançadas por touros que apresentaram um termograma da superfície escrotal considerado normal ou questionável (LUNSTRA; COULTER, 1997).

Em estudo subsequente, realizado com touros bovinos de corte para avaliar a relação entre a termorregulação e o cone vascular testicular com a produção de espermatozoides e qualidade seminal, foi demonstrado que a temperatura média da superfície do escroto possui uma regressão linear positiva com defeitos espermáticos menores. Além disso, foi descrito que a redução de defeitos espermáticos está associada ao aumento na consistência testicular e uma diminuição na temperatura média superficial do escroto (COOK et al., 1994). A utilização da termografia em equinos demonstrou que animais que apresentaram maiores temperaturas na superfície escrotal apresentaram maiores porcentagens de alterações na morfologia espermática (RAMIRES NETO et al., 2010).

A região do cone vascular testicular é um importante componente do escroto na termorregulação testicular. Em estudo pioneiro, imagens termográficas da superfície do escroto de touros bovinos, nas regiões superior, média e inferior dos testículos, foram coletadas, além de serem aferidas as temperaturas subcutânea do escroto e intratesticular. Após as coletas, a região do cone vascular testicular foi insulada por 48 horas. Com 24 horas de insulação, a temperatura superficial na parte superior dos testículos diminuiu e a da parte inferior aumentou, diminuindo o gradiente superficial testicular. Em 48 horas, a temperatura subcutânea testicular nas regiões superior e média aumentou, assim como a temperatura intratesticular nas três regiões analisadas. O estudo demonstrou que prejuízos na região do cone

vascular testicular provocam falhas na termorregulação testicular, elevando a temperatura do escroto e dos testículos (KASTELIC et al., 1995).

Quando touros bovinos foram mantidos a uma temperatura de 15°C durante sete dias e imagens termográficas da superfície escrotal foram capturadas, não foi observada diferença significativa nas variações de temperatura da superfície escrotal. A média superficial na região superior do escroto foi de 28,5°C, na região inferior de 25,3°C e a média da região total dos testículos de 27,4°C. Ao avaliarem o efeito da temperatura ambiente na temperatura da superfície do escroto, foi observado que quanto maior a temperatura ambiente, menor é o gradiente térmico da superfície escrotal na região testicular (KASTELIC et al., 1996).

Na última década, trabalhos na área veterinária têm sido desenvolvidos com o uso da termografia infravermelha, como uma ferramenta para se obter respostas térmicas, de forma prática e não invasiva (MOURA et al., 2011). Na medicina humana, a termografia também possui importância relevante, pois pode detectar alterações mais precoces, sendo capaz de aferir pequenas mudanças na temperatura testicular, a qual é descrita como um dos sintomas iniciais da fisiopatologia da varicocele. Além disso, a termografia infravermelha possui maior sensibilidade quando comparada à ultrassonografia, e é capaz de detectar casos bilaterais, previamente considerados unilaterais pela ultrassonografia em modo Doppler (MIRANDA et al., 2008).

Estudo realizado em ovinos com uso da termografia infravermelha mostrou que as temperaturas de pontos anatômicos do corpo capturados pelo termógrafo foram todas altamente influenciadas pela temperatura máxima ambiental. Observou-se, ainda, que existe correlação moderada e positiva entre frequência cardíaca, respiratória e temperatura superficial do escroto no polo ventral (DA CRUZ JÚNIOR, 2011).

Vários estudos já foram realizados na área de pecuária de precisão, utilizando a termografia infravermelha. Como exemplo, citam-se estudos para avaliar a variação da temperatura da pele de porcas lactantes expostas ao resfriamento adiabático em alojamento, a avaliação de edemas inflamatórios em membros de suínos, e também para calcular com precisão a variação da temperatura superficial corporal e estimar a perda de calor sensível em pintinhos de um dia, no nascedouro e na sala de vacinação (GRACIANO, 2013).

A termografia infravermelha foi testada na identificação rápida de animais potencialmente infectados com vírus da febre aftosa (RAINWATER-LOVETT et al., 2009), na identificação antecipada de animais com doenças respiratórias (SCHAEFER et al., 2007), na avaliação de estresse em vacas leiteiras de alta produção (STEWART et al., 2007) e como ferramenta para rápido diagnóstico de lesões podais em bovinos leiteiros (STOKES et al., 2012). Recentemente, foram estudadas a variabilidade das temperaturas, medidas com câmera termográfica, de alguns pontos anatômicos do corpo de bovinos em comparação com as temperaturas retal e vaginal. Foi concluído que dentre as regiões estudadas, o globo ocular e a parte posterior da orelha são as regiões mais adequadas para o controle de temperatura corporal (HOFFMANN et al., 2013).

Quanto aos estudos bioclimatológicos dos animais, podem ser citados os trabalhos que utilizam a termografia infravermelha para analisar a variação da temperatura de superfície corporal em bovinos ao longo do dia, onde a temperatura máxima (34,9°C) na região do globo ocular foi observada às 16h00 e a temperatura mínima (31,9°C) às 07h00 (CANATA et al., 2011). Pesquisas realizadas com bovinos de 1 a 3 anos de idade mostraram que há uma correlação negativa do diâmetro do cone vascular testicular com as temperaturas médias superficiais do escroto e com o percentual de defeitos de cabeça de espermatozoides. Além disso, há correlação positiva ( $r=0,45$ ) do diâmetro do cone com a porcentagem de espermatozoides normais (BRITO et al., 2012).

#### **4 AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO, PARÂMETROS FISIOLÓGICOS, HEMÁTICOS E SEMINAIS DE BÚFALOS MANTIDOS EM CENTRAL DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL SOB CLIMA TROPICAL**

*\* Artigo será submetido à revista "Tropical Animal Health and Production"*

*Evaluation of thermal comfort, physiological, hematological and seminal features of buffalo bulls on artificial insemination station in a tropical environment*

#### **RESUMO**

Atualmente cerca de 85% da população de búfalos domésticos é mantida na zona intertropical do planeta. O objetivo do trabalho foi avaliar a variação dos índices de conforto térmico, dos parâmetros fisiológicos, hemáticos e seminais de touros criados em clima tropical. Dez búfalos foram mantidos em baias coletivas, com acesso à sombra, em região de clima tropical úmido (Afi de Köppen). De abril a agosto, dados climatológicos foram obtidos em estação meteorológica e *dataloggers*, os quais foram instalados no interior das baias para cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU) do microclima. A cada 25 dias foram aferidas frequência respiratória (FR), frequência cardíaca (FC), temperatura retal (TR) e calculado o índice do conforto térmico de Benezra (ICB). Mensalmente, foi realizada coleta de sangue para avaliação do hemograma. A coleta de sêmen foi feita semanalmente por vagina artificial. A média das temperaturas máximas do ar foi de  $31,5 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$  e a umidade do ar média foi de  $81,3 \pm 3,8\%$ . O ITU do microclima variou de  $78,2 \pm 3,4$  a  $80,6 \pm 3,1$ , mas não diferiu ao longo dos meses ( $P > 0,05$ ), havendo elevação da manhã para tarde ( $77,7 \pm 2,6$  versus  $81,8 \pm 2,1$ ,  $P < 0,05$ ). A FR, FC e ICB apresentaram incrementos significativos ao longo dos meses e com diferença entre turnos ( $P < 0,05$ ), mas sempre dentro dos limites fisiológicos. Já a TR apresentou



diferença entre turnos e variação decrescente nos meses, com menor valor em agosto ( $37,8 \pm 0,7^\circ\text{C}$ ). O hematócrito, volume corpuscular médio, hemoglobina corpuscular média, concentração de hemoglobina corpuscular média, turbilhonamento e vigor espermático apresentaram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) ao longo dos meses. Correlações significativas foram encontradas entre ICB e FR (0,97;  $P < 0,0001$ ), ICB e FC (0,89;  $P < 0,0001$ ), FC e FR (0,87;  $P < 0,0001$ ), ITU e integridade de membrana plasmática dos espermatozoides (-0,17;  $P < 0,05$ ). Estes resultados indicam que touros bubalinos mantidos em região de clima tropical úmido podem apresentar variações no conforto térmico durante os períodos mais quentes, porém são capazes de acionar eficientemente seus mecanismos termorregulatórios nos períodos mais críticos e conservar sua homeotermia, sem sofrer estresse térmico, e preservar seus parâmetros fisiológicos, hematológicos e seminais em níveis considerados normais.

Palavras-chave: Bem-estar animal. *Bubalus bubalis*. Índice de conforto de Benezra. Índice de temperatura e umidade. Parâmetros hematológicos. Sêmen.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

A criação de búfalos domésticos (*Bubalus bubalis*) contribui significativamente para produção de alimentos e como força de tração, principalmente nos países de economias emergentes (SINGH et al., 2013). Atualmente, o rebanho mundial de búfalos é de aproximadamente 195,2 milhões de cabeças, sendo que entre 2002 e 2011 este apresentou um crescimento de 16% (FAO, 2011). Cerca de 85% dos búfalos domésticos são criados na zona intertropical do planeta, a qual é

caracterizada por temperaturas médias elevadas durante a maior parte do ano e, não raramente, alta umidade relativa do ar (GARCIA, 2013).

Sabe-se que o clima é um dos principais fatores que interferem na produção animal (LEMY et al., 2012). Com cenários que apontam para situações de mudanças climáticas e gradual aquecimento global, pesquisas sobre a resiliência e possível adaptação dos animais são necessárias, especialmente em países de clima tropical e subtropical, onde se projeta que o aumento da temperatura média do ar será maior que em outras regiões nas próximas décadas (IPCC, 2013). Apesar de ser considerado um animal rústico, o búfalo apresenta sinais de estresse calórico quando submetido a situações de elevadas temperaturas do ar, alta umidade relativa do ar e intensa radiação solar direta (KOGA et al., 2004; ABLAS et al., 2007; GUDEV et al., 2007a; MARAI e HAEEB, 2010). Estratégias de manejo que reduzam a incidência de radiação solar direta ou que facilitem a termólise de búfalos criados em ambientes tropicais vêm sendo desenvolvidas para propiciar maior conforto animal e elevar a produtividade, com recentes resultados positivos obtidos para bezerros (MORAES JÚNIOR et al., 2010), búfalas leiteiras (GARCIA et al., 2011; SILVA et al., 2014a), novilhos em engorda (CASTRO et al., 2008) e animais em terminação (JOELE et al., 2012). Contudo, trabalhos relatando os efeitos do ambiente sobre os indicadores de conforto térmico e fisiológicos para touros bubalinos são escassos na literatura (HAQUE et al., 2012), principalmente em animais mantidos central de inseminação artificial.

O índice de temperatura e umidade (ITU) e o índice de conforto térmico de Benezra (ICB) são utilizados como índices bioclimatológicos de referência para estudo do ambiente, do animal, bem como sua interferência na produtividade de bubalinos (DAS et al., 1999; GUDEV et al., 2007b; KHONGDEE et al., 2013). O ITU

foi desenvolvido pelo *US Weather Bureau* como um índice para avaliar condições que resultam em estresse de rebanhos (STARR, 1981) e é derivado das mensurações de temperatura do ar (em °C) e umidade relativa do ar (em %) (THOM, 1959). Já o ICB utiliza valores de frequência respiratória (em mov/min) e temperatura retal (em °C) do animal (BENEZRA, 1954). Também, os parâmetros hemáticos são estudados em animais criados sob alta temperatura ambiente, sendo o hematócrito considerado útil na avaliação de possíveis mudanças biológicas que envolvam o processo de termorregulação (BERNARDINI et al., 2012).

Nos machos de espécies que apresentam testículos pendulares, a temperatura testicular deve ser mantida 2 a 6°C abaixo da temperatura corporal, pois a elevação da temperatura testicular se traduz em redução da qualidade seminal (KASTELIC, 2014). Nos bubalinos, assim como em bovinos, a espermatogênese é altamente sensível a aumentos da temperatura escrotal, mesmo que por períodos curtos (KOONJAENAK et al., 2007; GARCIA et al., 2010).

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a variação dos índices de conforto térmico e o comportamento dos parâmetros fisiológicos relacionados à termólise, parâmetros hemáticos e no sêmen *in natura* de touros bubalinos criados em clima tropical. Estes resultados fornecerão informações fisiológicas úteis para tomada de decisões no manejo de reprodutores búfalos.

## 4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.2.1 Local e animais experimentais

O ensaio foi conduzido de acordo com as normas de pesquisa adotadas no serviço público federal brasileiro, sendo que todos os procedimentos experimentais

foram previamente aprovados pelo Comitê Técnico Interno da Embrapa Amazônia Oriental, empresa vinculada ao Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento do Brasil. O estudo foi conduzido na Central de Biotecnologia de Reprodução Animal (CEBRAN), da Universidade Federal do Pará, localizada em Castanhal (1°18'18" S e 47°56'36" W), Pará, Brasil. O tipo climático da região é o tropical úmido, classificado como Afi segundo Koppen (VALENTE et al., 2001). O tipo climático tropical úmido se caracteriza por ser megatérmico, apresentar precipitação pluviométrica anual entre 2300 e 2800 milímetros (MORAES et al., 2005), com precipitação média mensal maior ou igual a 60 mm (ALVARES et al., 2013).

O período experimental compreendeu os meses de abril a agosto de 2013. Foram utilizados 10 touros búfalos (*Bubalus bubalis*) clinicamente saudáveis (55,0±8,9 meses; 701,4±82,8kg). Os animais passaram por quarentena e controle sanitário conforme normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Brasileiro (MAPA, 2003). Posteriormente, foram mantidos em baias coletivas, de piso concretado e laterais de cordoalhas (18m<sup>2</sup>/animal). Em uma das laterais, na parte externa das baias, havia essências florestais de *Ficus benjamina* plantadas em linha, com espaçamento de 8,5 metros. As árvores tinham aproximadamente 14 metros de altura e folhagem densa, e ao longo do dia projetavam sombra em parte da área das baias (7m<sup>2</sup>/animal). Os animais foram manejados intensivamente, conforme convencionalmente adotado em centrais de inseminação artificial. Os animais eram alimentados duas vezes ao dia (08h00 e 16h00), recebiam alimentação em cocho coletivo e água em bebedouro automático, sendo a alimentação composta por capim triturado (*Pennisetum purpureum*) e concentrado a base de resíduo de feijão (30%), farelo de trigo (68,5%) e mistura mineral (1,5%), onde o volumoso foi oferecido à

vontade e o concentrado foi calculado para oferta diária em 1% do peso vivo dos animais.

#### 4.2.2 Coleta de dados ambientais e cálculo do ITU

Os dados meteorológicos de temperatura e umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e radiação solar foram obtidos em estação meteorológica de superfície automática do Instituto Nacional de Meteorologia, e foram usados para a caracterização climática ao longo do período experimental. A estação era localizada acerca de 750 metros do local de manutenção dos animais e era composta por sensores acoplados à unidade de memória central, que registrava os valores observados minuto a minuto (1°18'03" S e 47°56'51" W).

Já para a caracterização do microclima dentro das baias, foram instalados em seu interior três *dataloggers* (Marca HOBO<sup>®</sup>, Modelo U12-012, Onset Computer Corporation, Bourne, MA, EUA) que monitoraram a temperatura (°C) e a umidade relativa do ar (%) (MALAMA et al., 2013). Os *dataloggers* foram mantidos em abrigos meteorológicos confeccionados para proteção contra luz solar direta e água (MADER et al., 2007), suspensos a 2,0 metros do solo e equidistantes horizontalmente por 19 metros (Anexo A). Os dados foram registrados e armazenados nos *dataloggers* a cada 15 minutos, totalizando 14.592 informações ao longo de todo experimento, e foram depois transferidos para computador portátil por meio de *software* específico (HOBOWare<sup>®</sup> Lite 3.1.0, Onset Computer Corporation, Bourne, MA, EUA), o qual foi usado nas análises.

O índice de temperatura e umidade foi usado como um indicativo de carga térmica (GAUGHAN et al., 1999), conforme a seguinte fórmula:  $ITU = (0,8T_a) + (UR/100) [(T_a - 14,4) + 46,4]$ , onde  $T_a$  é a temperatura do ar em termômetro de

bulbo seco ( $^{\circ}\text{C}$ ) e UR é a umidade relativa do ar (%) (THOM, 1959). O ITU diário foi calculado para todo o período experimental, utilizando os valores de temperatura e umidade relativa do ar da estação meteorológica. Para o cálculo de ITU do microclima das baias e posterior correlação com os dados fisiológicos dos animais, foram usadas as médias dos valores registrados pelos três *dataloggers*, referentes aos períodos do dia coincidentes aos horários das aferições de parâmetros fisiológicos (manhã: 06h00 às 09h00; tarde: 12h00 às 15h00). Quando os bubalinos são submetidos a valores de ITU menores ou iguais a 74, não exprimem desconforto ou estresse. Já valores entre 75 a 78 indicam condição de alerta, valores entre 79 a 83 apontam condição de perigo e perceptível redução no desempenho, enquanto valores de ITU iguais ou superiores a 84 designam situação de emergência (SOMPARN et al., 2004).

#### **4.2.3 Coleta de parâmetros fisiológicos e cálculo de ICB**

Para aferição dos parâmetros fisiológicos, cada animal era individualmente conduzido, ao passo, para um brete de contenção individual localizado, localizado a 50 metros das baias. Após cinco minutos contidos no brete, eram aferidas a frequência respiratória (FR), frequência cardíaca (FC) e temperatura retal (TR), necessariamente nesta ordem, nos turnos da manhã (entre 06h00 e 09h00) e da tarde (entre 12h00 e 15h00). A FR foi determinada por observação da região tóraco-abdominal e contagem dos movimentos respiratórios, durante um minuto (mov/min). A FC foi determinada por auscultação com estetoscópio clínico veterinário, seguida de contagem dos batimentos cardíacos durante um minuto (bat/min). Para aferição da TR foi utilizado termômetro clínico veterinário, com escala até  $44^{\circ}\text{C}$ , introduzido no reto do animal e mantido durante pelo menos um minuto ou tempo requerido para

estabilização da coluna de mercúrio, sendo o resultado expresso em graus centígrados (°C) (ROSENBERGER et al., 1993). Os parâmetros fisiológicos foram aferidos com intervalos médios de 25 dias, em dois dias consecutivos de aferições, nos turnos da manhã e tarde, totalizando 28 coletas por animal.

Para a determinação do ICB, foi usada a fórmula:  $ICB = TR/38,33 + FR/23$ , onde TR é a temperatura retal (°C) e FR é a frequência respiratória (mov/min). Valores resultantes próximos a dois (2,0) representam um alto grau de adaptabilidade ao meio ambiente e, sob condições similares, valores acima desse patamar indicam menor adaptabilidade (BENEZRA, 1954).

#### **4.2.4 Coleta de sangue e realização de hemograma**

As coletas de sangue para realização do hemograma foram efetuadas mensalmente, sempre no turno da manhã, por venopunção jugular e o sangue foi colhido em tubos a vácuo, contendo anticoagulante etilenodi-aminotetracético sal dissódico (EDTA) a 5%. As amostras foram refrigeradas e imediatamente transportadas ao Laboratório de Patologia Clínica Veterinária da Universidade Federal do Pará, Campus de Castanhal-PA, onde foram processadas. Assim, foram realizadas cinco coletas por animal ao logo do experimento, totalizando 50 amostras.

Os hemogramas foram realizados em contador automático BC-2800Vet<sup>®</sup> (Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronics, Nanshan, Shenzhen, China.), o qual realiza a contagem de hemácias ( $10^6/\mu\text{L}$ ), leucócitos ( $\times 10^9/\text{L}$ ) e plaquetas ( $\times 10^3/\mu\text{L}$ ) por impedância elétrica, determina a hemoglobina (g/dL) pelo método da cianometahemoglobina, além de calcular o hematócrito (%) e os índices hematimétricos: volume corpuscular médio (VCM, fl), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM, %), hemoglobina corpuscular média (HCM, pg). O

diferencial de leucócitos foi realizado em esfregaços sanguíneos corados pelo método de panótico rápido e os resultados obtidos foram expressos em porcentagem (FRANÇA et al., 2011).

#### **4.2.5 Coleta e avaliação do sêmen**

O sêmen dos dez touros foi coletado semanalmente pelo método de vagina artificial (VALE et al., 1984), sendo realizadas 22 repetições por animal, totalizando 220 ejaculados. Todos os ejaculados foram submetidos à avaliação física e morfológica, tendo sido avaliados volume (Vol), concentração (Conc), turbilhonamento (Turb), motilidade progressiva (MP), vigor (Vig), integridade de membrana plasmática (IMP) e defeitos espermáticos.

O volume foi mensurado logo após a coleta em tubos cônicos estéreis graduados (mL). A concentração espermática foi mensurada em espectrofotômetro, sob diluição de 1:100 solução de formalina tamponada, e a conversão para o número de células por mL de sêmen foi realizada de acordo com as especificações do fabricante em absorbância de 500nm (Accucell®, IMV Technologie, França), sendo o resultado expresso em  $\times 10^6$  spz/mL (SILVA, 2012). A análise do turbilhonamento foi realizada a partir da deposição de 20  $\mu$ L de sêmen *in natura* em lâmina previamente aquecida a 37°C, utilizando-se uma classificação de 0 a 5 (0: ejaculado com ausência de movimento até 5: acentuado movimento de massa) (VALE, 2002).

A avaliação da motilidade progressiva (%) foi realizada mediante a deposição de uma gota de 20  $\mu$ L de sêmen sobre lâmina aquecida (37°C), recoberta por lamínula e examinado em microscópio de contraste de fase, com aumento de  $\times 200$ . O vigor foi avaliado na mesma lâmina em que se avaliou a motilidade, sob o mesmo



aumento e utilizou-se uma escala de 0 a 5 (0: ausência de movimentação espermática até 5: forte movimentação) (VALE, 2002).

Para a avaliação da integridade da membrana plasmática (%), aplicou-se a técnica de coloração supravital por eosina-nigrosina, na qual se adiciona, em lâmina pré-aquecida, solução corante e sêmen em partes iguais, seguida de confecção de esfregaço. Em seguida, a amostra foi avaliada sob microscopia de campo claro (x1000) e os espermatozoides foram categorizados como segue: células com membrana plasmática lesada são coradas em rosa, enquanto espermatozoides com membrana plasmática íntegra não são corados (Fig. 1), sendo possível sua distinção pelo contraste de fundo ocasionado pela nigrosina (IQBAL et al., 2010). O resultado foi dado em porcentagem de células com membrana plasmática intacta.

