

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**AVALIAÇÃO DO ESTRESSE TÉRMICO EM BÚFALAS MURRAH
CRIADAS EM DOIS DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NAS
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DA AMAZÔNIA ORIENTAL**

JAMILE ANDRÉA RODRIGUES DA SILVA

FORTALEZA-CE

MAIO/2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA

AVALIAÇÃO DO ESTRESSE TÉRMICO EM BÚFALAS MURRAH
CRIADAS EM DOIS DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NAS
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DA AMAZÔNIA ORIENTAL

JAMILE ANDRÉA RODRIGUES DA SILVA

Médica Veterinária

FORTALEZA-CE

MAIO/2010

JAMILE ANDRÉA RODRIGUES DA SILVA

**AVALIAÇÃO DO ESTRESSE TÉRMICO EM BÚFALAS MURRAH
CRIADAS EM DOIS DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NAS
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal.

ORIENTAÇÃO:

Prof. Dr. Airton Alencar de Araújo - Orientador

Prof. Dr. José de Brito Lourenço Junior – Co-Orientador

FORTALEZA-CE

MAIO/2010

JAMILE ANDRÉA RODRIGUES DA SILVA

**AVALIAÇÃO DO ESTRESSE TÉRMICO EM BÚFALAS MURRAH CRIADAS
EM DOIS DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NAS CONDIÇÕES
CLIMÁTICAS DA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 21 de maio de 2010.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Airton Alencar de Araújo
Universidade Estadual do Ceará
Presidente

Prof. Dr. Davide Rondina
Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Genário Sobreira Santiago
Universidade Estadual do Ceará

Profa. Dra. Carla Renata Figueiredo Gadelha
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Prof. José Clielder Reboucas da Silva
Universidade Estadual do Ceará

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

JAMILE ANDRÉA RODRIGUES DA SILVA - filha de José Gonçalves da Silva e Juana Rodrigues da Silva - nasceu em 09 de janeiro de 1975, em Belém/Pará. Em fevereiro de 1999 graduou-se em Medicina Veterinária, pela atual Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA. Foi bolsista do programa PIBIC/CNPq, entre 1994 e 1999. Em março de 2000 ingressou no curso de Mestrado em Ciência Animal, da Universidade Federal do Pará/Embrapa Amazônia Oriental/UFRA, com defesa da dissertação em novembro de 2001. Em agosto de 2002 foi admitida, através de concurso público, como Professora Assistente do quadro efetivo da UFRA. Em maio de 2004 concluiu o curso de Especialização em Metodologia de Ensino Superior, pela UFRA, em parceria com a University College Haper Adams e University of Wolverhampton. Em março de 2006 ingressou no Curso de Doutorado em Zootecnia, da Universidade Federal do Ceará – UFC, na Área de Concentração em Produção Animal.

"É muito melhor arriscar coisas grandiosas, alcançar triunfos e glórias, mesmo expondo-se a derrota, do que formar fila com os pobres de espírito que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem nessa penumbra cinzenta de quem não conhece vitória nem derrota"

Theodore Roosevelt

À Deus, que não me deixou em momento algum desistir ou desanimar, apesar de todas as dificuldades;
Aos meus pais José (*in memoriam*) e Juana, pelo apoio, encorajamento, amor incondicional e pelos ensinamentos que formaram os alicerces de minha vida;
Aos meus irmãos Júnior, Jasiel, João Paulo e Josiane, pela amizade, carinho, apoio e incentivo constantes;
Ao meu marido Flávio, pelo apoio, amor e compreensão indispensáveis para a concretização deste sonho;
Ao meu filho Gabriel, fonte de toda força que carrego comigo ao despertar de cada manhã.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Mais uma etapa dessa longa e maravilhosa jornada de conhecimentos e sonhos está chegando ao fim, e conseqüentemente o início de uma nova etapa está por vir, o que torna muito difícil demonstrar toda a gratidão, respeito e admiração a todas as pessoas que contribuíram para que esse caminho fosse traçado da melhor maneira possível.