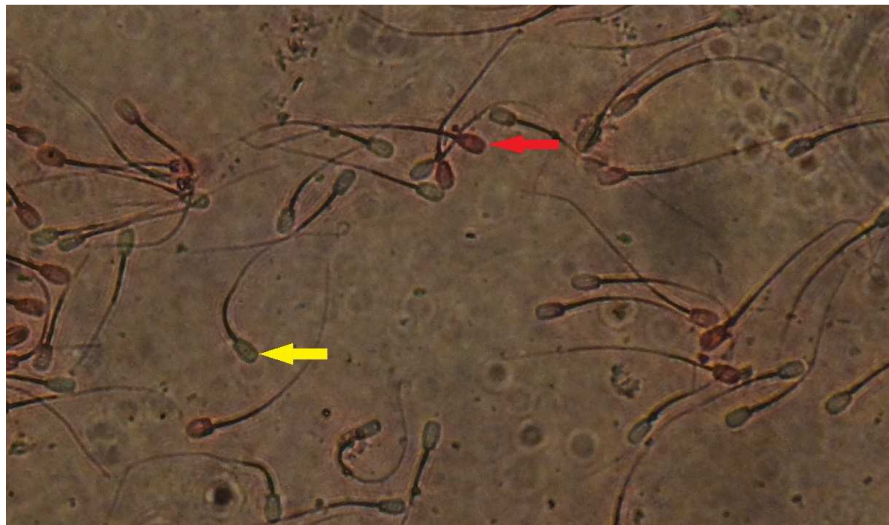


Figura 1 – Imagem da técnica de avaliação de integridade de membrana plasmática em sêmen *in natura* de touros bubalinos (*Bubalus bubalis*) por coloração supravital por eosina-nigrosina (seta vermelha – espermatozoide com membrana plasmática lesada; seta amarela – espermatozoide com membrana plasmática íntegra).

A avaliação morfológica do ejaculado foi realizada a partir de alíquotas pré-fixadas em formol salino e montadas preparações úmidas para análise em microscopia de contraste de fase (x1000). Foram avaliadas 100 células por amostra, de modo que os espermatozoides foram classificados como normais ou anormais.

As células com morfologia anormal foram categorizadas como portadoras de defeitos maiores (DMA, %) ou defeitos menores (DMe, %), sendo que sua somatória expressou os defeitos totais (DT, %) (BLOM, 1973).

#### **4.2.6 Análise estatística**

Foi realizada a estatística descritiva de todas as variáveis estudadas, obtendo-se os valores médios e os desvios padrão, além dos valores máximos e mínimos. Na sequência, foi verificada a normalidade da distribuição dos dados e, para as variáveis com distribuição não normal ou com coeficientes de variação elevados (hemácias, hemoglobina, plaquetas, leucograma, volume seminal, concentração espermática, motilidade espermática, integridade de membrana plasmática e morfologia espermática), foram realizadas as transformações para escala logarítmica. Os dados foram analisados usando o modelo linear geral (GLM) do *software* SAS, versão 9.3 (SAS, 2011). O modelo incluiu os efeitos fixos de animal, data da coleta de dados, mês de avaliação, temperaturas e umidades relativas do ar máximas, médias e mínimas, ITU médio, máximo e mínimo e a interação entre eles. As comparações de médias entre turnos (manhã e tarde) foram executadas por análise de variância e teste F. Para comparação das médias mensais ao longo do tempo foi realizado o teste de Tukey. Para as análises de correlação, foi utilizado o teste de Pearson, sendo que para as correlações entre ICB e variáveis fisiológicas foi utilizado o ITU médio do microclima. Para o cálculo das correlações com parâmetros hemáticos foi utilizado o ITU médio mensal do microclima, enquanto que para as correlações do ITU com parâmetros seminais foi utilizado o ITU médio do microclima 14 dias anteriores a cada coleta, intervalo suficiente para que alterações no ejaculado causadas por falhas na termorregulação

já possam ser observadas (GARCIA, 2004). Em todas as análises estatísticas, o nível de significância adotado foi de  $P < 0,05$ .

### 4.3 RESULTADOS

A temperatura máxima do ar diária apresentou ao longo do experimento média de  $31,5 \pm 0,8^\circ\text{C}$ , sendo que em 54 dias (35,52%) atingiu valores maiores ou iguais a  $32,0^\circ\text{C}$  (Fig. 2a). A média diária da umidade relativa do ar oscilou entre 72,2% e 90,8%, com média geral de  $81,3 \pm 3,8\%$  (Fig. 2b). O valor de ITU médio diário oscilou entre 74,3 e 78,4, sendo que em apenas cinco dias (3,26%) foram registrados valores médios até 74,9 (Fig. 2c). A precipitação pluviométrica acumulada foi maior em abril, com 284 mm, e o mês de menor pluviosidade foi junho, com 118 mm. A radiação solar apresentou menores níveis em abril e maio ( $620,514$  e  $651,152\text{KJ/m}^2$ ), com elevação ao longo dos meses, chegando ao maior valor registrado em julho ( $716,247\text{KJ/m}^2$ ) (Fig. 2d).

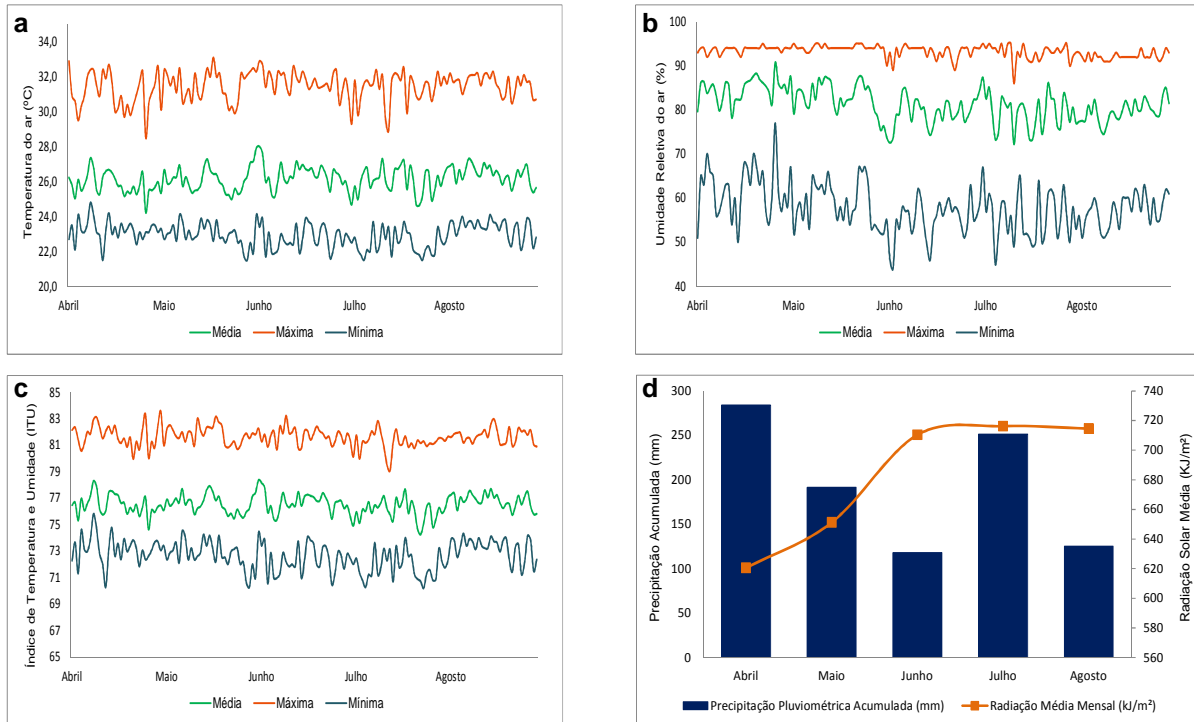


Figura 2 – a) Valores diários registrados de temperatura do ar (°C), b) umidade relativa do ar (%), c) índice de temperatura e umidade, d) volume mensal acumulado de chuvas (mm) e radiação solar média mensal (KJ/m<sup>2</sup>) durante os meses de abril a agosto registrados em estação meteorológica automática em Castanhal, Pará, Brasil (1°18'03" S e 47°56'51" W).

A média geral de ITU do microclima nas baias foi de  $79,7 \pm 3,1$  (Tabela 1) e apresentou diferença significativa entre os turnos da manhã e tarde ( $P < 0,05$ ). Já o ITU médio mensal não apresentou diferença significativa, com oscilação entre  $78,2 \pm 3,4$  e  $80,6 \pm 3,1$  ( $P > 0,05$ ). Houve sempre acréscimo nos valores de ITU, da manhã para tarde, com elevações de até 3 pontos (abril e maio) e de 4 a 6 pontos (junho, julho e agosto).

Tabela 1 - Valores médios e desvios padrão do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) do microclima aferido no interior das baías, nos turnos da manhã (06h00 às 09h00) e tarde (12h00 às 15h00), durante os meses de abril a agosto, em Castanhal, Pará, Brasil.

Turno	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Média Geral
Manhã	79,2±2,8	78,1±2,2	77,4±2,7	75,9±2,9	77,9±2,0	77,7±2,6 <sup>y</sup>
Tarde	82,1±2,9	80,5±1,5	83,4±0,8	80,4±2,3	82,1±1,3	81,8±2,1 <sup>x</sup>
Média Geral	80,6±3,1	79,3±2,2	80,4±3,61	78,2±3,4	80,0±2,7	79,7±3,1

<sup>a, b</sup> Médias dentro da linha com sobrescritos diferentes são significativamente diferentes (P<0,05)

<sup>x, y</sup> Médias dentro da coluna com sobrescritos diferentes são significativamente diferentes (P<0,05)

A FR apresentou valores mais baixos em abril e maio (Tabela 2), com acréscimo gradual a partir de junho, alcançando valores significativamente mais elevados em julho e agosto (28,9±3,3 e 27,6±3,4mov/min; P<0,05). Independentemente do mês, a FR apresentou elevação do período da manhã para a tarde (P<0,05). Já a FC oscilou entre 62,9±2,1 a 66,9±2,6bat/min, observando-se aumento (P<0,05) em julho e agosto (66,9±2,6 e 65,6±2,4bat/min, respectivamente). Houve também elevação significativa da manhã para a tarde (P<0,05). A TR apresentou oscilação durante o período experimental de 37,8±0,7 a 38,4±0,4°C, sendo os valores máximos obtidos de abril a junho. Em julho e agosto foi registrada redução significativa (P<0,05) nos valores da TR, com médias de 38,1±0,5 e 37,8±0,7°C, respectivamente. Entre os turnos da manhã e tarde, a TR apresentou acréscimo médio significativo de 0,4°C (P<0,05), sendo que a média geral experimental, independentemente do momento da aferição, de 38,2±0,2°C.

Tabela 2 - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros fisiológicos e ICB de touros bubalinos (*Bubalus bubalis*) aferidos durante os turnos da manhã (06h00 às 09h00) e tarde (12h00 às 15h00), durante os meses de abril a agosto, em Castanhal, Pará, Brasil.

	Turno	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Média Geral
FR	M	21,6±1,8	21,3±1,6	23,0±1,6	26,2±1,1	25,2±1,5	23,2±2,3 <sup>y</sup>
	T	22,6±1,7	23,3±1,2	24,8±1,4	31,6±2,3	30,1±3,1	25,9±3,8 <sup>x</sup>
	Tt	22,1±1,8 <sup>c</sup>	22,3±1,7 <sup>c</sup>	23,9±1,8 <sup>b</sup>	28,9±3,3 <sup>a</sup>	27,6±3,4 <sup>a</sup>	24,5±3,4
FC	M	63,6±2,4	61,7±2,0	63,2±2,2	65,8±1,7	65,1±1,8	63,4±2,5 <sup>y</sup>
	T	63,6±1,8	64,1±1,6	65,6±2,1	68,1±2,9	66,7±2,7	65,5±2,6 <sup>x</sup>
	Tt	63,6±2,1 <sup>bc</sup>	62,9±2,1 <sup>c</sup>	64,4±2,4 <sup>b</sup>	66,9±2,6 <sup>a</sup>	65,9±2,4 <sup>a</sup>	64,5±2,7
TR	M	38,0±0,7	38,0±0,3	38,2±0,3	37,8±0,4	37,6±0,7	38,0±0,5 <sup>y</sup>
	T	38,9±0,4	38,4±0,3	38,6±0,3	38,5±0,3	38,0±0,6	38,4±0,4 <sup>x</sup>
	Tt	38,4±0,7 <sup>a</sup>	38,2±0,4 <sup>ab</sup>	38,4±0,4 <sup>a</sup>	38,1±0,5 <sup>bc</sup>	37,8±0,7 <sup>c</sup>	38,2±0,5
ICB	M	1,93±0,09	1,92±0,07	2,00±0,07	2,12±0,04	2,07±0,07	2,00±0,10 <sup>y</sup>
	T	1,99±0,07	2,01±0,05	2,08±0,06	2,38±0,10	2,30±0,14	2,13±0,16 <sup>x</sup>
	Tt	1,96±0,08 <sup>c</sup>	1,96±0,08 <sup>c</sup>	2,04±0,08 <sup>b</sup>	2,25±0,15 <sup>a</sup>	2,19±0,15 <sup>a</sup>	2,06±0,15

FR frequência respiratória (mov/min), FC frequência cardíaca (bat/min), TR temperatura retal (°C), ICB índice de conforto térmico de Benezra, M manhã, T tarde, Tt total

<sup>a, b, c</sup> Médias dentro das linhas com sobrescritos diferentes são significativamente diferentes (P<0,05)

<sup>x, y</sup> Médias dentro das colunas com sobrescritos diferentes são significativamente diferentes (P<0,05)

O ICB manteve-se inicialmente estável (1,96) entre os meses de abril e maio. A partir de junho, apresentou acréscimo gradual, alcançando os maiores valores (P<0,05) em julho (2,25±0,15) e agosto (2,19±0,15). O ICB apresentou média geral de 2,00±0,10 e 2,13±0,16 para manhã e tarde, respectivamente, com diferença estatística entre os turnos (P<0,05). A média geral observada no período experimental foi de 2,06±0,15. Considerando os índices de conforto térmico estudados, o ITU médio do microclima apresentou correlação positiva com a TR (0,63; P<0,001), enquanto o ICB apresentou altos valores de correlação positiva com a FR (0,97; P<0,0001) e com a FC (0,89; P<0,0001). A FC e a FR também apresentaram correlação significativa e de grande magnitude (0,87; P<0,0001).

O valor médio de hemácias (Tabela 3) pouco oscilou e não apresentou diferença significativa ao longo dos meses (P>0,05), com média geral observada de 6,6±1,5x10<sup>6</sup>/μL. Também a hemoglobina não variou significativamente ao longo dos

meses, com média geral de  $12,3 \pm 2,7$  g/dL. O hematócrito e o VCM oscilaram ao longo dos meses ( $P < 0,05$ ) e tiveram comportamento semelhantes, com maiores valores observados em junho ( $49,0 \pm 11,0\%$  e  $72,6 \pm 5,8$  fl, respectivamente). Já o HCM e o CHCM apresentaram variações mensais ( $P < 0,05$ ), sendo que HCM apresentou pico em maio ( $21,1 \pm 1,6$  pg), enquanto o CHCM apresentou redução em junho ( $24,7 \pm 1,2\%$ ).

Tabela 3 - Valores dos constituintes do eritograma de touros bubalinos (*Bubalus bubalis*) mantidos em central de inseminação artificial, no período de abril a agosto, em Castanhal, Pará, Brasil.

Parâmetro	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Média Geral
He	$6,3 \pm 1,8$	$6,4 \pm 1,5$	$6,8 \pm 1,6$	$6,9 \pm 1,6$	$6,8 \pm 1,3$	$6,6 \pm 1,5$
Ht	$36,3 \pm 8,9^{ab}$	$38,9 \pm 8,6^{ab}$	$49,0 \pm 11,0^a$	$36,6 \pm 7,0^{ab}$	$35,1 \pm 5,8^b$	$39,2 \pm 9,6$
Hb	$10,7 \pm 2,6$	$13,3 \pm 2,7$	$12,2 \pm 3,0$	$12,7 \pm 2,5$	$12,5 \pm 2,1$	$12,3 \pm 2,6$
VCM	$58,8 \pm 6,6^{bc}$	$60,4 \pm 4,0^b$	$72,6 \pm 5,8^a$	$53,7 \pm 5,4^{bc}$	$52,4 \pm 4,9^c$	$59,6 \pm 8,9$
HCM	$17,2 \pm 2,1^b$	$21,1 \pm 1,6^a$	$17,8 \pm 1,0^b$	$18,5 \pm 1,6^b$	$18,5 \pm 1,4^b$	$18,6 \pm 2,0$
CHCM	$29,4 \pm 0,5^b$	$34,4 \pm 2,7^a$	$24,7 \pm 1,2^c$	$34,6 \pm 0,7^a$	$35,4 \pm 0,7^a$	$31,7 \pm 4,4$

He hemácias ( $10^6/\mu\text{L}$ ), Ht hematócrito (%), Hb hemoglobina (g/dL), VCM volume corpuscular médio (fl), HCM hemoglobina corpuscular média (pg), CHCM concentração de hemoglobina corpuscular média (%)

<sup>a, b, c</sup> Médias dentro da linha com sobrescritos diferentes são significativamente diferentes ( $P < 0,05$ )

Os valores dos constituintes do leucograma e de plaquetas (Tabela 4) não mostraram diferença significativa durante os meses ( $P < 0,05$ ), sendo observados valores médios de plaquetas ( $190,7 \pm 79,3 \times 10^3/\mu\text{L}$ ), leucócitos ( $14,5 \pm 6,6 \times 10^9/\text{L}$ ), linfócitos ( $60,8 \pm 9,2\%$ ), neutrófilos ( $34,3 \pm 9,1\%$ ), eosinófilos ( $2,6 \pm 1,0\%$ ) e monócitos ( $2,5 \pm 1,1\%$ ). Os valores de eritograma, plaquetas e leucograma não apresentaram correlações significativas com o ITU médio, a não ser para HCM (0,48;  $P < 0,001$ ), CHCM (0,36;  $P < 0,01$ ) e Hb (0,28;  $P < 0,05$ ).

Tabela 4 - Valores de plaquetas e dos constituintes do leucograma de touros bubalinos (*Bubalus bubalis*) mantidos em central de inseminação artificial, no período de abril a agosto, em Castanhal, Pará, Brasil.

Parâmetro	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Média Geral
Pq	150,3±90,9	190,0±80,0	223,7±92,5	186,1±55,5	203,5±68,6	190,7±79,3
Lc	12,6±4,9	17,2±10,0	15,0±5,6	14,4±5,9	13,5±5,7	14,5±6,6
Lf	65,4±12,5	59,3±3,7	55,5±7,2	61,1±6,1	62,8±11,8	60,8±9,2
Nt	29,5±11,5	36,3±4,7	39,7±6,9	34,2±6,5	32,0±11,7	34,3±9,1
Eos	3,1±1,1	2,4±1,0	2,7±0,9	2,0±0,9	2,6±1,0	2,6±1,0
Mon	3,0±1,6	2,6±0,7	2,1±0,6	2,3±0,7	2,6±1,3	2,5±1,1

Pq plaquetas ( $10^3/\mu\text{L}$ ), Lc leucócitos ( $10^9/\text{L}$ ), Lf linfócitos (%), Nt neutrófilos (%), Eos eosinófilos (%), Mon monócitos (%)

<sup>a, b</sup> Médias dentro da linha com sobrescritos diferentes são significativamente diferentes ( $P < 0,05$ )

Os resultados de parâmetros seminais (Tabela 5) mostraram que o volume de sêmen dos búfalos não apresentou diferença significativa durante os meses ( $P > 0,05$ ), tendo havido pequenas oscilações entre 2,0 a 2,3 mL, com média geral de  $2,2 \pm 1,4$  mL. A concentração espermática também não apresentou diferença significativa ao longo dos meses ( $P > 0,05$ ), com pequeno acréscimo numérico em julho e média geral observada de  $1321,9 \pm 501,8 \times 10^6$  sptz/mL. O turbilhonamento apresentou média geral de  $2,5 \pm 1,0$ , com pequena redução em agosto ( $2,0 \pm 1,0$ ;  $P < 0,05$ ). O vigor apresentou a média geral de  $3,0 \pm 0,5$ , com maior valor observado em junho  $3,2 \pm 0,6$  ( $P < 0,05$ ).



Tabela 5 - Média mensal de parâmetros de sêmen *in natura* de touros bubalinos (*Bubalus bubalis*) mantidos em central de inseminação artificial, no período de abril a agosto, em Castanhal, Pará, Brasil.

Parâmetro	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Média Geral
Vol	2,1±1,5	2,3±1,6	2,2±1,2	2,4±1,5	2,1±1,3	2,2±1,4
Conc	1317,4±499,5	1297,6±585,9	1300,6±466,7	1417,7±451,6	1276,7±505,5	1322,0±501,9
Turb	2,7±1,0 <sup>a</sup>	2,7±1,0 <sup>a</sup>	2,6±1,2 <sup>ab</sup>	2,6±1,0 <sup>ab</sup>	2,0±1,0 <sup>b</sup>	2,5±1,0
Vig	3,1±0,7 <sup>ab</sup>	2,8±0,4 <sup>b</sup>	3,3±0,7 <sup>a</sup>	3,0±0,6 <sup>ab</sup>	3,0±0,4 <sup>ab</sup>	3,0±0,5
MP	67,9±12,0	67,0±9,5	71,9±9,5	70,9±8,8	65,6±11,0	68,7±10,2
IMP	66,9±14,2	66,8±7,6	70,5±7,2	69,0±6,4	66,0±13,2	67,8±9,7
DMe	5,9±6,3	6,6±3,6	4,5±2,9	5,7±4,1	6,1±4,5	5,8±4,3
DMa	13,2±8,0	14,6±6,3	13,1±4,8	14,4±6,9	14,4±9,4	13,9±7,1
DT	19,1±12,2	21,2±8,2	17,6±6,2	20,1±6,7	20,4±10,1	19,7±8,7

Vol volume (mL), Conc concentração de espermática ( $\times 10^6$  spz/mL), Turb turbilhamento espermático (0-5), Vig vigor espermático (0-5), MP motilidade progressiva (%), IMP integridade de membrana plasmática (%), DMe defeitos menores (%), DMa defeitos maiores (%), DT defeitos totais (%)

<sup>a, b</sup> Médias dentro da linha com sobrescritos diferentes são significativamente diferentes ( $P < 0,05$ )

A motilidade progressiva e a integridade de membrana plasmática apresentaram comportamentos muito semelhantes ao longo do tempo, com média geral de 68,7±10,1 e 67,8±9,7%, respectivamente. Ambas apresentaram em junho maiores valores numéricos, sendo de 71,9±9,5% para MP e de 70,5±7,1% para IMP. Os resultados de defeitos menores e maiores mostraram médias gerais de 5,7±4,2, 13,9±7,0%, respectivamente, com oscilações pequenas e não significativas ao longo do tempo ( $P > 0,05$ ). Os defeitos totais registrados também não oscilaram significativamente ao longo dos meses ( $P > 0,05$ ), com média geral observada de 19,7±8,7%. Os mínimos valores numéricos registrados para defeitos menores, maiores e totais ocorreram em junho, com médias de 4,5±2,8%, de 13,0±4,8% e de 17,5±6,1%, respectivamente. O ITU médio apresentou correlação significativa e negativa com integridade de membrana plasmática (-0,17;  $P < 0,05$ ).

#### 4.4 DISCUSSÃO

Os dados meteorológicos de temperatura máxima e umidade relativa do ar observados ao longo do experimento estão de acordo com os descritos para a faixa de território situada na zona tropical, mais precisamente para as regiões onde prevalece o tipo climático Afi (ALVARES et al., 2013). Associada às altas temperaturas, a elevada umidade relativa do ar apresentou valores médios oscilatórios sempre muito próximos a 80%. Nas regiões de clima tropical úmido não há estação seca e são descritos dois períodos distintos de precipitação pluviométrica: um mais chuvoso, que compreende os meses de dezembro a maio, e outro menos chuvoso, que vai de junho a novembro (VALENTE et al., 2001; ALVARES et al., 2013). Assim, os resultados obtidos estão de acordo com os dados históricos da região, com exceção do observado em julho, quando houve precipitação considerada atípica (251,4mm) e acima da média histórica (152,8mm) (VALENTE et al., 2001). Desta feita, o experimento abrangeu os dois meses finais do período mais chuvoso do ano (abril e maio) e os três meses iniciais do período menos chuvoso (junho a agosto), caracterizando um período de transição estacional, época em que os búfalos podem estar mais sujeitos ao estresse ambiental (SILVA et al., 2011a). Os maiores índices de radiação solar foram observados de junho a agosto, enquanto a radiação em abril e maio foi menos intensa, devido à maior nebulosidade ocorrente no período mais chuvoso (MORAES et al., 2005; SILVA JÚNIOR et al., 2006). A conjugação de altas temperaturas e umidade, além da elevada radiação solar, constituem um cenário desafiador para os animais permanentemente criados nas condições tropicais (GARCIA, 2013). De fato, ao se tomar como referência o valor de 74 como sendo o ITU mais adequado para a criação de búfalos (SOMPARN et al., 2004), nota-se que em 96% dos dias do

período experimental a média diária do ITU calculada com os dados da estação meteorológica ficou acima do patamar recomendado.

O ITU do microclima pode ser considerado como de maior relevância, pois expressa com maior rigor a condição de temperatura e umidade aos quais os animais estão constantemente submetidos (MADER et al., 2007), dada a característica do manejo intensivo adotado. Não foi observado ao longo dos meses ITU do microclima abaixo de 75, mesmo durante as manhãs, o que poderia indicar uma condição de alerta ou perigo em relação ao conforto térmico dos animais, segundo a clássica interpretação do ITU (STARR, 1981). O valor médio de ITU observado foi semelhante aos valores encontrados em trabalhos realizados em outros locais com tipo climático Afi, entre 73,5 e 82,2 (MORAES JÚNIOR et al., 2010) e entre 75,0 e 81,0 (GARCIA et al., 2011), quando bezerros e búfalas em lactação foram avaliados, respectivamente, e não apresentaram redução no desempenho zootécnico. Em tese, sob a condição de ITU observado no presente trabalho, os animais apresentariam indícios de estresse calórico e redução no desempenho produtivo (HUBBARD et al., 1999). No entanto, não houve sinais evidentes de desconforto térmico, sugerindo uma possível aclimação dos animais experimentais e/ou a necessidade de uma nova interpretação para a escala de ITU para bubalinos criados em regiões de clima tropical.

Os resultados de FR, FC e TR observados estão dentro da faixa de normalidade fisiológica (GARCIA et al., 2011; SILVA et al., 2011a), mas estão acima dos valores descritos para machos bubalinos adultos mantidos em temperaturas de 22°C (FR=13,3mov/min; FC=44,3bat/min; TR=37,2°C), o que se assemelharia às condições de clima subtropical, e estão abaixo dos valores para animais desafiados em câmara climática com temperatura do ar de 42°C (FR=68,6mov/min; FC=70,0

bat/min; TR=38,9°C) (HAQUE et al., 2012). Quanto ao ICB, os valores encontrados foram inferiores à faixa de 2,8 a 3,0 descritos para bezerros (MORAES JÚNIOR et al., 2010), categoria animal que fisiologicamente apresenta frequência respiratória mais elevada e cujo sistema termorregulatório ainda não é completamente competente. Porém, os resultados de ICB observados se assemelham à faixa de 1,7 a 2,4 observada em búfalos adultos mantidos em sistemas silvipastoris e, portanto, com livre acesso à sombra natural (GARCIA et al., 2011). A FR, FC e o ICB apresentaram evoluções semelhantes, com acréscimo gradual ao longo do tempo. Esse efeito foi possivelmente causado pela transição entre os períodos mais e menos chuvosos do ano (SILVA et al., 2011a), coincidiu com o período de aumento da radiação solar e com picos mais frequentes de temperatura do ar, entre junho e agosto. Como o búfalo é um animal de intensa pigmentação epidérmica, sua pele tem baixa refletividade e grande capacidade de absorver a radiação solar (MARAI e HAEEB, 2010; GARCIA, 2013), o que promove, por vezes, ganhos calóricos indesejados. Assim, a oscilação da FR, com incremento ao longo do tempo, confirmou a necessidade de realização de termólise.

Já a TR teve um comportamento diferente das demais variáveis fisiológicas ao longo dos meses, e apresentou declínio gradual, alcançando os menores valores em julho e agosto. Todos os valores de TR variaram dentro da normalidade (COSTA, 2007; SILVA et al. 2011a), indicando condição de homeotermia. Associados, os dados de FR, FC, ICB e TR revelaram a capacidade dos animais em manter a temperatura interna corpórea, através de seus mecanismos de termorregulação (GUDEV et al., 2007b). Quando há desconforto pelo calor, expresso pela elevação do ICB em patamares superiores ao valor 2,0 (BENEZRA, 1954), os animais prontamente ativam seus mecanismos de termólise. Nos búfalos,

o aumento da FR é uma resposta comum em situações de desconforto térmico, como forma de dissipar calor (GUIMARÃES et al., 2001). Paralelamente, há aumento de débito cardíaco e vasodilatação periférica, eventos que permitem o direcionamento de maior fluxo sanguíneo periférico, principalmente para a pele, e facilitam a perda de calor (SILVA, 2000; MARAI e HAEEB, 2010). Este fato é confirmado pela correlação positiva e de alta magnitude encontrada entre ICB e FR, entre ICB e FC, e entre FR e FC. Assim, o menor valor observado para TR no mês de agosto, acompanhado pelas maiores médias de FC e FR, demonstram que os animais foram altamente eficientes na ativação de mecanismos fisiológicos que participam da termólise, o que permitiu aos animais a manutenção da homeotermia, descaracterizando qualquer indício de estresse calórico no período observado.

Já em relação aos turnos, a superioridade dos valores de FR, FC, TR e ICB observados à tarde é decorrente do aumento da temperatura do ar ao longo do dia, além do fato da radiação solar aumentar ao longo da manhã e atingir seu valor máximo próximo do meio-dia (SILVA JÚNIOR et al., 2006). Os resultados de FR e TR foram mais baixos do que os previamente publicados para machos bubalinos avaliados durante a manhã (26,8mov/min e 38,4°C) e a tarde (34,5mov/min e 38,7°C), quando a temperatura do ar era, respectivamente, de 26,2 e 32,0°C (GUIMARÃES et al.,2001). Isso demonstrou a capacidade de resposta de curto prazo dos animais experimentais ao calor, ou seja, dentro de horas.

A correlação significativa entre o ITU médio do microclima e a TR revelou aumento da temperatura interna corporal em função do aumento da temperatura e da umidade relativa do ar. Em termos bioclimatológicos, pode-se considerar como mais eficiente o indivíduo que possui a capacidade de manter a temperatura corporal, independente do aumento da temperatura ambiente (SILVA, 1973) Na

prática, indivíduos que apresentassem correlação nula ou negativa entre o ITU e a TR deveriam ser considerados como de escolha em programas de seleção de animais para produção de alimentos nos trópicos, principalmente touros, que são responsáveis por grande parte da contribuição genética em um rebanho (MARCONDES et al., 2010).

Em relação aos parâmetros hematológicos, os valores de hemácias e hemoglobina não apresentaram variação, corroborando os achados de Silva et al. (2011b) e Gomes et al. (2010). Os resultados obtidos também são concordantes aos dados de Vilela (2013), que não observou mudanças nesses parâmetros em búfalos, quando a temperatura do ar ao longo do dia oscilou de 26,2 para 36°C. Já a elevação do hematócrito em junho pode ser explicada pelo aumento da temperatura média do ar (26,5°C), o que gerou maior ativação dos mecanismos de termólise e consequente perda de água corpórea por mecanismos evaporativos, levando à hemoconcentração (SILVA et al., 2011b; BERNARDINI et al., 2012). Os valores médios observados de hematócrito foram superiores aos valores previamente relatados para animais adultos criados em ambiente tropical no Brasil (GOMES et al., 2010; SILVA et al., 2011b; VILELA, 2013), na Colômbia (LONDOÑO et al., 2012) e no Paquistão (AKHTAR et al., 2007).

O VCM e o CHCM médios observados variaram, mas os resultados foram semelhante aos valores médios descritos para búfalos de cinco a sete anos de idade (CIARAMELLA et al., 2005; GOMES et al., 2010). A variação de HCM ao longo dos meses também pode ser considerada fisiológica, uma vez que os valores se mantiveram praticamente contidos na faixa de valores de referência para búfalos, de 13,5 a 20,5pg (MONTEIRO et al., 2013). Os valores de plaquetas encontrados no presente trabalho estão dentro da faixa considerada normal para grandes

ruminantes ( $100$  a  $800 \times 10^3/\mu\text{L}$ ) (MORRIS, 1993), mas são inferiores ao observado para fêmeas bubalinas adultas ( $300 \times 10^3/\mu\text{L}$ ) (CIARAMELLA et al., 2005). Os constituintes do leucograma apresentaram médias concordantes aos valores citados na literatura para búfalos criados em ambientes tropicais (AKHTAR et al., 2007; LONDOÑO et al., 2012; VILELA, 2013).

Os parâmetros seminais não apresentaram interferências negativas significativas ao longo dos meses. Os valores de volume, turbilhonamento e vigor foram pouco menores do que os previamente descritos para touros bubalinos criados em clima tropical úmido, de  $3,6 \pm 1,9\text{mL}$ ,  $2,9 \pm 1,9$  e  $3,6 \pm 1,0$  (SANTOS et al., 2014). Contudo, a motilidade espermática progressiva e a integridade de membrana plasmática foram mais elevadas que as observadas pelos mesmos autores, de  $59,3 \pm 20,5\%$  e  $68,0 \pm 19,5\%$ , respectivamente. Os resultados obtidos corroboram, também, aqueles observados por Koonjaenak et al. (2007) em sêmen de búfalos coletados durante a estação chuvosa no sudeste asiático. Concordam, também, com os dados de Silva et al. (2014b) quanto à integridade de membrana plasmática ( $68,18 \pm 10,59\%$ ) e defeitos totais ( $20,43 \pm 9,63\%$ ), características de importância maior quando são considerados touros em regime de colheita de sêmen para criopreservação. De acordo com os padrões andrológicos para bubalinos, os valores descritos no presente trabalho se encontram dentro dos recomendados para sêmen *in natura* de ejaculados coletados com vagina artificial (CBRA, 2013), com exceção do turbilhonamento, que apresentou valor médio de 0,5 ponto aquém.

Embora não tenham sido observados valores absolutos de IMP abaixo de 65%, o que caracteriza condição adequada para uso do sêmen em biotécnicas da reprodução animal, a correlação negativa encontrada entre essa variável e o ITU médio demonstra que a temperatura e umidade do ar podem ter impactos negativos

na qualidade seminal, principalmente sobre a estrutura da membrana espermática, a qual consiste em pré-requisito para o sucesso de eventos relacionados à fertilização, como a capacitação espermática, a ligação do espermatozoide à zona pelúcida e a reação acrossomal (SANTOS et al., 2014). Supõe-se que essa correlação possa ser explicada, em parte, pelas diferenças individuais quanto à capacidade de termorregulação escrotal, que também pode afetar a qualidade do ejaculado (GARCIA et al. 2010).

#### 4.5 CONCLUSÃO

Touros bubalinos mantidos em região de clima tropical úmido apresentam variações no conforto térmico durante os períodos mais quentes do dia e também durante o período de transição entre as épocas mais e menos chuvosas do ano. No entanto, os animais possuem um eficiente sistema termorregulatório, que é acionado nos períodos mais críticos, possibilitando rapidamente compensar os ganhos calóricos e conservar sua homeotermia, com manutenção dos parâmetros fisiológicos, hematológicos e seminais em níveis considerados normais. Como a qualidade seminal está, até certo ponto, associada às oscilações de temperatura e umidade do ar, o que pode justificar a recomendação de um manejo diferenciado para touros mantidos em centrais de inseminação artificial, com oferta de áreas de sombreamento natural para descanso, além de sugerir a seleção futura de machos bubalinos com maior tolerância ao calor.



#### 4.6 REFERÊNCIAS

- Ablas, D.S., Titto, E.A.L., Pereira, A.M.F., Titto, C.G. and Leme, T.M.C., 2007. Comportamento de bubalinos a pasto frente à disponibilidade de sombra e água para imersão, *Ciência Animal Brasileira*, 8 (2), 167-175.
- Akhtar, M.Z., Khan, A., Khan, M.Z. and Muhammad, G., 2007. Haemato-biochemical aspects of parturient haemoglobinuria in buffalo, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 31 (2), 119-123.
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M. and Sparovek, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil, *Meteorologische Zeitschrift*, 22 (6), 711-728.
- Benezra, M.V., 1954. A new index measuring the adaptability of cattle to tropical conditions, *Journal of Animal Science*, 13 (4), 1015.
- Bernardini, D., Gerardi, G., Peli, A., Nanni Costa, L., Amadori, M. and Segato, S., 2012. The effects of different environmental conditions on thermoregulation and clinical and hematological variables in long-distance road-transported calves, *Journal of Animal Science*, 90, 1183-1191.
- Blom, E., 1973. The ultrastructure of some characteristics sperm defects and a proposal for a new classification on the bull spermogram, *Nordisk Veterinær Medicin*, 25, 383-391.
- Castro, A.C., Lourenço Júnior, J.B., Santos, N.F.A., Monteiro, E.M.M., Aviz, M.A.B. and Garcia, A.R., 2008. Sistema silvipastoril na Amazônia: ferramenta para elevar o desempenho produtivo de búfalos, *Ciência Animal (UFSC)*, 38, 2395-2402.
- Ciaramella, P., Corona, M., Ambrosio, R., Consalvo, F. and Persechino, A., 2005. Haematological profile on non-lactating Mediterranean buffaloes (*Bubalus bubalis*) ranging in age from 24 months to 14 years, *Research in Veterinary Science*, 79, 77-80.
- Colégio Brasileiro de Reprodução Animal, 2013. Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal. 3 ed. (CBRA, Belo horizonte) .
- Costa, L.A.B., 2007. Índices de conforto térmico e adaptabilidade de fêmeas bubalinas em pastejo no agreste de Pernambuco. (MSc thesis, Federal Rural University of Pernambuco).
- Das, S.K., Upadhyay, R.C. and Madan, M.L., 1999. Heat stress in Murrah buffalo calves, *Livestock Production Science*, 61, 71-78.
- Food and Agricultural Organization of the United Nations. FAO. Production. 2011. <http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD>. Accessed 26 March 2014.

França, R.T., Lopes, S.T.A., Martins, D.B., Costa, M.M., Leal, M.L.R., Mazzanti, C.M.A., Schuh, R. and Dornelles, G.L., 2011. Valores hematológicos de búfalos em diferentes faixas etárias criados na região central do Rio Grande do Sul, *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, 18 (1), 51-54.

Garcia, A.R., 2004. Efeitos do estresse térmico testicular e do uso da somatotropina recombinante bovina nas características seminais, integridade de membranas, função mitocondrial e estrutura da cromatina de espermatozoides de touros Simental (*Bos taurus taurus*), (PhD thesis, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, University of São Paulo), 258p.

Garcia, A.R., Matos, L.B., Lourenço Júnior, J.B., Nahúm, B.S., Araújo, C.V. and Santos, A.X., 2011. Variáveis fisiológicas de búfalas leiteiras criadas sob sombreamento em sistemas silvipastoris, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46 (10), 1409-1414.

Garcia, A.R., 2013. Conforto térmico na reprodução de bubalinos criados em condições tropicais, *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 37 (2), 121-130.

Garcia, O.S., Vale, W.G., Garcia, A.R., Ribeiro, H.F.L., Ferro, R.S., Rolim Filho, S.T. and Sousa, E.M., 2010. Experimental study of testicular insulation in buffalo, *Revista Veterinária*, 21, Supl 1, 889-891.

Gaughan, J.B., Mader, T.L., Holt, S.M., Josey, M.J. and Rowan, K.J., 1999. Heat tolerance of Boran and Tuli crossbred steers, *Journal of Animal Science*, 77, 2398-2405.

Gomes, V., Benesi, F.J., Moura, J.A., Madureira, K.M., Baptistella, F., Kitamura, S.S. and Blagitz, M.G., 2010. Valores de referência e influência da idade no eritrograma de bubalinos da raça Murrah, *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 30 (4), 301-304.

Gudev, D., Popova-Ralcheva, S., Moneva, P., Aleksiev, Y., Peeva, T., Penchev, P. and Ilieva, I., 2007a. Physiological indices in buffaloes exposed to sun, *Archiva Zootechnica*, 10, 127-133.

Gudev, D., Popova-Ralcheva, S., Moneva, P., Aleksiev, Y., Peeva, T., Ilieva, Y. and Penchev, P. 2007b. Effect of heat-stress on some physiological and biochemical parameters in buffaloes, *Italian Journal of Animal Science*, 6, 1325-1328.

Guimarães, C.C.C., Falco, J.E., Titto, E.A.L., Franzolin Neto, R. and Muniz, J.A., 2001. Termorregulação em bubalinos submetidos a duas temperaturas de ar e duas proporções de volumoso: concentrado, *Ciência e Agrotecnologia*, 25 (2), 437-443.

Haque, N., Ludri, A., Hossain, S.A. and Ashutosh, M., 2012. Comparative studies on temperature threshold for heat shock protein 70 induction in young and adult Murrah buffaloes, *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 96, 920-929.

Hubbard, K.G., Stooksbury, D.E., Hahn, G.L. and Mader, T.L., 1999. A climatological perspective on feedlot cattle performance and mortality related to the temperature-humidity index, *Journal of Production Agriculture*, 12, 650-653.

IPCC, 2013. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Iqbal, M., Aleem, M., Ijaz, A., Rehman, H. and Yousaf, M.S., 2010. Assessment of buffalo semen with the 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide reduction assay, *Journal of Animal Science*, 88, 922-925.

Joel, M.R.S.P., Lourenço Júnior, J.B., Faturi, C., Garcia, A.R., Nahúm, B.S., Lourenço, L.F.H., Silva, L.H.M. and Oliveira, K.C.C., 2012. Carcass quality of buffalo (*Bubalus bubalis*) finished in silvopastoral system in the Eastern Amazon, Brazil, *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 64, 1045-1052.

Kastelic, J.P., 2014. Understanding and evaluating bovine testes, *Theriogenology*, 81, 18-23.

Khongdee, T., Sripoon, S. and Vajrabukka, C., 2013. The effects of high temperature and roof modification on physiological responses of swamp buffalo (*Bubalus bubalis*) in the tropics, *International Journal of Biometeorology*, 57, 349-354.

Koga, A., Sugiyama, M., Del Barrio, A.N., Lapitan, R.M., Arenda, B.R., Robles, A.Y., Cruz, L.C. and Kanai, Y., 2004. Comparison of the thermoregulatory response of buffaloes and tropical cattle, using fluctuations in rectal temperature, skin temperature and haematocrit as an index, *Journal of Agricultural Science*, 142, 351-355.

Koonjaenak, S., Chanatinart, V., Ekwall, H., Rodriguez-Martinez, H., 2007. Morphological Features of Spermatozoa of Swamp Buffalo AI Bulls in Thailand, *Journal of Veterinary Medicine*, 54, 169-178.

Lemy, E., Van Harten, S., Sales-Baptista, S., Guerra, M.M.M. and Almeida, A.M., 2012. Factors influencing livestock productivity. In: V. Sejian, S.M.K. Naqvi, T. Ezeji, J. Lakritz and R. Lal (eds.), *Environmental Stress and Amelioration in Livestock Production* (Springer-Verlag, Berlin; Heidelberg), 20-46.