Agradeço primeiramente a **DEUS**, pelas vitórias alcançadas, pelas pessoas especiais da minha vida, pelas portas que se fecharam, e pelas janelas que se abriram em minha jornada, e pela Sua presença constante no meu dia-a-dia;

À minha querida e amada **Família**, pelo amor incondicional, pela compreensão e carinho, principalmente nos momentos em que precisei me ausentar, pelo apoio constante, pelas torcidas, pelo incentivo e pelas valiosas orações, indispensáveis para a realização e concretização deste sonho;

À **Universidade Federal do Ceará – UFC**, em particular, ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela acolhida e pela oportunidade concedida para a realização do Doutorado;

À **Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA**, nas pessoas do Prof. Dr. Marco Aurélio Leite Nunes, ex Reitor, e do Prof. Dr. Sueo Numazawa, atual Reitor, pela minha liberação para realização do doutorado, além do apoio constante em todos os momentos necessários, sempre transmitindo confiança e carinho;

À **Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia – SUDAM**, pela aprovação para auxílio financeiro do projeto “Determinação e validação de um novo índice de conforto térmico para bubalinos criados nas condições climáticas da Amazônia Oriental”, sem a qual, seria impossível a implantação dos experimentos para realização desta pesquisa;

À **Embrapa Amazônia Oriental**, nas pessoas dos pesquisadores Alexandre Rossetto Garcia e Benjamim Nahúm, pela liberação da área e animais experimentais, além do pessoal de apoio, para a realização dos experimentos, em especial os funcionários Osvaldo, Juarez e Januário;

A **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES**, pela concessão da bolsa de estudos;

Ao meu orientador Prof. Dr. **Airton Alencar de Araújo**, pela amizade, pela oportunidade, pelo carinho, pela confiança e por cooperar com essa etapa do meu desenvolvimento e amadurecimento pessoal e profissional;

Ao Prof. Dr. **José de Brito Lourenço Júnior**, por todo o incentivo que me fez iniciar e concluir este doutorado, pela confiança, carinho e respeito, pela orientação desde a minha graduação, pelas correções e sugestões apresentadas, pelo apoio nas horas mais difíceis e, principalmente, pela amizade da qual tenho o privilégio de compartilhar;

Ao colega Prof. Dr. **Rinaldo Viana**, pela preciosa ajuda nas coletas de sangue e na realização dos exames hematológicos dos animais, pelo apoio e amizade, e pelas sugestões e valiosa contribuição durante a realização dos experimentos;

À Prof. Dra. **Núbia de Fátima Alves dos Santos**, pela amizade e indispensável ajuda nas coletas de dados, e pela valiosa contribuição para realização de todos os experimentos, sempre com disposição, companheirismo e bom humor;

Ao responsável técnico do Laboratório de Análises Clínicas do NAMI, da Universidade de Fortaleza - UNIFOR, **Nilton Cesar Weyne da Cunha**, e à técnica de laboratório, **Maria Helena Ripardo Carneiro**, pela atenção, apoio e amigável disponibilidade para realização das análises hormonais deste trabalho;

Ao Prof. Dr. **Davide Rondina**, por facilitar o acesso à UNIFOR, para realização dos exames hormonais, pelas valiosas sugestões, quanto membro da banca de defesa desta Tese, e pelo apoio, incentivo e carinho apresentados em todos os momentos;

Aos demais membros da banca examinadora de defesa desta Tese, Profa. Dra. **Carla Renata Figueiredo Gadelha**, Prof. Dr. **Genário Sobreira Santiago** e Prof. Dr. **Jose Clielder Reboucas da Silva**, pela preciosa participação, bem como, pelas contribuições e sugestões apresentadas que enriqueceram o trabalho;

A todos os Professores do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia da UFC, pela amizade e pelos ensinamentos adquiridos;

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação, pelo incentivo, pela colaboração e pela solidariedade no decorrer do curso, em especial aos amigos **Ângela da Silva Borges, Francisca Lígia Aurélio Mesquita, Patrícia Lima, Marcílio Costa Teixeira e João Avelar Magalhães;**

À Secretária da Coordenação da Pós-Graduação **Francisca**, pelo apoio administrativo dispensados durante todo o curso e, sobretudo, pela amizade, incentivo e carinho em todos os momentos;

Às demais pessoas e Instituições que, direta ou indiretamente, colaboraram para a elaboração desta pesquisa.