Londoño, C., Sánchez, E.N., Sanmiguel, G.A.P., 2012. Parámetros fisiológicos y valores hematológicos normales en búfalos (*Bubalus bubalis*) del Magdalena Medio colombiano, *Revue de Médecine Vétérinaire*, 23, 51-54.

Mader, T.L., Davis, M.S., Gaughan, J.B., 2007. Effect of sprinkling on feedlot microclimate and cattle behavior, *International Journal of Biometeorology*, 51, p.541-551.

Malama, E., Bollwein, H., Taitzoglou, I.A., Theodosiou, T., Boscós, C.M. and Kiossis, E., 2013. Chromatin integrity of ram spermatozoa. Relationships to annual fluctuations of scrotal surface temperature and temperature-humidity index, *Theriogenology*, 80, 533-541.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 48, de 17 de Julho de 2003.

Marai, I.F.M., Haeeb, A.A.M., 2010. Buffalo's biological functions as affected by heat stress: a review, *Livestock Science*, 127, 89-109.

Marcondes, C.R., Vozzi, P.A., Cunha, B.R.N., Lôbo, R.B., Araújo, C.V., Marques, J.R.F., 2010. Variabilidade genética de búfalos em rebanho-núcleo com base na análise de pedigree. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 62 (3), 706-711.

Monteiro, M.V.B., Fontes, G.D., Leão, A.J.N., Oliveira, C.M.C., Barbosa, J.D., Ritter, R.A., Jorge, E.M., Silva, C.J.O. and Lima, M.B., 2013. Validação dos intervalos de referência para hematologia de búfalos da raça Murrah criados na Amazônia Oriental. In: *Proceedings of the X Congresso Brasileiro de Buiatria*, Belém, 2013 (Associação Brasileira de Buiatria, São Paulo)

Moraes, B.C., Costa, J.M.N., Costa, A.C.L., Costa, M.H., 2005. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará, *Acta Amazonica*, 35 (2), 207-214.

Moraes Júnior, J.R., Garcia, A.R., Santos N.F.A., Nahúm, B.S., Lourenço Junior, J.B., Araújo, C.V. and Costa, N.A., 2010. Conforto ambiental de bezerros bubalinos (*Bubalus bubalis* Linnaeus, 1758) em sistemas silvipastoris na Amazônia Oriental, *Acta Amazonica*, 40 (4), 629-640.

Morris, D.D., 1993. Alterações no perfil de coagulação. In: *Smith, B.P. Tratado de Medicina Interna de Grandes Animais (Manole, São Paulo)*, 457-464.

Rosenberger, G., Dirksen, G., Gründer, H.D., Grunert, E., Krause, D., Stöber, M., 1993. Exame clínico dos bovinos (Guanabara Koogan, Rio de Janeiro) 420p.

Santos, A.X., Kahwage, P.R., Faturi, C., Nahúm, B.S., Lourenço Junior, J.B., Joele, M.R.S.P. and Garcia, A.R., 2014. Feed supplementation with palm kernel cake-based concentrate increases the quality of water buffalo semen. *Animal Reproduction*, in press.

SAS - Statistical Analysis System Institute., 2011. *Base SAS 9.3 Procedures Guide*, (Cary, NC: USA).

Silva, G.R., 2012. Efeito da utilização do óleo de dendê na dieta sobre a qualidade do sêmen in natura de búfalos (*Bubalus bubalis*) criados em Belém, Pará, (Dissertação, Mestrado em Ciência Animal, Universidade Federal do Pará), 64p.

Silva, G.R., Garcia, A.R., Faturi, C., Lourenço Junior, J.B., Nahúm, B.S., Gonçalves, A.A., Kawhage, P.R., Silva, L.H.M. and Meneses, A.M.C., 2014b. Adição de óleo de palma na dieta sobre a lipídemia e a qualidade do sêmen de bubalinos (*Bubalus bubalis*), *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 66 (1), 152-160.

Silva, J.A.R., Araújo, A.A., Lourenço Junior, J.B., Santos N.F.A., Garcia, A.R. and Nahúm, B.S., 2011a. Conforto térmico de búfalas em sistema silvipastoril na Amazônia Oriental, Pesquisa Agropecuária Brasileira, 46, 1364-1371.

Silva, J.A.R., Araújo, A.A., Lourenço Júnior, J.B., Viana, R.B., Santos, N.F.A. and Garcia, A.R., 2011b. Perfil hematológico de búfalas da raça Murrah, criadas ao sol e à sombra, em clima tropical da Amazônia Oriental, Acta Amazonica, 41, 425-430.

Silva, J.A.R., Araújo, A.A., Lourenço Júnior, J.B., Santos, N.F.A., Viana, R.B., Garcia, A.R., Rondina, D. and Grise, M.M., 2014a. Hormonal changes in female buffalos under shading in tropical climate of Eastern Amazon, Brasil, Revista Brasileira de Zootecnia, 43, 44-48.

Silva, R.G., 1973. Estudos básicos para seleção de gado de corte para regiões tropicais visando ganho de peso e resistência ao calor. (MSc, thesis, Ribeirão Preto Medical School, University of São Paulo).

Silva, R.G., 2000. Introdução à Bioclimatologia Animal. 1. ed (Nobel, São Paulo).

Silva Júnior, J.A., Costa, R.F., Costa, A.C.L., Gonçalves, P.H.L., Braga, A.P., Malhi, Y.S., Aragão, L.E.O.C.A. and Meir, P., 2006. Sazonalidade de elementos meteorológicos em ecossistema de manguezal na região equatorial, Pará, Brasil, Revista Brasileira de Meteorologia, 21 (3), 241-247.

Singh, M., Chaudhari, B.K., Singh, J.K., Singh, A.K. and Maurya, P.K., 2013. Effects of thermal load on buffalo reproductive performance during summer season, Journal of Biological Science, 11, 1-8.

Somparn, P., Gibb, M.J., Markvichitr, K., Chaiyabutr, N., Thummabood, S. and Vajrabukka, C., 2004. Analysis of climatic risk for cattle and buffalo production in northeast Thailand, International Journal of Biometeorology, 49, 59-64.

Starr, J.R., 1981. Climate and the need for housing. In: Clark J.A. (ed). Aspects of housing for animal production. (Butterworths, London), 19-35.

Thom, E.C., 1959. The discomfort index, Weatherwise, 12 (7), 57-59.

Vale, W.G., Ribeiro, H.F.L., Sousa, J.S. and Ohashi, O.M., 1984. Inseminação artificial em búfalos (*Bubalus bubalis*) na região Amazônica. In: Proceedings of the 19th Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária, Belém, PA (Sociedade Brasileira de Medicina Veterinária; Brasília, DF), 91.

Vale, W.G., 2002. Reproductive management of buffalo male aiming semen production for artificial insemination. In: Proceeding of the 1<sup>st</sup> Buffalo Symposium of Americas, Belém, PA, (APCB; Belém), 156-171.

Valente, M.A., Silva, J. and Rodrigues, T.E., 2001. Solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Município de Castanhal, Estado do Pará, (Embrapa ISSN 1517-2201, Belém)

Vilela, R.A., 2013. Efeito do ambiente térmico na fisiologia adaptativa de bubalinos, (PhD thesis, Faculty of Animal Science and Food Engineering, University of São Paulo), 110p.

## **5 APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA NA AVALIAÇÃO DE TEMPERATURAS SUPERFICIAIS DE TOUROS BUBALINOS (*Bubalus bubalis*) CRIADOS EM AMBIENTE TROPICAL**

*\* Artigo será submetido à revista "Tropical Animal Health and Production"*

*Application of infrared thermography to assess superficial temperatures of buffaloes bulls (*Bubalus bubalis*) raised under tropical condition*

### **RESUMO**

A produção de búfalos possui grande potencial econômico, mas grande parte está localizada na região intertropical, onde predominam elevadas temperaturas do ar. A busca por estudos que avaliem o conforto animal de modo não invasivo está cada vez maior. Portanto, o presente trabalho avaliou a utilização da técnica de termografia infravermelha na determinação das temperaturas superficiais de bubalinos. Foram realizadas mensurações de FR e TR para o cálculo de ICB e capturadas imagens termográficas das regiões GLO, FLd, FLe e ESC em dez búfalos machos, e através da temperatura e umidade relativa do ar foi calculado o ITU. O ITU apresentou diferença somente entre turnos ( $P < 0,05$ ). O ICB apresentou diferença ( $P < 0,05$ ) entre turnos e ao longo dos meses. Para os valores de TR, GLO, FLd, FLe e ESC houve diferença ( $P < 0,05$ ) tanto para o turno quanto para os meses. As maiores correlações obtidas entre ITU e temperaturas superficiais foram entre ITUmed e FLdmed (0,77;  $P < 0,0001$ ), ITUmed e FLe med (0,75;  $P < 0,0001$ ), ITUmed e GLO (0,72; ;  $P < 0,0001$ ), e ITUmed e ESC (0,41;  $P < 0,0001$ ). A maior correlação entre temperatura interna e temperatura superficial foi de TR e GLOmax (0,58;  $P < 0,0001$ ). Isto mostra que os animais sofrem interferências das variações

climáticas e que a termografia infravermelha pode ser utilizada para investigação de eventos relacionados a fisiologia animal.

Palavras-chave: Bem-estar animal. Búfalo doméstico. Imagem infravermelha. Índice de temperatura e umidade. Temperatura interna. Temperatura testicular.

## 5.1 INTRODUÇÃO

O bubalino é uma espécie animal de grande potencial econômico e o rebanho mundial tem crescido a uma taxa anual superior a 2% nas últimas duas décadas, principalmente nos países em desenvolvimento (SETHI, 2013). O búfalo é uma espécie animal homeotérmica, mas quando submetido à elevada carga térmica radiante pode manifestar desconforto térmico (KELLY e BOND, 1971). Tecnologias de monitoramento ambiental e animal vêm sendo empregadas na chamada "pecuária de precisão", e têm constituído alternativas para auxiliar na mensuração dos efeitos ambientais sobre a produção e reprodução animal, a fim de dar suporte aos gestores de rebanhos em suas tomadas de decisões quanto ao manejo dos animais (ROBERTO et al., 2011).

A busca por técnicas não invasivas para avaliação de animais de produção tem levado ao desenvolvimento de biosensores, *minidataloggers*, *softwares* especiais e equipamentos mais complexos, que sejam capazes de avaliar de modo confiável a fisiologia normal e as condições de estresse agudo ou crônico (KAMERMAN et al., 2001). A termografia infravermelha (IRT, do inglês *Infrared Thermography*) pode ser uma ferramenta útil para este fim e tem sido utilizada em vários campos da Medicina Veterinária (LUZI et al., 2013). Grande atenção tem sido



dada ao uso da IRT como ferramenta auxiliar no diagnóstico precoce de doenças infecciosas do trato respiratório (SCHAEFER et al., 2012), no diagnóstico e avaliação do tratamento de desordens podais (STOKES et al., 2012), na avaliação de animais atletas (MOURA et al., 2011), na investigação da temperatura da superficial corporal dos animais e sua capacidade de termorregulação (MARTELLO et al., 2010), e no monitoramento da emissão de metano em ruminantes (MONTANHOLI et al. 2008).

Assim, os trabalhos com IRT têm sido concentrados em algumas espécies animais, como bovinos (SCHAEFER et al., 2007; RAINWATER-LOVETT et al., 2009), equinos (BOWERS et al., 2009; VALERA et al., 2012), ovinos (CAPRARO et al., 2008), caprinos (LOPES et al., 2012) e suínos (WESCHENFELDER et al., 2013). No entanto, trabalhos com uso de IRT para a espécie bubalina ainda não estão descritos na literatura, e, portanto, ainda são desconhecidos os padrões termográficos para búfalos. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a utilização da técnica de termografia infravermelha na determinação das temperaturas superficiais de globo ocular, flanco e escroto, de acordo com a variação do clima tropical e do conforto térmico animal.

## 5.2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.2.1 Local e animais experimentais

O experimento foi realizado na Central de Biotecnologia de Reprodução Animal (CEBRAN), pertencente à Universidade Federal do Pará, localizada no município de Castanhal (1°18'18" S e 47°56'36" W), Pará, Brasil. A região possui tipo

climático tropical úmido, classificado em Afi segundo Köppen (VALENTE et al., 2001) e apresenta precipitação pluviométrica anual entre 2300 e 2800 milímetros (MORAES et al., 2005), sendo a média mensal do mês mais seco maior ou igual a 60mm (ALVARES et al., 2013). Os procedimentos experimentais realizados seguiram as normas de experimentação adotadas no serviço público federal, sendo previamente aprovados pelo comitê Técnico Interno da Embrapa Amazônia Oriental, empresa vinculada ao Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento, do Brasil.

Foram utilizados 10 touros búfalos (*Bubalus bubalis*) (55,0±8,9 meses; 701,4±82,8kg), durante cinco meses experimentais (abril a agosto de 2013). Os animais apresentavam-se clinicamente saudáveis e passaram por quarentena e controle sanitário conforme normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Brasileiro (MAPA, 2003). Durante o experimento os animais foram mantidos em baias coletivas descobertas, de piso concretado e laterais de cordoalhas (18m<sup>2</sup>/animal). Em uma das laterais, na parte externa das baias, havia essências florestais (*Ficus benjamina*) plantadas em linha com 8,5 metros de espaçamento. A folhagem era densa e as árvores possuíam aproximadamente 14 metros de altura, projetando sombra (7m<sup>2</sup>/animal) na parte interna das baias ao longo do dia. Os animais tinham acesso *ad libitum* ao bebedouro automático e cocho, sendo a alimentação ofertada em dois horários (8h00 e 16h00) do dia, sendo a mesma composta por forragem triturada (*Pennisetum purpureum*) e concentrado com 30% composto de resíduo de feijão, 68,5% de farelo de trigo e 1,5% de mistura mineral, sendo o concentrado calculado em oferta de 1% do peso vivo dos animais e o volumoso ofertado a vontade. Os animais eram manejados intensivamente conforme convencionalmente adotado em centrais de inseminação artificial.

### 5.2.2 Coleta de dados ambientais e cálculo do ITU

Para a caracterização climática ao longo do período experimental, foram utilizados dados meteorológicos de radiação solar, precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar, obtidos em estação meteorológica de superfície automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A estação era composta por sensores acoplados à unidade de memória central, que registravam os valores observados minuto a minuto (1°18'03" S e 47°56'51" W). A estação localizava-se aproximadamente a 750 metros do local onde os animais eram mantidos.

No interior das baías, para caracterização do microclima, foram instalados três *dataloggers* (Marca HOBO<sup>®</sup>, Modelo U12-012, Onset Computer Corporation, Bourne, MA, EUA) que monitoraram a temperatura (°C) e a umidade relativa do ar (%) (MALAMA et al., 2013). Os *dataloggers* foram suspensos a 2,0 metros do solo, equidistantes horizontalmente por 19 metros e mantidos em abrigos meteorológicos confeccionados para proteção contra água e luz solar direta (MADER et al., 2007). A cada 15 minutos, os dados eram registrados, e totalizaram 14.592 informações durante o período experimental. Os dados foram transferidos por meio de *software* específico (HOBOWare<sup>®</sup> Lite 3.1.0, Onset Computer Corporation, Bourne, MA, EUA), para um computador portátil.

Para indicativo de carga térmica (GAUGHAN et al., 1999), o índice de temperatura e umidade (ITU) foi calculado, conforme fórmula a seguir:

$$\text{ITU} = (0,8T_a) + (UR/100) [(T_a - 14,4) + 46,4]$$

Onde:  $T_a$  é a temperatura do ar em termômetro de bulbo seco (°C) e UR é a umidade relativa do ar (%) (THOM, 1959). Foram usadas as médias dos valores

registrados pelos três *dataloggers*, referentes aos períodos do dia coincidentes aos horários das aferições de parâmetros fisiológicos (manhã: 06h00 às 09h00; tarde: 12h00 às 15h00), para o cálculo de ITU do microclima das baias e posterior correlação com os dados fisiológicos dos animais. De acordo com Somparn et al. (2004), quando os búfalos são submetidos a valores de ITU menores ou iguais a 74, não exprimem desconforto ou estresse. Já valores entre 75 a 78 indicam condição de alerta, valores entre 79 a 83 apontam condição de perigo e perceptível redução no desempenho, enquanto valores de ITU iguais ou superiores a 84 designam situação de emergência.

### **5.2.3 Coleta de parâmetros fisiológicos e cálculo de ICB**

Para determinação do índice de conforto térmico de Benezra (ICB) foi realizada a seguinte fórmula:

$$\text{ICB} = \text{TR}/38,33 + \text{FR}/23$$

Onde TR é a temperatura retal (°C) e FR é a frequência respiratória (mov/min). De acordo com Benezra (1954), valores resultantes próximos a dois (2,0) representam um alto grau de adaptabilidade ao meio ambiente e, sob condições similares, valores acima desse patamar indicam menor adaptabilidade. A frequência respiratória (FR) e a temperatura retal (TR) foram aferidas nos turnos da manhã (entre 06h00 e 09h00) e da tarde (entre 12h00 e 15h00). A FR foi determinada por observação da região tóraco-abdominal e contagem dos movimentos respiratórios, durante um minuto (mov/min). Para aferição da TR foi utilizado termômetro clínico veterinário, com escala até 44°C, introduzido no reto do animal e mantido durante pelo menos um minuto ou tempo requerido para estabilização da coluna de mercúrio, sendo o resultado expresso em graus centígrados (°C) (ROSENBERGER

et al., 1993). Os parâmetros fisiológicos foram aferidos com intervalos médios de 25 dias, em dois dias consecutivos de aferições, nos turnos da manhã e tarde, totalizando 28 coletas por animal.

#### **5.2.4 Realização da termografia infravermelha e análise das imagens**

As termografias infravermelhas foram realizadas por um único técnico, com câmera de IRT (FLIR Série A320, FLIR Systems, Inc., Wilsonville, OR, EUA), dotada lente fixa de 25 graus, com foco motorizado e escala de temperatura de -20 a 120°C. O equipamento apresentava sensibilidade térmica de 50mK (<0,05°C à temperatura ambiente de 30°C), escala espectral de 7,5 a 13µm e resolução óptica de 320x240 *pixels*. A emissividade foi ajustada para 0,98, conforme preconizado por Hoffmann et al. (2013). Para estabilização no momento da aquisição das imagens, a câmera foi fixada a um tripé. Um computador portátil foi acoplado à câmera IR visando exibição das regiões anatômicas em tela plana de 16 polegadas e melhor visualização no momento da aquisição de imagens. As imagens foram realizadas em múltiplos locais do corpo, incluindo flanco direito (FLd), flanco esquerdo (FLe), região do globo ocular (GLO) e escroto (ESC), sempre nesta sequência, com os animais devidamente contidos em brete (Figura 3).

Quaisquer sujidades e anteparos entre a região anatômica estudada e a câmera foram removidos, visando ampliar o campo de registro. O local de aquisição era abrigado de vento, radiação solar direta e chuvas, de modo a evitar possíveis interferências ambientais nas aferições (WESCHENFELDER et al., 2013).



Figura 3 – **a)** Captura de imagens infravermelhas da região do flanco direito (FLd), **b)** captura de imagens infravermelhas da região do globo ocular (GLO), **c)** captura de imagens infravermelhas da região do flanco esquerdo (FLe), **d)** captura de imagens infravermelhas da região do escroto (ESC).

Os parâmetros técnicos, tais como a emissividade da câmera e a distância entre a lente da câmera e as superfícies de globo ocular, flanco esquerdo, flanco direito (1,50m) e escroto (0,70m) foram controlados durante o procedimento da IRT. Em cada tomada de imagens, para cada ponto anatômico, foram registrados ininterruptamente de 30 a 40 *frames* sequenciais, de modo a compor vídeos. Esses foram armazenados em memória externa e posteriormente examinados, quadro a quadro, para escolha das imagens ideais a serem analisadas.

A avaliação das imagens e obtenção dos dados termográficos foram realizadas no Laboratório de Análise e Desenvolvimento do Espaço Construído (LADEC) pertencente à Universidade Federal do Pará (UFPA), localizado em Belém, Pará, Brasil. As imagens de GBO foram obtidas por traçado automático de um círculo sobre a região orbital ocular, incluindo o globo ocular e aproximadamente

mais 1cm da cavidade ocular, região que é muito sensível às mudanças termorregulatórias (SCHAEFER et al., 2007; HOFFMANN et al., 2013). Para análise do FLd e FLe, foi efetuado traçado em autoforma de polígono retangular, o qual foi sobreposto à região do flanco (MONTANHOLI et al., 2008). Para a análise de ESC, foi traçado um polígono retangular do polo ventral ao dorsal dos testículos, até a região do cone vascular testicular (COULTER et al., 1997). O número total de imagens selecionadas para avaliação termográfica foi de 1064, sendo 266 de cada estrutura estudada (133 imagens para o turno da manhã e 133 imagens para tarde). As imagens de IRT foram analisadas utilizando o *software ThermaCAM Researcher Professional* (versão 2.9, FLIR Systems, Inc., Wilsonville, OR, EUA), para determinação das temperaturas máxima, média e mínima (°C), para utilização em análise estatística subsequente.

#### **5.2.5 Análise estatística**

Para todas as variáveis estudadas foi realizada a estatística descritiva dos dados, contemplando tamanho da amostra, valores mínimos, máximos e amplitude observada. Na sequência, foi verificada a normalidade de distribuição dos dados. Os dados foram analisados usando o modelo linear geral (GLM) do *software SAS*, versão 9.3 (SAS, 2011). As comparações de médias entre turnos (manhã e tarde) foram executadas por análise de variância e teste F. Para as médias com diferença significativa ao longo do tempo, foi utilizado o teste de Tukey. Nas análises de correlação, foi utilizado o teste de Pearson. Em todas as análises estatísticas, o nível de significância adotado foi de  $P < 0,05$ .

### 5.3 RESULTADOS

A temperatura máxima do ar diária apresentou ao longo do experimento média geral de  $31,5 \pm 0,8^\circ\text{C}$ , com oscilação de 31,1 a  $31,8^\circ\text{C}$  (Tabela 5). Já a umidade máxima do ar oscilou entre 92,2 e 94,2% ao longo dos meses, com média máxima geral de 93,2%. A precipitação pluviométrica acumulada foi maior em abril, com 284 mm, e o mês de menor pluviosidade foi junho, com 118 mm. A radiação solar apresentou menores níveis em abril e maio (620,514 e 651,152 KJ/m<sup>2</sup>), com elevação ao longo dos meses, chegando ao maior valor registrado em julho, de 716,247KJ/m<sup>2</sup>.

Tabela 6 - Valores de dados climatológicos durante os meses de abril a agosto registrados em estação meteorológica automática em Castanhal, Pará, Brasil.

	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto
MedTpMax	31,1	31,5	31,8	31,3	31,6
MedUrMax	93,7	94,2	92,9	93,0	92,2
PrecAcu	284,00	191,60	118,00	251,40	125,20
MedRadSol	620,514	651,152	710,356	716,247	714,578

*MedTpMax* média da temperatura máxima mensal ( $^\circ\text{C}$ ), *MedUrMax* média da umidade relativa máxima mensal (%), *PrecAcu* precipitação pluviométrica acumulada no mês (mm), *MedRadSol* radiação solar média mensal (Kj/m<sup>2</sup>).

O ITU médio observado ao longo do tempo foi sempre superior a 78, sem diferenças entre os meses ( $P > 0,05$ ). No turno da tarde, o ITU foi sempre mais elevado que no turno da manhã ( $P < 0,05$ ), com maiores incrementos (4 a 6 pontos) nos meses de junho, julho e agosto (Tabela 6). Houve aumento no valor do ICB tanto entre turnos, quanto ao longo dos meses. A média geral do ICB foi de  $2,00 \pm 0,10$  e  $2,13 \pm 0,16$  nos turnos da manhã e tarde, respectivamente, com diferença estatística ( $P < 0,05$ ). Ao longo do tempo, o ICB manteve-se inicialmente estável



(1,96) durante os meses de abril e maio. A partir de junho, apresentou acréscimo gradual, alcançando os maiores valores ( $P < 0,05$ ) nos meses de julho e agosto. As médias gerais do ITU e ICB, independentemente do turno, foram de  $79,7 \pm 3,1$  e  $2,06 \pm 0,15$ , respectivamente.

Tabela 7 - Valores médios e desvios padrão do ITU do microclima e do ICB para touros bubalinos (*Bubalus bubalis*), durante os turnos da manhã (06h00 às 09h00) e tarde (12h00 às 15h00), nos meses de abril a agosto, em Castanhal, Pará, Brasil.

	Turno	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Média Geral
ITU	M	$79,2 \pm 2,8^x$	$78,1 \pm 2,2^y$	$77,4 \pm 2,7^y$	$75,9 \pm 2,9^y$	$77,9 \pm 2,0^y$	$77,7 \pm 2,6^y$
	T	$82,1 \pm 2,9^x$	$80,5 \pm 1,5^x$	$83,4 \pm 0,8^x$	$80,4 \pm 2,3^x$	$82,1 \pm 1,3^x$	$81,8 \pm 2,1^x$
	Tt	$80,6 \pm 3,1$	$79,3 \pm 2,2$	$80,4 \pm 3,61$	$78,2 \pm 3,4$	$80,0 \pm 2,7$	$79,7 \pm 3,1$
ICB	M	$1,93 \pm 0,09^x$	$1,92 \pm 0,07^y$	$2,00 \pm 0,07^y$	$2,12 \pm 0,04^y$	$2,07 \pm 0,07^y$	$2,00 \pm 0,10^y$
	T	$1,99 \pm 0,07^x$	$2,01 \pm 0,05^x$	$2,08 \pm 0,06^x$	$2,38 \pm 0,10^x$	$2,30 \pm 0,14^x$	$2,13 \pm 0,16^x$
	Tt	$1,96 \pm 0,08^c$	$1,96 \pm 0,08^c$	$2,04 \pm 0,08^b$	$2,25 \pm 0,15^a$	$2,19 \pm 0,15^a$	$2,06 \pm 0,15$

ITU índice de temperatura e umidade, ICB índice de conforto térmico de Benezra, M manhã, T tarde, Tt total

<sup>a, b, c</sup> Médias dentro das linhas com sobrescritos diferentes são significativamente diferentes ( $P < 0,05$ )

<sup>x, y</sup> Médias dentro das colunas com sobrescritos diferentes são significativamente diferentes ( $P < 0,05$ )

A temperatura retal apresentou aumento significativo ( $P < 0,05$ ) do turno da manhã para o turno da tarde, independentemente do mês analisado (Tabela 7). As médias gerais dos turnos da manhã e tarde foram de  $38,0 \pm 0,5$  e  $38,4 \pm 0,4^\circ\text{C}$ , respectivamente, com diferença significativa ( $P < 0,05$ ). Durante o período experimental, houve oscilação da TR de  $37,8 \pm 0,7$  a  $38,4 \pm 0,4$ , sendo os valores máximos obtidos nos meses de abril e junho. Nos meses de julho e agosto foi registrada redução significativa ( $P < 0,05$ ) nos valores da TR, com médias de  $38,1 \pm 0,5$  e  $37,8 \pm 0,7$ , respectivamente. A média geral experimental, independentemente do momento da aferição, foi de  $38,2 \pm 0,2$ .

Tabela 8 - Valores médios e desvios padrão da temperatura retal e temperaturas superficiais de globo ocular, flanco direito, flanco esquerdo e escroto de touros bubalinos (*Bubalus bubalis*), registradas durante os turnos da manhã (06h00 às 09h00) e tarde (12h00 às 15h00), de abril a agosto, em Castanhal, Pará, Brasil.

	Turno	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Média Geral
TR	M	38,0±0,7 <sup>y</sup>	38,0±0,3 <sup>y</sup>	38,2±0,3 <sup>y</sup>	37,8±0,4 <sup>y</sup>	37,6±0,7 <sup>y</sup>	38,0±0,5 <sup>y</sup>
	T	38,9±0,4 <sup>x</sup>	38,4±0,3 <sup>x</sup>	38,6±0,3 <sup>x</sup>	38,5±0,3 <sup>x</sup>	38,0±0,6 <sup>x</sup>	38,4±0,4 <sup>x</sup>
	Tt	38,4±0,7 <sup>a</sup>	38,2±0,4 <sup>ab</sup>	38,4±0,4 <sup>a</sup>	38,1±0,5 <sup>bc</sup>	37,8±0,7 <sup>c</sup>	38,2±0,5
GLO	M	36,3±0,4 <sup>y</sup>	35,5±0,6 <sup>y</sup>	35,6±0,6 <sup>y</sup>	35,1±0,8 <sup>y</sup>	35,9±0,7 <sup>y</sup>	35,6±0,7 <sup>y</sup>
	T	36,8±0,5 <sup>x</sup>	36,4±0,5 <sup>x</sup>	36,9±0,7 <sup>x</sup>	36,6±0,5 <sup>x</sup>	36,8±0,7 <sup>x</sup>	36,7±0,6 <sup>x</sup>
	Tt	36,6±0,5 <sup>a</sup>	35,9±0,7 <sup>bc</sup>	36,3±0,9 <sup>ab</sup>	35,8±1,0 <sup>c</sup>	36,3±0,8 <sup>ab</sup>	36,1±0,8
FLd	M	34,3±1,9 <sup>x</sup>	31,9±1,8 <sup>y</sup>	31,7±1,9 <sup>y</sup>	30,0±1,4 <sup>y</sup>	32,8±2,0 <sup>y</sup>	31,9±2,1 <sup>y</sup>
	T	34,7±2,3 <sup>x</sup>	34,5±1,4 <sup>x</sup>	36,0±1,3 <sup>x</sup>	34,6±1,2 <sup>x</sup>	35,8±1,7 <sup>x</sup>	35,2±1,6 <sup>x</sup>
	Tt	34,5±2,1 <sup>a</sup>	33,2±2,1 <sup>bc</sup>	33,8±2,7 <sup>ab</sup>	32,3±2,6 <sup>c</sup>	34,5±2,4 <sup>ab</sup>	33,5±2,5
FLe	M	34,7±1,7 <sup>x</sup>	32,0±1,6 <sup>y</sup>	32,4±1,9 <sup>y</sup>	31,0±1,1 <sup>y</sup>	33,1±2,0 <sup>y</sup>	32,4±2,0 <sup>y</sup>
	T	34,9±2,1 <sup>x</sup>	34,6±1,7 <sup>x</sup>	36,2±1,3 <sup>x</sup>	34,9±1,3 <sup>x</sup>	36,2±1,7 <sup>x</sup>	35,4±1,7 <sup>x</sup>
	Tt	34,8±1,9 <sup>a</sup>	33,3±2,1 <sup>bc</sup>	34,3±2,5 <sup>ab</sup>	32,9±2,3 <sup>c</sup>	34,7±2,4 <sup>a</sup>	33,9±2,4
ESC	M	33,7±0,8 <sup>x</sup>	32,7±0,7 <sup>y</sup>	32,9±0,9 <sup>y</sup>	32,6±0,8 <sup>y</sup>	33,2±1,0 <sup>y</sup>	32,9±0,9 <sup>y</sup>
	T	33,7±1,2 <sup>x</sup>	33,3±1,0 <sup>x</sup>	34,1±1,1 <sup>x</sup>	33,6±1,3 <sup>x</sup>	34,1±1,5 <sup>x</sup>	33,7±1,2 <sup>x</sup>
	Tt	33,7±1,0 <sup>a</sup>	33,0±0,9 <sup>b</sup>	33,5±1,2 <sup>ab</sup>	33,1±1,2 <sup>b</sup>	33,7±1,3 <sup>a</sup>	33,3±1,1

TR temperatura retal, GLO temperatura superficial do globo ocular, FLd temperatura superficial do flanco direito, FLe temperatura superficial do flanco esquerdo, ESC temperatura superficial do escroto, M manhã, T tarde, Tt total

<sup>a, b, c</sup> Médias dentro das linhas com sobrescritos diferentes são significativamente diferentes (P<0,05)

<sup>x, y</sup> Médias dentro das colunas com sobrescritos diferentes são significativamente diferentes (P<0,05)

As temperaturas superficiais de GLO, FLd, FLe e ESC apresentaram acréscimo de temperatura do turno da manhã para a tarde. As maiores amplitudes observadas nas temperaturas superficiais (1,0 e 4,6°C) ocorreram nos meses de junho e julho, enquanto as menores amplitudes foram observadas em abril. Os valores de temperatura superficial de GLO apresentaram oscilações entre 35,8 e 36,6°C, com média geral, independente do turno de 36,1±0,8. Para as temperaturas superficiais de FLd e FLe a oscilação foram de 32,3 a 34,5°C e 32,9 a 34,8°C, respectivamente. Já a oscilação de temperatura superficial do ESC foi de 33,0 a 33,7°C. As variações de temperatura superficial ao longo dos meses apresentaram comportamentos bem semelhantes, com menores valores observados durante o mês de julho (P<0,05) para GLO, FLd e FLe. Houve redução nos valores de ESC nos meses de maio e julho (P<0,05).

Quanto às correlações obtidas entre as temperaturas médias superficiais com os valores médios do ITU e ICB, as significativas e mais elevadas foram entre ITUmed e FLdmed (0,77;  $P < 0,0001$ ), ITUmed e FLemed (0,75;  $P < 0,0001$ ), ITUmed e GLO (0,72;  $P < 0,0001$ ), e ITUmed e ESCmed (0,41;  $P < 0,0001$ ). Menores correlações positivas também foram observadas entre ITUmed e TR (0,40;  $P < 0,0001$ ), ITUmed e ICB (0,34;  $P < 0,0001$ ), ICB e ESCmed (0,25;  $P < 0,0001$ ) e ICB e TR (0,19;  $P < 0,0001$ ).

Os coeficientes de correlação entre a TR e as temperaturas superficiais apresentaram variação de 0,41 a 0,58 ( $P < 0,0001$ ), sendo o maior deles entre TR e GLOmax (Tabela 8). Correlações de menor intensidade também foram observadas entre TR e ESCmed (0,48), TR e FLdmed (0,49) e TR e FLemed (0,49). Maiores correlações foram encontradas entre as temperaturas superficiais, sendo de 0,77 para ESCmin e FLdmed e para ESCmin e FLemed. Já para ESCmax e FLdmed, a correlação observada foi de 0,60 e para ESCmax e FLemed de 0,61. Todas as correlações supracitadas tiveram valor de  $P < 0,0001$ .

Tabela 9 - Coeficientes de correlação de Pearson entre temperatura retal e temperaturas superficiais aferidas com termografia infravermelha em diferentes regiões anatómicas de touros bubalinos (*Bubalus bubalis*), durante os turnos da manhã (06h00 às 09h00) e tarde (12h00 às 15h00), nos meses de abril a agosto, em Castanhal, Pará, Brasil.

	TR	GLOmed	GLOmin	GLOmax	ESCmed	ESCmin	ESCmax	FLdmed	FLdmin	FLdmax	FLemed	FLemin	FLemax
TR	1,00												
GLOmed	0.5135*	1,00											
GLOmin	0.4111*	0.8739*	1,00										
GLOmax	0.5871*	0.8190*	0.6232*	1,00									
ESCmed	0.4825*	0.6117*	0.4306*	0.6551*	1,00								
ESCmin	0.4845*	0.7001*	0.6064*	0.6195*	0.8130*	1,00							
ESCmax	0.4186*	0.5319*	0.3443*	0.5804*	0.8880*	0.6430*	1,00						
FLdmed	0.4994*	0.8071*	0.7472*	0.6843*	0.6864*	0.7707*	0.6045*	1,00					
FLdmin	0.4712*	0.7843*	0.7448*	0.6532*	0.6399*	0.7595*	0.5390*	0.9633*	1,00				
FLdmax	0.4660*	0,7814*	0.7166*	0.6501*	0.6381*	0.7139*	0.5848*	0.9562*	0.8921*	1,00			
FLemed	0.4979*	0.8094*	0.7391*	0.6768*	0.6966*	0.7726*	0.6100*	0.9605*	0.9264*	0.9108*	1,00		
FLemin	0.4704*	0.7984*	0.7617*	0.6398*	0.6364*	0.7677*	0.5256*	0.9281*	0.9371*	0.8664*	0.9570*	1,00	
FLemax	0.4786*	0.7656*	0.6798*	0.6271*	0.6641*	0.7239*	0.6086*	0.9011*	0.8518*	0.8873*	0.9405*	0.8667*	1,00

TR temperatura retal, GLOmed temperatura superficial média do globo ocular, GLOmin temperatura superficial mínima do globo ocular, GLOmax temperatura superficial máxima do globo ocular, ESCmed temperatura superficial média do escroto, ESCmin temperatura superficial mínima do escroto, ESCmax temperatura superficial máxima do escroto, FLdmed temperatura superficial média do flanco direito, FLdmin temperatura superficial mínima do flanco direito, FLdmax temperatura superficial máxima do flanco direito, FLemed temperatura superficial média do flanco esquerdo, FLemin temperatura superficial mínima do flanco esquerdo, FLe max temperatura superficial máximo do flanco esquerdo

\* $P < 0.0001$

#### 5.4 DISCUSSÃO

Os dados climatológicos de temperatura e umidade relativa máxima do ar obtidos da estação meteorológica se encontram dentro da faixa descrita para regiões situadas na zona tropical, mais precisamente para as regiões onde, segundo a classificação de Köppen, prevalece o tipo climático Afi (ALVARES et al., 2013). Nas regiões de clima tropical úmido, há dois períodos definidos como, mais e menos chuvosos (VALENTE et al., 2001; ALVARES et al., 2013), sendo o mais chuvoso de dezembro a maio, e o menos chuvoso de junho a novembro. Portanto, os dados obtidos estão de acordo com os dados históricos encontrados para região, sendo que o mês de julho foi considerado um mês atípico em relação a média histórica (VALENTE et al., 2001). O período experimental compreendeu, portanto um período de transição estacional, no qual os búfalos podem se apresentar mais propensos ao estresse ambiental (SILVA et al., 2011). A radiação solar foi mais intensa no período menos chuvoso, devido à menor nebulosidade (MORAES et al., 2005; SILVA JÚNIOR et al., 2006).

Os valores de ITU registrados, sempre acima de 75 pontos, indicam que os animais estariam em condições de alerta ou perigo em relação ao conforto térmico (SOMPARN et al., 2004). No entanto, o valor médio observado corrobora os dados de Moraes Júnior et al. (2010) (entre 73,5 e 82,2) e Garcia et al. (2011) (entre 75,0 e 81,0), também realizados em locais de tipo climático Afi com bezerros e búfalas em lactação, respectivamente, sem apresentarem redução no desempenho zootécnico.

Os valores de ICB encontrados no presente trabalho foram semelhantes aos encontrados por Garcia et al. (2011) para búfalos adultos (1,7 a 2,4) e inferiores aos descrito por Moraes Júnior et al. (2010) para bezerros (2,8 a 3,0). O aumento do valor de ICB ao longo dos meses pode ter sido causado pela transição entre os

períodos mais e menos chuvosos do ano (SILVA et al., 2011), além da radiação solar mais intensa no início do período menos chuvoso, uma vez que, o búfalo têm grande capacidade de absorver radiação solar devido a pele possuir baixa refletividade (GARCIA, 2013).

Os maiores valores observados no ITU, ICB e TR no período da tarde foram decorrentes da elevação da temperatura do ar observada e da elevação da intensidade de radiação solar, que, de acordo com Silva Júnior et al. (2006), aumenta ao longo da manhã e atinge seu valor máximo por volta do meio-dia. Os valores de TR encontrados estão de acordo com os valores descritos por Haque et al. (2012), de 37,2°C e 38,9°C para animais mantidos em temperaturas de 22°C e 42°C, respectivamente. Apesar da variação de TR, esta se manteve dentro do considerado fisiológico (COSTA, 2007; SILVA et al. 2011). Portanto, os menores valores de TR nos meses de julho e agosto demonstram que os animais foram eficientes na execução da termólise, mantendo sua homeotermia.

O aumento da temperatura superficial do turno da manhã para tarde, possivelmente se deve ao fato do aumento da intensidade da radiação solar no decorrer do dia (MORAES JÚNIOR et al., 2006) e à predisposição do búfalo em absorver involuntariamente carga térmica (GARCIA, 2013). Além disso, a temperatura do corpo, mais especificamente a da superfície externa, está sujeita a maior influência das temperaturas ambientais e, portanto, são menos estáveis do que a temperatura interna corporea (MARTELLO et al., 2010). Portanto, com a elevação da radiação solar nos meses menos chuvosos, as temperaturas superficiais apresentaram maiores oscilações, ao contrário do mês de abril, mês de maior nebulosidade.

O valor de  $GLO_{max}$  encontrado no presente trabalho foi inferior ao descrito por Hoffmann et al. (2013), de  $36,9 \pm 0,9^{\circ}C$ , e superior ao descrito por Schaefer et al. (2012), de  $34,7 \pm 0,5^{\circ}C$ , que avaliaram bovinos adultos e bezerros, respectivamente. Já os valores obtidos para  $FLd$  e  $FLe$  são semelhantes aos descritos por Montanholi et al. (2008), de  $33,8 \pm 0,3$  e  $33,7 \pm 0,2^{\circ}C$ , respectivamente. Para  $ESC_{med}$ , os valores estão acima dos descritos por Coulter et al. (1988), de  $30,1^{\circ}C$ , e Lunstra e Coulter (1997), de  $26,7 \pm 0,2^{\circ}C$ , para ovinos e bovinos, respectivamente. Contudo, os últimos autores realizaram avaliações no mês de abril, em região de clima temperado no Canadá, onde as temperaturas do ar são sensivelmente menores e podem interferir mais diretamente na temperatura da superfície corpórea, a reduzindo.

Os coeficientes de correlação obtidos demonstram que todas as temperaturas superficiais avaliadas foram associadas positivamente com ITU e ICB. Sendo as correlações com o ITU de maior magnitude, isso indica que o aumento da temperatura superficial no animal está ligada à elevação da temperatura e umidade relativa do ar, e que o ICB possui menor participação na elevação das temperaturas superficiais. Os dados obtidos para correlações de temperatura do ar e de superfície dos animais corroboram os dados de Martello et al. (2010), que encontraram correlações na faixa de 0,66 a 0,72, para superfície corpórea e temperatura do ar. Quando avaliaram a correlação entre frequência respiratória (um dos componentes do ICB) e as temperaturas superficiais, os mesmos autores encontraram valores de correlação maiores (0,63 a 0,64) que o do presente trabalho.

Os resultados encontrados no presente trabalho indicam que a temperatura máxima da superfície do globo ocular possui maior correlação com a temperatura retal em touros bubalinos. Esse achado corrobora as observações de Schaefer et al. (2012) e Hoffmann et al. (2013), segundo os quais a temperatura máxima superficial

do globo ocular é a que melhor representa a temperatura retal em bovinos. Além disso, é o parâmetro termográfico mais indicado por sofrer menores interferências da temperatura ambiente durante a realização da IRT (GLOSTER et al., 2011). Quanto às regiões dos flancos direito e esquerdo, estas também podem ser associadas à TR de bubalinos em casos especiais, de inacessibilidade à região do globo ocular, porém com cautela, pois a região do flanco esquerdo apresenta uma elevação pós-prandial (MONTANHOLI et al., 2008).

Já a temperatura superficial da região escrotal sofre efeitos tanto da condição ambiental quanto da temperatura retal, pelo fato dos testículos serem órgãos extracavitários e apresentarem farto suprimento arterial e venoso. Ainda, o escroto tem particularidades quanto a seu mecanismo de termorregulação diferenciado, com pele escrotal fina, relativamente desprovida de pelos e com numerosos vasos sanguíneos subcutâneos, os quais promovem perda de calor (KASTELIC, 2014). No entanto, a utilização da termografia escrotal pode ser muito útil para complementações nas avaliações andrológicas. De acordo com Kastelic (2013), a termografia afere a temperatura da superfície dos testículos, podendo ser utilizada para avaliar se touros estão sendo expostos a estresses térmicos, uma vez que touros com termogramas simétricos e com amplitudes de 4 a 6°C são considerados normais. Outras correlações positivas observadas entre as temperaturas superficiais constituem informações relevantes, uma vez que podem ser utilizadas para avaliar fenômenos fisiológicos, através do estudo do padrão de temperatura superficial dos animais (MONTANHOLI et al., 2008).