A TODOS VOCÊS, OS MEUS SINCEROS AGRADECIMENTOS!

SUMÁRIO

		Página
	LISTA DE FIGURAS.....	xiv
	LISTA DE TABELAS.....	xvii
	LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xxi
	RESUMO GERAL.....	xxii
	ABSTRACT.....	xxiv
1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	01
2	CAPITULO 1 - REFERENCIAL TEÓRICO.....	06
2.1	O CLIMA E SUA IMPORTÂNCIA NA PRODUÇÃO ANIMAL.....	07
2.2	ESTRESSE ANIMAL.....	08
2.3	AMBIENTE E ESTRESSE TÉRMICO.....	12
2.3.1	Estresse Térmico e Variáveis Fisiológicas.....	15
2.3.2	Estresse Térmico e Parâmetros Hematológicos.....	16
2.3.3	Estresse Térmico e Perfil Hormonal.....	18
2.4	O BÚFALO E AMBIÊNCIA.....	19
2.5	ÍNDICE DE CONFORTO AMBIENTAL.....	26
2.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
3	CAPÍTULO 2 - ESTRESSE TÉRMICO E VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E HEMATOLÓGICAS DE BÚFALAS DA RAÇA MURRAH, CRIADAS AO SOL E À SOMBRA, EM CLIMA TROPICAL QUENTE E ÚMIDO DA AMAZÔNIA ORIENTAL.....	44
	RESUMO.....	45
	ABSTRACT.....	47
3.1	INTRODUÇÃO.....	49
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	50
3.2.1	Período e Local do Experimento.....	50
3.2.2	Distribuição e Manejo dos Animais.....	51
3.2.3	Coleta de Dados das Variáveis Ambientais.....	51
3.2.4	Cálculo dos Índices de Conforto Ambiental.....	52

3.2.5	Coleta de Dados das Variáveis Fisiológicas.....	52
3.2.6	Determinação do Hemograma.....	53
3.2.7	Análise Estatística.....	53
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
3.3.1	Variáveis Climáticas.....	54
3.3.1.1	Temperatura do Ar.....	54
3.3.1.2	Umidade relativa do Ar.....	58
3.3.1.3	Índice de Temperatura e Umidade.....	60
3.3.1.4	Índice de Temperatura de Globo e Umidade.....	63
3.3.2	Variáveis Fisiológicas.....	66
3.3.2.1	Temperatura Retal.....	66
3.3.2.2	Temperatura da Superfície Corporal.....	69
3.3.2.3	Frequência Respiratória.....	71
3.3.2.4	Frequência Cardíaca.....	75
3.3.3	Correlação entre Variáveis Climáticas e Fisiológicas.....	78
3.3.4	Perfil Hematológico.....	79
3.3.4.1	Hemácias.....	79
3.3.4.2	Leucócitos.....	81
3.3.4.3	Hemoglobina.....	83
3.3.4.4	Volume globular.....	85
3.3.5	Correlação entre Variáveis Climáticas e Perfil Hematológico.....	87
3.4	CONCLUSÕES.....	89
3.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90
4	CAPÍTULO 3 – ESTRESSE TÉRMICO E PERFIL HORMONAL DE BÚFALAS DA RAÇA MURRAH, CRIADAS AO SOL E À SOMBRA, EM CLIMA TROPICAL QUENTE E ÚMIDO DA AMAZÔNIA ORIENTAL.....	98
	RESUMO.....	99
	ABSTRACT.....	101
4.1	INTRODUÇÃO.....	103
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	104
4.2.1	Período e Local do Experimento.....	104

4.2.2	Distribuição e Manejo dos Animais.....	104
4.2.3	Coleta de Dados das Variáveis Ambientais.....	104
4.2.4	Cálculo do Índice de Conforto Ambiental.....	104
4.2.5	Determinação do Perfil Hormonal.....	105
4.2.6	Análise Estatística.....	105
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	106
4.3.1	Variáveis Climáticas.....	106
4.3.1.1	Temperatura do Ar.....	106
4.3.1.2	Umidade Relativa do Ar.....	107
4.3.1.3	Índice de Temperatura de Globo e Umidade.....	107
4.3.2	Perfil Hormonal.....	108
4.3.2.1	Cortisol.....	108
4.3.2.2	Triiodotironina (T ₃).....	111
4.3.2.3	Tiroxina (T ₄).....	112
4.3.3	Correlação entre Variáveis Climáticas e Perfil Hormonal.....	114
4.4	CONCLUSÕES.....	115
4.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	116
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES.....	121