## 5.5 CONCLUSÃO

Os touros bubalinos criados em clima tropical sofrem interferências das variações climáticas, principalmente da temperatura e umidade relativa do ar, sobre as temperaturas superficiais de globo ocular, flanco e escroto. Também, ocorre elevação dessas temperaturas superficiais ao longo do dia. Os dados mostraram que a temperatura máxima da superfície do globo ocular possui a maior correlação com a temperatura retal de touros bubalinos e que as oscilações de temperatura de superfície de globo ocular, flanco e escroto podem ser aferidas com uso da termografia infravermelha, a qual constitui técnica rápida, precisa e não invasiva para investigação de eventos relacionados à fisiologia animal.

## 5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M. and Sparovek, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil, *Meteorologische Zeitschrift*, Fast Track Article.
- Benezra, M.V., 1954. A new index measuring the adaptability of cattle to tropical conditions, *Journal Animal Science*, 13, (4), 1015.
- Bowers, S., Gandy, S., Anderson, B., Ryan, P. and Willard, S., 2009. Assessment of pregnancy in the late-gestation mare using digital infrared thermography, *Theriogenology*, 72, 372-377.
- Capraro, G.A., Coughlin, B.F., Mader, T.J. and Smithline, H. A., 2008. Testicular cooling associated with testicular orsion and its detection by infrared thermography: an experimental study in sheep, *The Journal of Urology*, 180, 2688-2693.
- Costa, L.A.B., 2007. Índices de conforto térmico e adaptabilidade de fêmeas bubalinas em pastejo no agreste de Pernambuco. (MSc thesis, Federal Rural University of Pernambuco).
- Coulter, G.H., Senger, P.L. and Bailey, D.R.C., 1988. Relationship of scrotal surface temperature measured by infrared thermography to subcutaneous and deep testicular temperature in the ram, *Journals of Reproduction e Fertility*, 84, 417-423.

Coulter, G.H., Cook, R.B. and Kastelic, J.P., 1997. Effects of dietary energy on scrotal surface temperature, seminal quality, and sperm production in young beef bulls, *Journal of Animal Science*, 75, 1048-1052.

Garcia, A.R., Matos, L.B., Lourenço Júnior, J.B., Nahúm, B.S., Araújo, C.V. and Santos, A.X., 2011. Variáveis fisiológicas de búfalas leiteiras criadas sob sombreamento em sistemas silvipastoris, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(10), 1409--1414.

Garcia, A.R., 2013. Conforto térmico na reprodução de bubalinos criados em condições tropicais, *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 37 (2), 121-130.

Gaughan, J.B., Mader, T.L., Holt, S.M., Josey, M.J. and Rowan, K.J., 1999. Heat tolerance of Boran and Tuli crossbred steers, *Journal of Animal Science*, 77, 2398-2405.

Gloster, J., Ebert, K., Gubbins, S., Bashiruddin, J. and Paton, D.J., 2011. Normal variation in thermal radiated temperature in cattle: implications for foot-and-mouth disease detection, *BMC Veterinary Research*, 7, 73.

Haque, N., Ludri, A., Hossain, S.A. and Ashutosh, M., 2012. Comparative studies on temperature threshold for heat shock protein 70 induction in young and adult Murrah buffaloes, *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 96, 920-929.

Hoffmann, G., Schmidt, M., Ammon, C., Rose-Meierhöfer, S., Burfeind, O., Heuwieser, W. and Berg, W., 2013. Monitoring the body temperature of cows and calves using video recordings from an infrared thermography camera, *Veterinary Research Communications*, 37, 91-99.

Kelly, C. F. and Bond, T. E., 1971. Bioclimatic factors and their measurement. In: *A guide to environmental research on animals*. Washington, [s.n.], 7-92.

Lopes, J.J., Souza, B.B., Silva, A.M.A., Batista, N.L. and Nobre, I.S., 2012. Efeito do ambiente sobre as respostas fisiológicas de caprinos Saanen e seus mestiços com a raça Boer no semiárido paraibano, *Revista Agropecuária Científica no Semiárido*, 8 (3), 83-89.

Lunstra, D.D. and Coulter, G.H., 1997. Relationship between scrotal infrared temperature patterns and natural-mating fertility in beef bulls, *Journal of Animal Science*, 75, 767-774.

Luzi, F., Mitchell, M., Costa, L.N. and Redaelli, V., 2013. Thermography: Current status and advances in livestock animals and in veterinary medicine, ( Edito a cura fondazione Iniziative Zooprofilattiche e Zootecniche: Brescia, Italy).

Kamerman, P.R., Di Zio, L.C. and Fuller, A., 2001. Miniature data loggers for remote measurement of body temperature in medium-sized rodents, *Journal Of Thermal Biology*, 26, 159-163.

Kastelic, J. P., 2013. Male involvement in fertility and factors affecting semen quality in bulls, *Animal Frontiers*, 3(4), 20-25.

Kastelic, J.P., 2014. Understanding and evaluating bovine testes, *Theriogenology*, 81, 18-23.

Mader, T.L., Davis, M.S., Gaughan, J.B., 2007. Effect of sprinkling on feedlot microclimate and cattle behavior, *International Journal of Biometeorology*, 51, p.541-551.

Malama, E., Bollwein, H., Taitzoglou, I.A., Theodosiou, T., Boscós, C.M. and Kiossis, E., 2013. Chromatin integrity of ram spermatozoa. Relationships to annual fluctuations of scrotal surface temperature and temperature-humidity index, *Theriogenology*, 80, 533-541.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 4.629, de 21 de março de 2003. Art. 1º da Instrução Normativa Nº 48, de 17 de Julho de 2003.

Martello, L.S., Savastano Junior, H., Silva, S.L. and Balieiro, J.C.C., 2010. Alternative body sites for heat stress measurement in milking cows under tropical conditions and their relationship to the thermal discomfort of the animals, *International Journal of Biometeorology*, 54, 647–652.

Montanholi, Y.R., Odongo, N.E., Swanson, K.C., Schenkel, F.S., McBride, B.W. and Miller, S.P., 2008. Application of infrared thermography as an indicator of heat and methane production and its use in the study of skin temperature in response to physiological events in dairy cattle (*Bos taurus*), *Journal of Thermal Biology*, 33, 468-475.

Moraes, B.C., Costa, J.M.N., Costa, A.C.L. and Costa, M.H., 2005. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará, *Acta Amazonica*, 35 (2), 207-214.

Moraes Júnior, J.R., Garcia, A.R., Santos, N.F.A., Nahúm, B.S., Lourenço Junior, J.B., Araújo, C.V. and Costa, N.A., 2010. Conforto ambiental de bezerros bubalinos (*Bubalus bubalis* Linnaeus, 1758) em sistemas silvipastoris na Amazônia Oriental, *Acta Amazonica*, 40(4), 629-640.

Moura, D.J., Maia, A.P.A., Vercellino, R.A., Medeiros, B.B.L., Sarubbi, J. and Griska, P.R., 2011. Uso da termografia infravermelha na análise da termorregulação de cavalo em treinamento, *Engenharia Agrícola de Jaboticabal*, 3(1), 23-32.

Rainwater-Lovett, R.K., Pacheco, J.M., Packer, C. and Rodriguez, L.L., 2009. Detection of foot-and-mouth disease virus infected cattle using infrared thermography, *Veterinary Journal*, 180, 317-324.

Roberto, J.V.B., Souza, B.B., Zotti, C.A., Marques, B.A.A., Nobre, I.S. and Delfino, L.J.B., 2011. Utilização da Termografia de Infravermelho na avaliação das respostas fisiológicas e gradientes térmicos de cabras Saanen e mestiças  $\frac{1}{4}$  Saanen +  $\frac{3}{4}$  Bôer no semiárido paraibano. In: *Proceedings of the 48º Reunião anual da sociedade*

brasileira de zootecnia, Belém-PA, Brazil, 2011, (Sociedade Brasileira de Zootecnia: Brasília)

Rosenberger, G., Dirksen, G., Gründer, H.D., Grunert, E., Krause, D., Stöber, M., 1993. Exame clínico dos bovinos (Guanabara Koogan, Rio de Janeiro) 420p.

SAS - Statistical Analysis System Institute., 2011. Base SAS 9.3 Procedures Guide, (Cary, NC: USA).

Schaefer, A. L., Cook, N.J., Church, J.S., Basarab, J., Perry, B., Miller, C. and Tong, A.K.W., 2007. The use of infrared thermography as an early indicator of bovine respiratory disease complex in calves, *Research in Veterinary Science*, 83, 376-384.

Schaefer, A. L., Cook, N.J., Bench, C., Chabot, J.B., Colyn, J., Liu, T., Okine, E.K., Stewart, M. and Webster, J.R., 2012. The non-invasive and automated detection of bovine respiratory disease onset in receiver calves using infrared thermography, *Research in Veterinary Science*, 93, 928-935.

Sethi, R.K., 2013. Breeding strategies for genetic improvement in buffaloes, *Buffalo Bulletin*, 32 (Special Issue 1), 219-226.

Silva Júnior, J.A., Costa, R.F., Costa, A.C.L., Gonçalves, P.H.L., Braga, A.P., Malhi, Y.S., Aragão, L.E.O.C.A. and Meir, P., 2006. Sazonalidade de elementos meteorológicos em ecossistema de manguezal na região equatorial, Pará, Brasil, *Revista Brasileira de Meteorologia*, 21 (3), 241-247.

Silva, J.A.R., Araújo, A.A., Lourenço Junior, J.B., Santos N.F.A., Garcia, A.R. and Nahúm, B.S., 2011. Conforto térmico de búfalas em sistema silvipastoril na Amazônia Oriental, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46, 1364-1371.

Somparn, P., Gibb, M.J., Markvichitr, K., Chaiyabutr, N., Thummabood, S. and Vajrabukka, C., 2004. Analisis of climatic risk for cattle and buffalo production in northeast Thailand, *International Journal Biometeorology*. 49, 59-64.

Stokes, J.E., Leach, K. A., Main, D.C.J. and Whay, H.R., 2012. An investigation into the use of infrared thermography (IRT) as a rapid diagnostic tool for foot lesions in dairy cattle, *The Veterinary Journal*, 193, 674-678.

Thom, E.C., 1959. The discomfort index, *Weatherwise*, Washington, 12, 7, 57-59.

Valente, M.A., SILVA, J. and Rodrigues, T.E., 2001. Solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Município de Castanhal, Estado do Pará, (Embrapa ISSN 1517-2201, Belém).

Valera, M., Bartolomé, E., Sánchez, M.J., Molina, A., Cook, N. and Schaefer, A. L., 2012. Changes in Eye Temperature and Stress Assessment in Horses During Show Jumping Competitions, *Journal of Equine Veterinary Science*, 32, 827-830.

Weschenfelder, A.V., Saucier, L., Maldague, X., Rocha, L.M., Schaefer, A.L. and Faucitano, L., 2013. Use of infrared ocular thermography to assess physiological conditions of pigs prior to slaughter and predict pork quality variation, *Meat Science*, 95, 616-620.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os animais domésticos são criados em ambientes constituídos pelo conjunto de fatores externos, naturais ou artificiais, os quais exercem influências diretas e indiretas sobre eles. O clima é um fator fundamental, tanto para sobrevivência dos animais quanto para seu desempenho produtivo e reprodutivo. As regiões de clima tropical, além de possuírem elevadas temperatura e umidade relativa do ar durante o ano todo, apresentam elevados níveis diários de radiação solar. Portanto, o conhecimento e estudo da fisiologia, produção e reprodução animal nos trópicos são fundamentais. O desenvolvimento e aperfeiçoamento do uso de tecnologias não invasivas capazes de avaliar a resposta animal frente às mudanças climáticas, como a termografia infravermelha, são fundamentais para obtenção de dados confiáveis visando ampliar a compreensão da biologia animal e amparar tomadas de decisões em relação os métodos de manejo e de seleção animal.

O presente trabalho teve como foco principal a avaliação de touros búfalos mantidos em central de inseminação artificial sob condições de clima tropical úmido. Parâmetros fisiológicos relacionados à termólise, parâmetros hematimétricos, parâmetros seminais, temperaturas superficiais e do núcleo corpóreo foram investigadas como medidas de resposta frente ao desafio térmico imposto pelas altas temperatura e umidade do ar. Os animais apresentaram variações de conforto térmico durante os períodos de temperaturas mais elevadas, reveladas pelo Índice de Conforto de Benezra, um indicador desenvolvido para mensurar o conforto de bovídeos criados em clima tropical. Em decorrência disso, variaram, também, os parâmetros fisiológicos e as temperaturas superficiais dos animais. Surpreendentemente, essas variações não foram capazes de caracterizar uma situação de estresse térmico, pois praticamente em todos os momentos ao longo do

período experimental o Índice de Temperatura e Umidade foi superior a 74 pontos, nível considerado ideal para criação de bubalinos. Nos momentos em que foram desafiados, os touros ativaram seus mecanismos de termorregulação, efetuaram termólise eficientemente e foram capazes de manter a homeotermia, demonstrando tolerância aos altos níveis de calor e umidade.

Não existem até o momento, mesmo na literatura científica internacional, relatos de utilização da termografia infravermelha em búfalos, seja para avaliações bioclimatológicas, reprodutivas ou sanitárias. Assim, o trabalho se reveste de caráter pioneiro e inovador, mas seguramente não esgota o tema da proposta. Pelo contrário, é apenas o início da ponte para busca de mais informações sobre a fisiologia termolítica, da temperatura superficial e sua relação com o conforto térmico e fertilidade desses animais, os quais são refém de sua pele escura e pouco refletiva, mas que são capazes de acionar seus mecanismos de termólise de forma eficiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABLAS, D. S, et al. Comportamento de bubalinos a pasto frente à disponibilidade de sombra e água para imersão. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.2, p.167-175, 2007.

AKHTAR, M. Z, et al. Haemato-biochemical aspects of parturient haemoglobinuria in buffalo. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Science**, v.31, n.2, p.119-123, 2007.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

ALVARENGA, M. A.; PAPA, F. O. Principais distúrbios reprodutivos observados em garanhões no Brasil. **Revista Brasileira de Reprodução Animal Supl**, n.6, p.204-209, 2009.

AMARAL, F. R.; ESCRIVÃO, S. C. Aspectos relacionados à búfala leiteira. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.29, n.2, p.11-117, 2005.

ANDERSSON, B. E.; JÓNASSON, H. Regulação da temperatura e fisiologia. In: SWENSON, M. J.; REECE, W. O. (Org). **Dukes Fisiologia dos Animais Domésticos**. 11. ed. Rio de Janeiro:Guanabara Koogan, 1996, p.805-813.

ANUALPEC, **Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo. FNP Consultoria e Comércio, 2012, 305p.

AZEVEDO, M.; PIRES, M. F. A.; STURNINO, H. M.; LANA, A. M. Q.; SAMPAIO, I. B.; MONTEIRO, J. B. N.; MORATO, L. E. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$  holandês – zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2000-2008, 2005.

AZEVÊDO, D. M. M. R.; ALVES, A. A. Bioclimatologia Aplicada à Produção de Bovinos Leiteiros nos Trópicos. Teresina: **Embrapa Meio-Norte**, 2009. (Documentos, nº 188).



BARBOSA, O. R.; ZEOULA, L. M.; SIRENA, R. M.; OLIVEIRA, R. A.; BERTICELLI, T.; ORNELLAS, S. A. Comparação nas respostas termoregulatórias de búfalos e bovinos em confinamento. 1. Temperatura da superfície do corpo e taxa de sudação. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA/PASTAGENS, 2007, Jaboticabal-SP. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, 2007. CD.

BASTOS, T. X.; PACHECO, N. A.; NECHET, D.; SÁ, T. D. A. **Aspectos climáticos de Belém no últimos cem anos**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002, 31p. (Documentos, nº 128)

BENEZRA, M. V. A new index measuring the adaptability of cattle to tropical conditions. **Journal of Animal Science**, v.13, n.4, p.1015, 1954.

BERNARDES, O. Bubalinocultura no Brasil: situação e importância econômica. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.31, n.3, p.293-298, 2007.

BERNARDINI, D, et al. The effects of different environmental conditions on thermoregulation and clinical and hematological variables in long-distance road-transported calves. **Journal of Animal Science**, v.90, p.1183-1191, 2012.

BIRGEL JÚNIOR, E. H, et al. Reference values of the erythrogram of Jersey breed, raised in São Paulo State. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.53, p.164-171, 2001.

BLAIR, T. A.; FITE, R. C. **Meteorologia**. Rio de Janeiro: Ed Artes Gráficas Gomes de Souza, 1964, 392p.

BLOM, E. The ultrastructure of some characteristics sperm defects and a proposal for a new classification on the bull spermogram. **Nordisk Veterinaer Medicin**, v.25, p.383-391, 1973.

BOWERS, S, et al. Assessment of pregnancy in the late-gestation mare using digital infrared thermography. **Theriogenology**, v.72, p.372-377, 2009.

BRITO, L. F. C, et al. Testicular vascular cone development and its association with scrotal temperature, semen quality, and sperm production in beef bulls. **Animal Reproduction Science**, v.134 p.135–140, 2012.

BROOM, D. M. Indicators of poor welfare. **British Veterinary Journal**, v.142, p.524-526, 1986.

CANATA, T. F.; MARTELLO, L. S.; LEME, R. P.; OLIVEIRA, C. E. L.; SILVA, S. L. Análise da temperatura corporal de bovinos nelore por meio da termografia de infravermelho. In: 19º SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2011, Piracicaba-SP. **Anais...**Universidade de São Paulo, 2011.

CAPRARO, G. A, et al. Testicular cooling associated with testicular torsion and its detection by infrared thermography: an experimental study in sheep. **The Journal of Urology**, v.180, p.2688-2693, 2008.

CASTRO, A. C. **Avaliação de sistema silvipastoril através do desempenho produtivo de búfalos manejados nas condições climáticas de Belém, Pará.** 2005. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Pará/Embrapa Amazônia Oriental/Universidade Federal Rural da Amazônia, 2005.

CASTRO, A. C, et al. Sistema silvipastoril na Amazônia: ferramenta para elevar o desempenho produtivo de búfalos. **Ciência Rural**, v.38, n.8, p. 2395-2402, 2008.

CIARAMELLA, P, et al. Haematological profile on non-lactating Mediterranean buffaloes (*Bubalus bubalis*) ranging in age from 24 months to 14 years. **Research in Veterinary Science**, v.79, p.77-80, 2005.

COELHO, L. A, et al. Características do ejaculado de caprinos sob estresse calórico em câmara bioclimática. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.4, p.544-549, 2006.

COLÉGIO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL. **Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal.** 3 ed. Belo horizonte: CBRA, 2013, 104p.

COOK, R. B.; COULTER, G. H.; KASTELIC, J .P. The Testicular vascular cone, scrotal thermoregulation and their relationship to sperm production and seminal quality in beef bulls. **Theriogenology**, v.41, p.653-671,1994.

COSTA, L. A. B. **Índices de conforto térmico e adaptabilidade de fêmeas bubalinas em pastejo no agreste de Pernambuco.** 2007. 52f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007.

COULTER, G. H.; COOK, R. B.; KASTELIC, J. P. Effects of dietary energy on scrotal surface temperature, seminal quality, and sperm production in young beef bulls. **Journal of Animal Science**, v.75, p.1048-1052, 1997.

COULTER, G. H.; SENGER, P. L.; BAILEY, D. R. C. Relationship of scrotal surface temperature measured by infrared thermography to subcutaneous and deep testicular temperature in the ram. **Journals of Reproduction e Fertility**, v.84, p.417-423, 1988.

DA CRUZ JÚNIOR, C. A. **Tolerância ao calor em ovinos reprodutores criados no Distrito Federal**. 2011. 99f. Tese (Doutorado em Ciências Animais) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2011.

DAMASCENO, F. A, et al. Adaptação de bubalinos ao ambiente tropical. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.7, n.5, p.1370-1381, 2010.

DAS, S. K.; UPADHYAY, R. C.; MADAN, M. L. Heat stress in Murrah buffalo calves. **Livestock Production Science**, v.61, p.71-78, 1999.

FEHR, R. L, et al. Limiting swine stress with evaporative cooling in the southeast. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, v.26, p.542-545, 1993.

FERREIRA, F, et al. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.5, p.732-738, 2006.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. **Clima da Amazônia: Boletim do Climanálise Especial – Comemoração dos 10 anos. 1996**. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a>. Acesso em: 30 Jan. 2014.

FAO, FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Production**. 2011. <http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD>. Acesso em 26 Março 2014.

FRANÇA, R. T, et al. Valores hematológicos de búfalos em diferentes faixas etárias criados na região central do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.18, n.1, p.51-54, 2011.

GARCIA, A. R. **Efeitos do estresse térmico testicular e do uso da somatotropina recombinante bovina nas características seminais, integridade de membranas, função mitocondrial e estrutura da cromatina de espermatozóides de touros Simental (*Bos taurus taurus*)**. 2004. 258f. Tese (Doutorado em Reprodução Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Ciência Animal, Universidade de São Paulo, 2004.

GARCIA, A. R. Influência de fatores ambientais sobre as características reprodutivas de búfalos do rio (*Bubalus bubalis*). **Revista de Ciências Agrárias**, n.45, 2006, Suplemento.

GARCIA, A. R.; MATOS, L. B.; NAHÚM, B. S.; LOURENÇO JUNIOR, J. B.; GONÇALVES, K. S.; MIYASAKI, M. Y. A. Importância de sistemas silvipastoris no conforto térmico de búfalas submetidas a protocolos de inseminação artificial em tempo fixo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 59, 2007, Belém-PA. **Anais...** São Paulo: SBPC/UFGA, 2007.

GARCIA, A. R, et al. Variáveis fisiológicas de búfalas leiteiras criadas sob sombreamento em sistemas silvipastoris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1409-1414, 2011.

GARCIA, A. R. Conforto térmico na reprodução de bubalinos criados em condições tropicais. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.37, n.2, p.121-130, 2013.

GARCIA, O. S, et al. Experimental study of testicular insulation in buffalo. **Revista Veterinária**, v.21, Supl 1, p.889-891, 2010.

GAUGHAN, J. B, et al. Heat tolerance of Boran and Tuli crossbred steers. **Journal of Animal Science**, v.77, p.2398-2405, 1999.

GLOSTER, J, et al. Normal variation in thermal radiated temperature in cattle: implications for foot-and-mouth disease detection. **BMC Veterinary Research**, v.7, p.73, 2011.

GOMES, V, et al. Valores de referência e influência da idade no eritrograma de bubalinos da raça Murrah. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.30, n.4, p.301-304, 2010.

GORDON, I. **Reproductive technologies in the farm animals**. 1. ed. Cambridge: CABI Publishing, 2004, 332p.

GOSWAMI, S. B.; NARAIN, P. The effect of air temperate and relative humidity on some physiological indices of buffalo bulls (*Bubalus bubalis*). **The Indian Journal Veterinary Science**, v.33, p.112, 1962.

GRACIANO, D. E. **Aplicações da termografia infravermelha na produção animal**. 2013. 52f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Grande Dourados, 2013.

GUDEV, D, et al. Physiological indices in buffaloes exposed to sun. **Archiva Zootechnica**, v.10, p.127-133, 2007a.

GUDEV, D, et al. Effect of heat-stress on some physiological and biochemical parameters in buffaloes, Italian. **Journal of Animal Science**, v.6, p.1325-1328, 2007b.

GUIMARÃES, C. C. C, et al. Termorregulação em bubalinos submetidos a duas temperaturas de ar e duas proporções de volumoso: concentrado. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, n.2, p.437-443, 2001.

HAFEZ, E. S. E.; HAFEZ, B. **Reprodução animal**. 7. ed. São Paulo: Manole, 2004, 513p.

HAQUE, N, et al. Comparative studies on temperature threshold for heat shock protein 70 induction in young and adult Murrah buffaloes. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.96, p.920-929, 2012.

HOFFMANN, G, et al. Monitoring the body temperature of cows and calves using video recordings from an infrared thermography camera. **Veterinary Research Communication**, v.37, n.2, p.91-99, 2013.

HUBBARD, K. G, et al. A climatological perspective on feedlot cattle performance and mortality related to the temperature–humidity index. **Journal of Production Agriculture**, v.12, p.650-653, 1999.

IPCC. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [STOCKER, T. F.; Qin, D.; Plattner, G.-K.; Tignor, M.; Allen, S. K.; Boschung, J.; Nauels, A.; Xia, Y.; Bex, V.; Midgley, P.M. (eds.)]. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2013.

IQBAL, M, et al. Assessment of buffalo semen with the 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide reduction assay. **Journal Animal Science**, v.88, p.922-925, 2010.

JAINUDEEN, M. R.; HAFEZ, E. S. E. Distúrbios reprodutivos nos machos. In: HAFEZ, E. S. E. **Reprodução Animal**. 6. ed. São Paulo: Editora Manole, 1995, p.291-301.

JOELE, M. R. S. K, et al. Carcass quality of buffalo (*Bubalus bubalis*) finished in silvopastoral system in the Eastern Amazon, Brazil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, p.1045-1052, 2012.

KAMERMAN, P. R.; DI ZIO, L. C.; FULLER, A. Miniature data loggers for remote measurement of body temperature in medium-sized rodents. **Journal of Thermal Biology**, v.26, p.159-163, 2001.

KASTELIC, J. P.; COULTER, G. H.; COOK, R. B. Scrotal surface, subcutaneous, intratesticular, and intraepididymal temperatures in bulls. **Theriogenology**, v.44, p.147-52, 1995.

KASTELIC, J. P, et al. Environmental factors affecting measurement of bovine scrotal surface temperature with infrared thermography. **Animal Reproduction Science**, v.41, p.153-159, 1996.

KASTELIC, J. P.; COOK, R. B.; COULTER, G. H. Contribution of the scrotum, testes, and testicular artery to scrotal/testicular thermoregulation in bulls at two ambient temperatures. **Animal Reproduction Science**, v.45, p.255-261, 1997.

KASTELIC, J. P. Male involvement in fertility and factors affecting semen quality in bulls. **Animal Frontiers**, v.3, n.4, p.20-25, 2013.

KASTELIC, J. P. Understanding and evaluating bovine testes. **Theriogenology**, v.81, p.18-23, 2014.

KELLY, C. F.; BOND, T. E. Bioclimatic factors and their measurement. In: NACIONAL ACADEMIC OF SCIENCE. **A guide to environmental research on animals**. Washington: D.C, 1971, p.7-92.

KHONGDEE, T.; SRIPOON, S.; VAJRABUKKA, C. The effects of high temperature and roof modification on physiological responses of swamp buffalo (*Bubalus bubalis*) in the tropics. **International Journal of Biometeorology**, v.57, p.349-354, 2013.

KNÍŽKOVÁ, I, et al. Applications of infrared thermography in animal production. **Journal of Faculty of Agriculture OMU**, v.22, n.3, p.329-336, 2007.

KOGA, A, et al. Comparison of the thermoregulatory response of buffaloes and tropical cattle, using fluctuations in rectal temperature, skin temperature and haematocrit as an index. **Journal of Agricultural Science**, v.142, p.351-355, 2004.

KOONJAENAK, S, et al. Morphological Features of Spermatozoa of Swamp Buffalo AI Bulls in Thailand. **Journal of Veterinary Medicine**, v.54, p.169-178, 2007.

KOTRBA, R, et al. Comparison between the coat temperature of the eland and dairy cattle by infrared thermography. **Journal of Thermal Biology**, v.32, p.355–359, 2007.

KUNAVONGKRIT, A, et al. Management and sperm production of boars under differing environmental conditions. **Theriogenology**, v.63, p.657-667, 2005.

LEMY, E, et al. Factors influencing livestock productivity. In: SEJIAN, V.; NAQVI, S. M. K.; EZEJI, T.; LAKRITZ, J.; Lal, R. **Environmental Stress and Amelioration in Livestock Production**. Eds. Berlin: Springer-Verlag, 2012, p.20-46.

LONDOÑO, C.; SÁNCHEZ, E. N.; SANMIGUEL, G. A. P. Parámetros fisiológicos y valores hematológicos normales en búfalos (*Bubalus bubalis*) del Magdalena medio colombiano. **Revue de Médecine Vétérinaire**, v.23, p.51-54, 2012.

LOPES, J. J, et al. Efeito do ambiente sobre as respostas fisiológicas de caprinos Saanen e seus mestiços com a raça Boer no semiárido paraibano. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v.8, n.3, p.83-89, 2012.

LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; CASTRO, A. C.; DANTAS, J. A. S.; SANTOS, N. F. A.; ALVES, O. S.; MONTEIRO, E. M. M. Índice de conforto térmico em bubalinos criados em sistema silvipastoril, em Belém, Pará. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA - MUDANÇAS CLIMÁTICAS: IMPACTO SOBRE HOMEM, PLANTAS E ANIMAIS, 2006, Ribeirão Preto - SP. **Anais...** Ribeirão Preto: SBBIOMET, 2006, p.1-5.

LUNSTRA, D. D.; COULTER, G. H. Relationship between scrotal infrared temperature patterns and natural-mating fertility in beef bulls. **Journal of Animal Science**, v.75, p.767-774, 1997.

LUZI, F.; MITCHELL, M.; COSTA, L. N.; REDAELLI, V. **Thermography: currents status and advances in livestock animals and in veterinary medicine**. Brescia Italy: Edito a cura fondazione Iniziative Zooprofilattiche e Zootecniche, 2013, 203p.

MACHADO JÚNIOR, A. A. N, et al. Influence of the bipartite scrotum on the testicular and scrotal temperatures in goats. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.29, n.10, p.797-802, 2009.

MADER, T. L.; DAVIS, M. S.; GAUGHAN, J. B. Effect of sprinkling on feedlot microclimate and cattle behavior. **International Journal of Biometeorology**, v.51, p.541-551, 2007.

MALAMA, E, et al. Chromatin integrity of ram spermatozoa. Relationships to annual fluctuations of scrotal surface temperature and temperature-humidity index. **Theriogenology**, v.80, p.533-541, 2013.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 48, de 17 de Julho de 2003.

MARAI, I. F. M.; HAEEB, A. A. M. Buffalo's biological functions as affected by heat stress: a review. **Livestock Science**, v.127, p.89-109, 2010.

MARCONDES, C. R, et al. Variabilidade genética de búfalos em rebanho-núcleo com base na análise de pedigree. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.3, p.706-711, 2010.

MARTELLO, L. S, et al. Alternative body sites for heat stress measurement in milking cows under tropical conditions and their relationship to the thermal discomfort of the animals. **International Journal of Biometeorology**, v.54, p.647-652, 2010.

MIRANDA, E. P, et al. Análise comparativa da teletermografia digital infravermelha (Tdi) em relação ao uso da ultrassonografia com doppler no diagnóstico de varicocele. **Revista Eletrônica Pesquisa Médica**, v.2, n.3, 2008.



MONTANHOLI, Y. R, et al. Application of infrared thermography as an indicator heat and methane production and its use in the study of skin temperature in response to physiological events in dairy cattle (*Bos taurus*). **Journal of Thermal Biology**, v.33, p.468-475, 2008.

MONTEIRO, M. V. B.; FONTES, G. D.; LEÃO, A. J. N.; OLIVEIRA, C. M. C.; BARBOSA, J. D.; RITTER, R. A.; JORGE, E. M.; SILVA, C. J. O.; LIMA, M. B. Validação dos intervalos de referência para hematologia de búfalos da raça Murrah criados na Amazônia Oriental. In: X Congresso Brasileiro de Buiatria, Belém, 2013. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Buiatria, 2013.

MONTERROSO, V. H, et al. Effect Of Heat Shock On Function Of Frozen/Thawed Bull Spermatozoa. **Theriogenology**, v.44, p.947-961, 1995.

MORAES, B. C, et al. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. **Acta Amazonica**, v.35, n.2, p.207-214, 2005.

MORAES JUNIOR, R. J. **Efeito de sistemas silvipastoris no conforto térmico e Nos índices zootécnicos de bezerros bubalinos Criados na Amazônia Oriental**. 2008. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Pará/Embrapa Amazônia Oriental/Universidade Federal Rural da Amazônia, 2008.

MORAES JÚNIOR, J. R, et al. Conforto ambiental de bezerros bubalinos (*Bubalus bubalis* Linnaeus, 1758) em sistemas silvipastoris na Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, v.40, n.4, p.629-640, 2010.

MORRIS, D. D. Alterações no perfil de coagulação. In: SMITH, B. P. **Tratado de Medicina Interna de Grandes Animais**. São Paulo: Manole, 1993, p. 457-464.

MOURA, D. J, et al. Uso da termografia infravermelha na análise da termorregulação de cavalo em treinamento. **Engenharia Agrícola de Jaboticabal**, v.3, n.1, p.23-32, 2011.

OHASHI, O. M, et al. Morfologia do sistema genital, distúrbio reprodutivo e manejo do macho bubalino (*Bubalus bubalis*). **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.35, n.2, p.88-94, 2011.

PAES, P. R.; BARIONI, G.; FONTEQUE, J. R. Comparison of hematological values among different aged female goats of the Parda Alpina breed. **Veterinária Notícias**, v.1, n.6, p. 43-49, 2000.

PAIXÃO, R. L. É possível garantir bem-estar aos animais de criação? **Revista Conselho Federal de Medicina Veterinária**, v.11, n.36, p.66-73, 2005.

PALMIERI, A. M. **Desenvolvimento de sistema automatizado de baixo custo para coleta e armazenamento de dados de variáveis climáticas: aplicações no ambiente agrícola**. 2009. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciência: Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP, 2009.

RAINWATER-LOVETT, R. K, et al. Detection of foot-and-mouth disease virus infected cattle using infrared thermography. **Veterinary Journal**, v.180, p.317-324, 2009.

RAMIRES NETO, C.; ULIANI, R. C.; RAMIRES, P. R. N.; ALVARENGA, M. A. Termografia escrotal superficial de garanhões submetidos a estresse térmico ambiental. In: XI CONFERÊNCIA ANUAL DA ABRAVEQ, 2010, São Paulo. Suplemento I - Brazilian Journal of Equine Medicine, v. 29. p. 324-324, 2010.

RING, E. F. J.; AMMER, K. Infrared thermal imaging in medicine. **Physiological Measurement**, v.33, n.3, p.33-46, 2012.

ROBERTO, J. V. B.; SOUZA, B. B.; ZOTTI, C. A.; MARQUES, B. A. A.; NOBRE, I. S.; DELFINO, L. J. B. Utilização da termografia de infravermelho na avaliação das respostas fisiológicas e gradientes térmicos de cabras Saanen e mestiças  $\frac{1}{4}$  Saanen +  $\frac{3}{4}$  Bôer no semiárido paraibano. In: 48º REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2011, Belém-PA, Brasil. **Anais...Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 2011.

ROGALSKI, A. Recent progress in infrared detector Technologies. **Infrared Physics & Technology**, v.54, p.136–154, 2011.

ROSENBERGER, G.; DIRKSEN, G.; GRÜNDER, H. D.; GRUNERT, E.; KRAUSE, D.; STÖBER, M. **Exame clínico dos bovinos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. p. 420.

SAMPAIO, C. A. P, et al. Avaliação do ambiente térmico em instalação para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. **Ciência Rural**, v.34, n.3, p.785-790, 2004.

SANTOS, A. X, et al. Feed supplementation with palm kernel cake-based concentrate increases the quality of water buffalo semen. **Animal Reproduction**, no prelo, 2014.

SAS - STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. The SAS- system for Windows. Use's Guide. Versão 9.1.3. Cary: USA, 2011.

SCHAEFER, A. L, et al. The use of infrared thermography as an early indicator of bovine respiratory disease complex in calves. **Research in Veterinary Science**, v.83, p.376-384, 2007.

SETHI, R. K. Breeding strategies for genetic improvement in buffaloes. **Buffalo Bulletin**, v.32 (Special Issue 1), p.219-226, 2013.

SEVEGNANI, K. B, et al. Efeito da aspersão de água, do sombreamento e do banho de imersão na capacidade termorregulatória e no ganho de peso de bubalinos. **Revista Energia na Agricultura**, v.28, n.1, p.25-32, 2013.

SILVA, G. R. **Efeito da utilização do óleo de dendê na dieta sobre a qualidade do sêmen in natura de búfalos (*Bubalus bubalis*) criados em Belém, Pará**. 2012. 64f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Pará/Embrapa Amazônia Oriental/Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2012.

SILVA, G. R, et al. Adição de óleo de palma na dieta sobre a lipídemia e a qualidade do sêmen de bubalinos (*Bubalus bubalis*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.1, p.152-160, 2014b.

SILVA, J. A. R. **Avaliação do estresse térmico em búfalas Murrah Criadas em dois diferentes sistemas de manejo nas condições climáticas da Amazônia Oriental**. 2010. 149f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Pará/Embrapa Amazônia Oriental/Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2010.

SILVA, J. A. R, et al. Conforto térmico de búfalas em sistema silvipastoril na Amazônia Oriental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1364-1371, 2011a.

SILVA, J. A. R, et al. Perfil hematológico de búfalas da raça Murrah, criadas ao sol e à sombra, em clima tropical da Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, v.41, p.425-430, 2011b.

SILVA, J. A. R, et al. Hormonal changes in female buffalos under shading in tropical climate of Eastern Amazon, Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, p.44-48, 2014a.

SILVA, M. B, et al. Avaliação do eritrograma de búfalos (*Bubalus bubalis*) criados na região do vale do ribeira em São Paulo. **Brazilian Journal of Veterinary Research**, v.29, n.1, p.113-9, 1992.

SILVA, R. G. **Estudos básicos para seleção de gado de corte para regiões tropicais visando ganho de peso e resistência ao calor**. 1973. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 1973.

SILVA, R. G. **Introdução à Bioclimatologia Animal**. 1. ed. São Paulo :Nobel, 2000.

SILVA, R. M. N.; SOUZA, B. B.; ARCOVERDE, M. C. P.; TAVARES, G. P.; MARINHO, M. L.; BENÍCIO, T. M. A. Effect of the period of the year on the hematology parameters of Sindi bovines in Half- Barren. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria-RS. **Anais...**Santa Maria: SBZ, 2003.

SILVA JÚNIOR, J. A, et al. Sazonalidade de elementos meteorológicos em ecossistema de manguezal na região equatorial, Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.3, p.241-247, 2006.

SINGH, M, et al. Effects of thermal load on buffalo reproductive performance during summer season. **Journal of Biological Science**, v.11, p.1-8, 2013.

SOMPARN, P, et al. Analysis of climatic risk for cattle and buffalo production in northeast Thailand. **International Journal of Biometeorology**, v.49, p.59-64, 2004.

STARR, J.R. Climate and the need for housing. In: CLARK, J. A. (ed). **Aspects of housing for animal production**. London: Butterworths, 1981, p.19-35.

SOUZA, B. B. **Adaptabilidade e bem-estar em animais de produção**. 2007. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2007\\_4/Adaptabilidade/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2007_4/Adaptabilidade/index.htm)>. Acesso em: 26 de março de 2014.

STEWART, M, et al. Non-invasive measurement of stress in dairy cows using infrared thermography. **Physiology & Behavior**, v.92, p.520-525, 2007.

STOKES, J. E, et al. An investigation into the use of infrared thermography (IRT) as a rapid diagnostic tool for foot lesions in dairy cattle. **The Veterinary Journal**, v.193, p.674-678, 2012.

SURIYASOMBOON, A, et al. Effect of temperature and humidity on sperm morphology in Duroc boars under different housing systems in Thailand. **The Journal of Veterinary Medical Science**, v.67, n.8, p.777-785, 2005.

SURIYASOMBOON, A, et al. Effect of temperature and humidity on reproductive performance of crossbred sows in Thailand. **Theriogenology**, v.65, p.606–628, 2006.

SUTTON, O. G. **Micrometeorology: a study of physical processes in the lowest layers of the earth's atmosphere**. New York: Robert E. Krieger Publ, 1977, 333p.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v.12, n.7, p.57-59, 1959.

TITTO, E. A. L.; RUSSO, H. G.; Lima, C. G. Efeito do banho de água sobre o conforto térmico de bubalinos. In: CONGRESSO DE ZOOTECNIA, 6., 1997, Lisboa. **Anais...** Lisboa: APEZ, v.1, 1997, p.15-18.

TITTO, E. A. L. Clima: influência na produção de leite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998, p.10-23.

TONELLO, C. L. **Validação de índice de conforto térmico e zoneamento bioclimático da bovinocultura de leite**. 2011. 140f. Tese de Doutorado (Pós-Graduação em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, 2011.

VALE, W. G.; RIBEIRO, H. F. L.; SOUSA, J. S.; OHASHI, O. M. Inseminação artificial em búfalos (*Bubalus bubalis*) na região Amazônica. In: 19th Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária, 1984, Belém-PA. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Medicina Veterinária, 1984, p91.

VALE, W. G. Reproductive management of buffalo male aiming semen production for artificial insemination. In: 1<sup>st</sup> Buffalo Symposium of Americas, 2002, Belém-PA. **Proceedings...** Belém: APCB, 2002, p.156-171.

VALERA, M, et al. Changes in eye temperature and stress assessment in horses during show jumping competitions. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.32, p. 827-830, 2012.

VALENTE, M. A.; SILVA, J.; RODRIGUES, T. E. **Solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Município de Castanhal, Estado do Pará**. Belém: Embrapa ISSN 1517-2201, Belém, 2001.

VILELA, R. A. **Efeito do ambiente térmico na fisiologia adaptativa de bubalinos**. 2013. 110f. Tese de Doutorado – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2013.

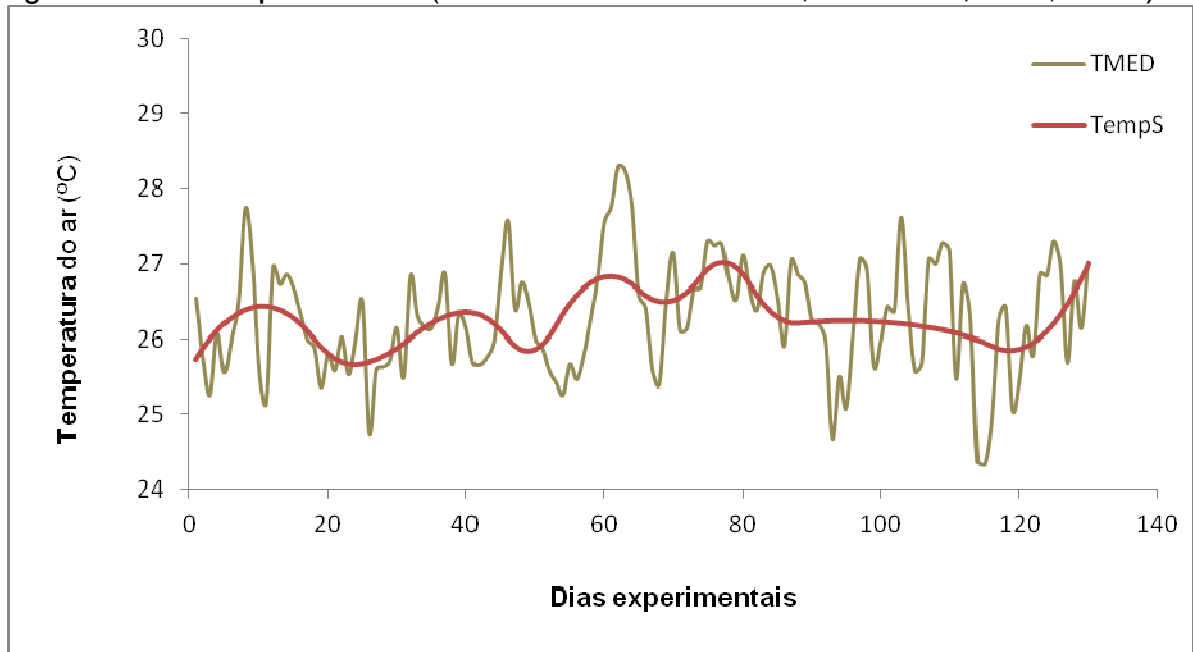
WESCHENFELDER, A. V, et al. Use of infrared ocular thermography to assess physiological conditions of pigs prior to slaughter and predict pork quality variation. **Meat Science**, v.95, p.616–620, 2013.

YARNEYI, T. A.; SANFORD, L. M.; PALMERT, W. M. Pubertal development of ram lambs: body weight and testicular size measurements as indices of postpubertal reproductive function. **Canadian Journal of Animal Science**, v.70, p.139-147, 1990.

## APÊNDICES

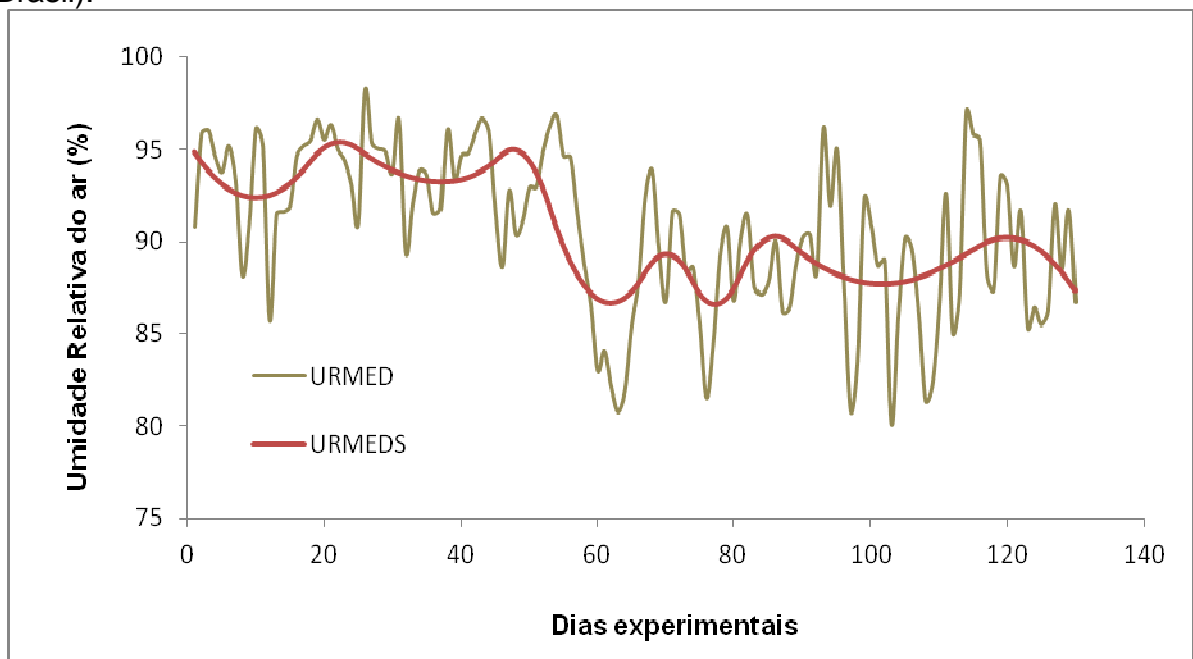
APÊNDICE A – Dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar e índice de temperatura e umidade do ar, obtidos com utilização de dataloggers instalados no interior das baias.

Figura 4 – Temperatura média diária (TMED) e temperatura média diária corrigida (TempS) registrada por *dataloggers* no microclima das baias, de abril a agosto, em região de clima tropical úmido ( $1^{\circ}18'18''$  S e  $47^{\circ}56'36''$  W, Castanhal, Pará, Brasil).



Fonte: Dados coletados com *dataloggers*.

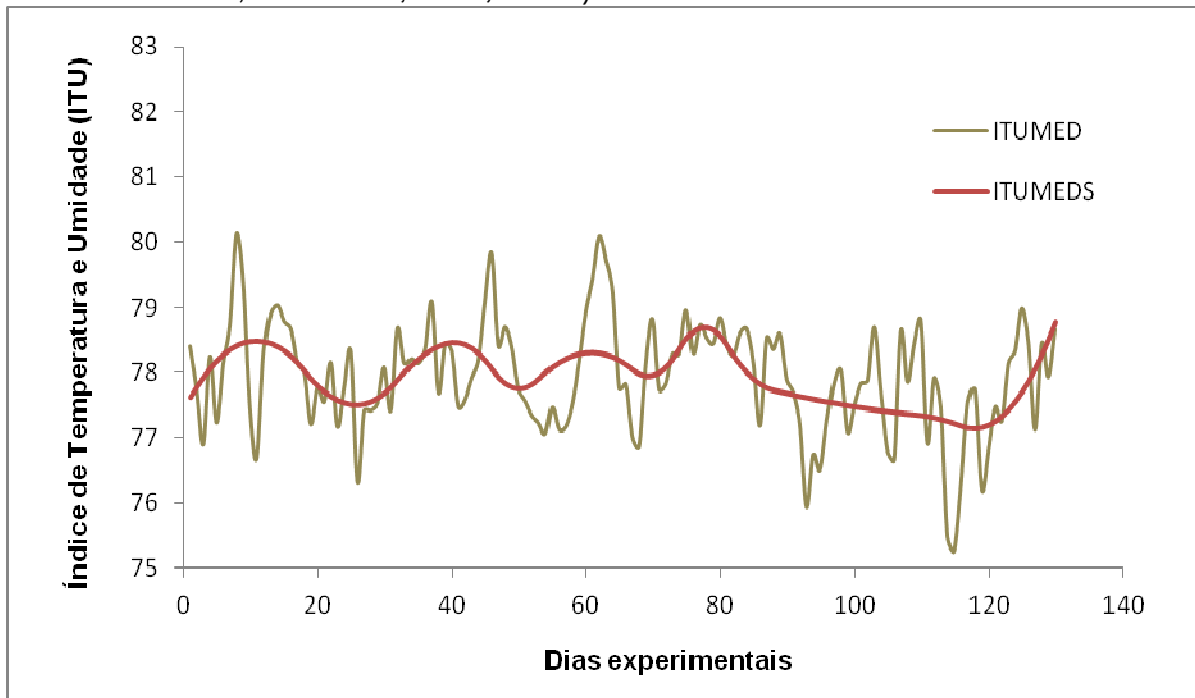
Figura 5 – Umidade média diária (URMED) e umidade média diária corrigida (URMEDS) registrada por *dataloggers* no microclima das baias, de abril a agosto, em região de clima tropical úmido ( $1^{\circ}18'18''$  S e  $47^{\circ}56'36''$  W, Castanhal, Pará, Brasil).



Fonte: Dados coletados com *dataloggers*.



Figura 6 – Índice de temperatura e umidade médio diário (ITUMED) e índice de temperatura e umidade médio diário corrigido (ITUMEDS) calculado para o microclima das baias, de abril a agosto, em região de clima tropical úmido (1°18'18" S e 47°56'36" W, Castanhal, Pará, Brasil).



Fonte: Dados coletados com *dataloggers*.

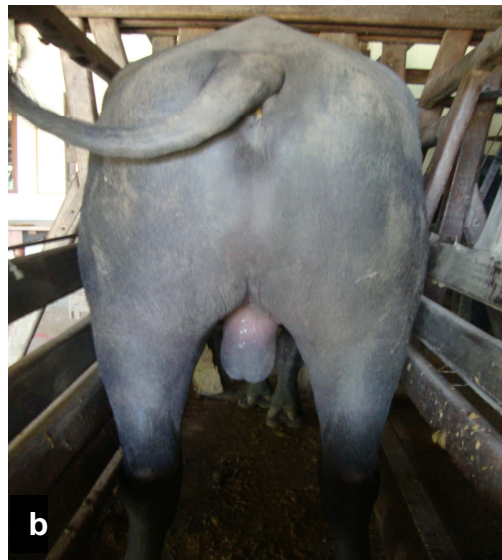
APÊNDICE B – Ilustrações do local experimental, das instalações onde foram realizadas as atividades experimentais e imagens de termografia infravermelha de touros bubalinos.

Figura 7 – a) Instalações experimentais pertencentes à Central de Biotecnologia de Reprodução Animal (CEBRAN), situada em Castanhal, Pará, Brasil ( $1^{\circ}18'18''$  S e  $47^{\circ}56'36''$  W); b) locais de instalação dos *dataloggers* HOBO no interior das baias (PT-1, PT-2 e PT-3).



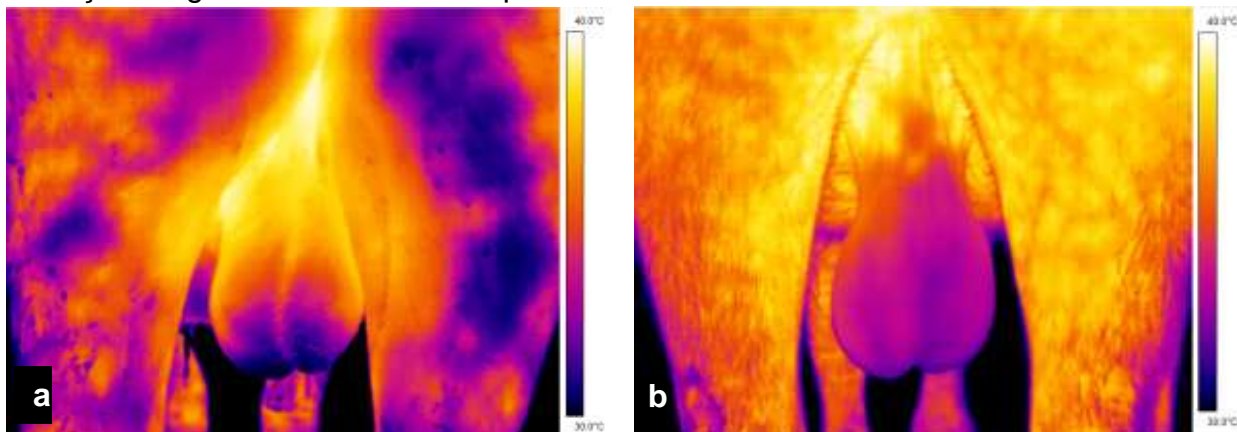
Fonte: Arquivo pessoal

Figura 8 – Preparo do tronco de contenção e posicionamento de touros bubalinos para avaliação por termografia infravermelha: a) marcação permanente no solo para posicionamento do tripé e da câmera, b) região posterior, com destaque para o escroto, c) região lateral direita, com janela adequada para avaliação do flanco, d) região da cabeça, com destaque para o globo ocular.



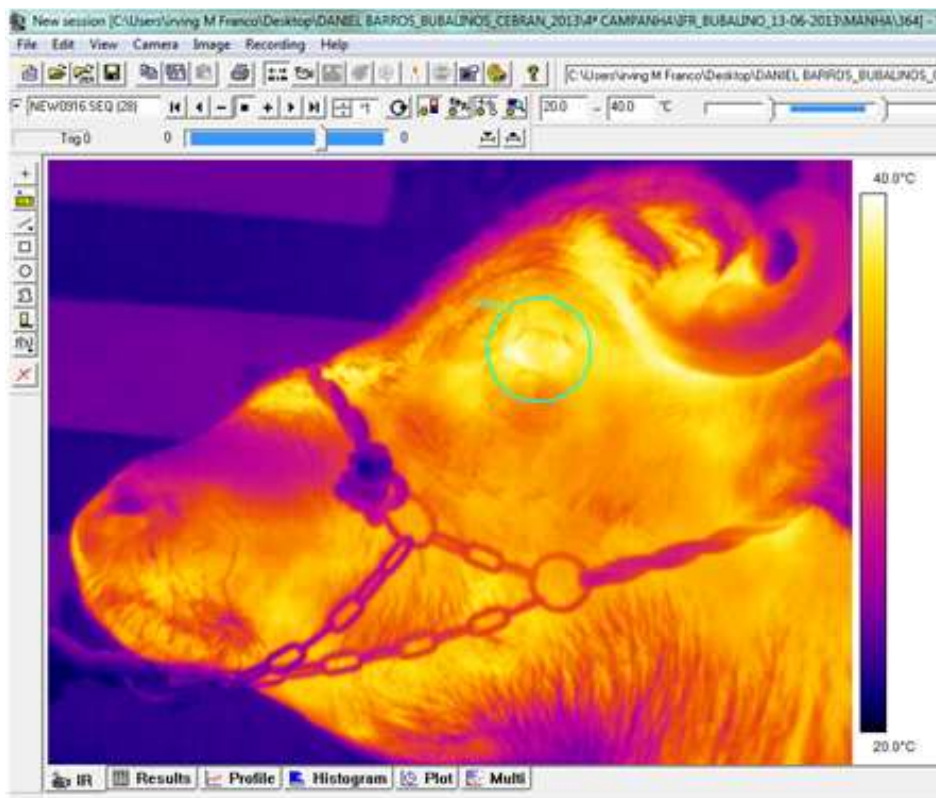
Fonte: Arquivo pessoal

Figura 9 – a) Termografia em infravermelho do escroto de touro bubalino registrada no turno da manhã, com destaque para as bandas horizontais ao longo do escroto, que representam uma faixa de variação na temperatura superficial, b) Termografia em infravermelho do mesmo touro registrada no turno da tarde, com evidente redução no gradiente térmico nos polos testiculares dorsal e ventral.



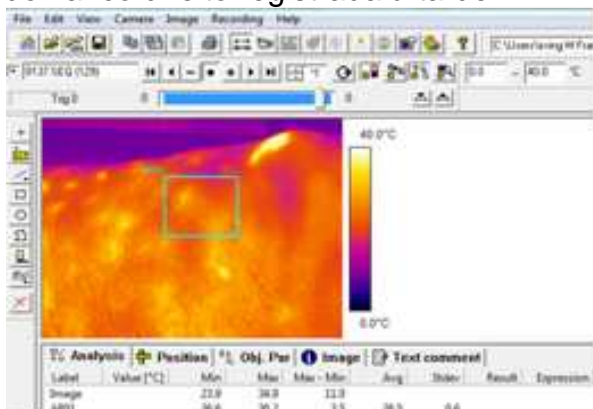
Fonte: Arquivo pessoal

Figura 10 – Metodologia adotada para análise da temperatura do globo ocular por termografia infravermelha, de acordo com Schaefer et al. (2007) e Hoffmann et al. (2013).

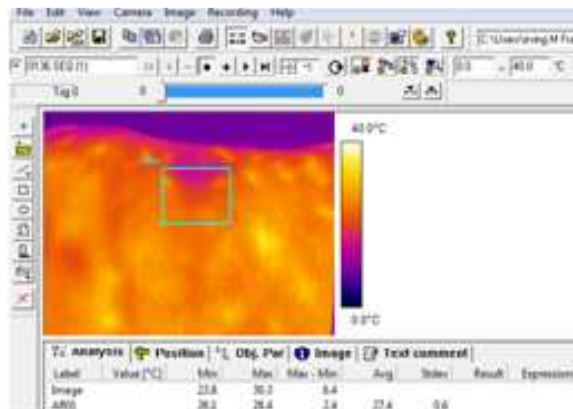


Fonte: Arquivo pessoal

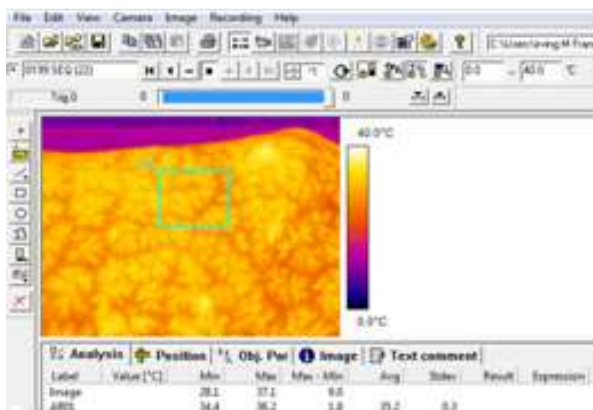
Figura 11 – Imagens de avaliação de termografias no *software ThermaCAM Researcher Professional* (versão 2.9) dos flancos esquerdo e direito do mesmo touro bubalino, com destaque para a mudança de padrão termográfico entre turnos, a) imagem do flanco esquerdo registrada de manhã, b) imagem do flanco direito registrada de manhã, c) imagem do flanco esquerdo registrada à tarde, d) imagem do flanco direito registrada à tarde.



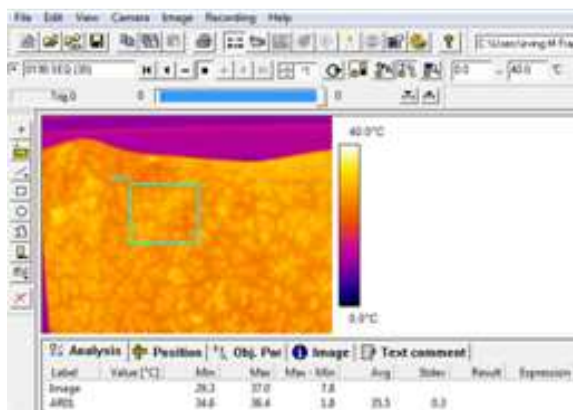
a



b



c



d

Fonte: Arquivo pessoal

APÊNDICE C – Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis estudadas durante a realização do experimento.

Tabela 10 Coeficientes de correlação de Pearson entre ITU do microclima das baias, parâmetros fisiológicos e ICB de touros bubalinos, durante os turnos da manhã (06h00 às 09h00) e tarde (12h00 às 15h00), registrados de abril a agosto, em região de clima tropical úmido (1°18'18" S e 47°56'36" W, Castanhal, Pará, Brasil).

	FR	FC	TR	ICB	ITU Med
FR	1,00	0,87**	0,06	0,97**	0,22
FC	-	1,00	0,15	0,89**	0,35
TR	-	-	1,00	0,11	0,63*
ICB	-	-	-	1,00	0,31
ITU Med	-	-	-	-	1,00

*FR* frequência respiratória, *FC* frequência cardíaca, *TR* temperatura retal, *ICB* índice de conforto térmico de Benezra, *ITU Med* índice de temperatura e umidade médio

\*P<0,001; \*\*P<0,0001

Tabela 11 - Coeficientes de correlação de Pearson entre parâmetros hemáticos de touros bubalinos e ITU médio, máximo e mínimo mensal do microclima das baías, registrados de abril a agosto, em região de clima tropical úmido (1°18'18" S e 47°56'36" W, Castanhal, Pará, Brasil).

	He	Ht	Hb	VCM	HCM	CHCM	Pq	Lc	Lf	Nt	Eos	Mon	ITU Med	ITU Max	ITU Min
He	1,00	0,81***	0,90***	-0,39*	-0,44*	0,06	0,51**	0,24	-0,16	0,18	-0,11	-0,37*	0,04	0,05	-0,13
Ht	-	1,00	0,79***	0,19	-0,26	-0,38*	0,44	0,32	-0,22	0,25	-0,11	-0,40*	0,06	-0,08	-0,03
Hb	-	-	1,00	-0,28*	-0,08	0,19	0,45**	0,31	-0,13	0,18	-0,23	-0,37*	0,28	0,29	-0,16
VCM	-	-	-	1,00	0,34	-0,72***	-0,19	0,14	-0,04	0,08	-0,04	-0,01	0,09	-0,13	0,24
HCM	-	-	-	-	1,00	0,36*	-0,27	0,28*	0,19	-0,13	-0,31	0,15	0,48**	0,48**	-0,01
CHCM	-	-	-	-	-	1,00	-0,01	0,09	0,16	-0,17	-0,20	0,12	0,36*	0,50**	-0,32
Pq	-	-	-	-	-	-	1,00	0,14	-0,18	0,18	-0,08	-0,13	0,21	0,19	-0,11
Lc	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,33	-0,30*	-0,41*	0,02	0,16	0,15	-0,01
Lf	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-0,97***	-0,19	0,43*	-0,18	-0,14	0,08
Nt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,05	-0,50**	0,19	0,15	-0,09
Eos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,21	-0,15	-0,19	0,31
Mon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-0,11	-0,10	0,19
ITU Med	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,98***	-0,14
ITU Max	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-0,27
ITU Min	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00

He hemácias, Ht hematócrito, Hb hemoglobina, VCM volume corpuscular médio, HCM hemoglobina corpuscular média, CHCM concentração de hemoglobina corpuscular média, Pq plaquetas, Lc leucócitos, Lf linfócitos, Nt neutrófilos, Eos eosinófilos, Mon monócitos, ITU Med índice de temperatura e umidade médio, ITU Max índice de temperatura e umidade máximo, ITU Min índice de temperatura e umidade mínimo.

\*P<0,05; \*\*P<0,001; \*\*\*P<0,0001

Tabela 12 - Coeficientes de correlação de Pearson entre parâmetros seminais de touros bubalinos e ITU médio diário do microclima das baias, de abril a agosto, em região de clima tropical úmido (1°18'18" S e 47°56'36" W, Castanhal, Pará, Brasil).

	Vol	Turb	Conc	MP	Vig	IMP	DMa	DMe	DT	ITU Med
Vol	1,00	0.14	0.05	0.09	0.07	-0.01	0.02	-0.06	-0.01	0.09
Turb	-	1,00	0.37***	0.52***	0.33***	0.22**	-0.16*	-0.15*	-0.20**	0.01
Conc	-	-	1,00	0.12	0.17*	0.03	-0.26**	-0.23**	-0.33***	0.01
MP	-	-	-	1,00	0.48***	0.57***	-0.16***	-0.30***	-0.29***	0.03
Vig	-	-	-	-	1,00	0.31***	-0.12	-0.15*	-0.18*	0.13
IMP	-	-	-	-	-	1,00	0.04	-0.20**	-0.06	-0.17*
DMa	-	-	-	-	-	-	1,00	0.10	0.86***	-0.14*
DMe	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0.58***	0.02
DT	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-0.10
ITU Med	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00

*Vol* volume, *Turb* turbilhamento, *Conc* concentração, *MP* motilidade progressiva, *Vig* vigor, *IMP* integridade de membrana plasmática, *DMa* defeitos espermáticos maiores, *DMe* defeitos espermáticos menores, *DT* defeitos totais, *ITU Med* índice de temperatura e umidade médio.

\*P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P<0,0001