LISTA DE FIGURAS

Capítulo II

		Página
FIGURA 1-	Variação da média da temperatura do ar, ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, em 2009, Belém/Pará.....	56
FIGURA 2-	Variação dos valores máximos da temperatura do ar, ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, em 2009, Belém/Pará.....	57
FIGURA 3-	Variação da média da umidade relativa do ar, ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, em 2009, Belém/Pará.....	60
FIGURA 4-	Variação dos valores máximos da umidade relativa do ar, ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, em 2009, Belém/Pará.....	60
FIGURA 5-	Variação da média do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, em 2009, Belém/Pará.....	62
FIGURA 6-	Variação dos valores máximos do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, em 2009, Belém/Pará.....	63
FIGURA 7-	Variação da média do Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITU), ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, em 2009, Belém/Pará.....	65
FIGURA 8-	Variação dos valores máximos do Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITU), ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, em 2009, Belém/Pará.....	66
FIGURA 9-	Variação da média da temperatura retal de búfalas criadas ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, na Amazônia Oriental, em 2009.....	68
FIGURA 10-	Variação dos valores máximos da temperatura retal de búfalas criadas ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, na Amazônia Oriental, em 2009.....	69

FIGURA 11-	Variação da média da temperatura da superfície corporal de búfalas criadas ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, na Amazônia Oriental, em 2009.....	71
FIGURA 12-	Variação dos valores máximos da temperatura da superfície corporal de búfalas criadas ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, na Amazônia Oriental, em 2009.....	72
FIGURA 13-	Variação da média da frequência respiratória de búfalas criadas ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, na Amazônia Oriental, em 2009.....	74
FIGURA 14-	Variação dos valores máximos da frequência respiratória de búfalas criadas ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, na Amazônia Oriental, em 2009.....	74
FIGURA 15-	Variação da média da frequência cardíaca de búfalas criadas ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, na Amazônia Oriental, em 2009.....	78
FIGURA 16-	Variação dos valores máximos da frequência cardíaca de búfalas criadas ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, na Amazônia Oriental, em 2009.....	78
FIGURA 17-	Variação dos valores médios das hemácias de búfalas, criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém/Pará.....	82
FIGURA 18-	Variação dos valores médios dos leucócitos de búfalas, criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém, Pará.....	84
FIGURA 19-	Variação dos valores médios do teor de hemoglobina de búfalas, criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém, Pará.....	86
FIGURA 20-	Variação dos valores médios do volume globular de búfalas, criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém, Pará.....	88

Capítulo III

	Página
FIGURA 1- Médias dos níveis de cortisol ($\mu\text{g/dL}$) de búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém/Pará.....	112
FIGURA 2- Médias de T_3 (ng/mL) de búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém/Pará.....	114
FIGURA 3- Médias dos níveis de T_4 (ng/mL) de búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém/Pará.....	116

LISTA DE TABELAS

Capítulo II

		Página
TABELA 1 -	Dados meteorológicos médios do município de Belém, Pará, durante o ano de 2009.....	51
TABELA 2-	Temperatura do ar (°C), máxima e média, e desvio padrão, pela manhã e tarde, na área experimental, nos períodos do ano de 2009, em Belém, Pará.....	57
TABELA 3 -	Temperatura do ar (°C), máxima e média, e desvio padrão, ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém, Pará.....	58
TABELA 4 -	Valores da umidade relativa do ar (%), máxima e média, e desvio padrão, na área experimental, pela manhã e tarde, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.....	61
TABELA 5 -	Índice de temperatura e umidade (ITU), máximo e médio, e desvio padrão, na área experimental, pela manhã e tarde, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.....	64
TABELA 6 -	Índice de temperatura e umidade (ITU), máximo e médio, e desvio padrão, na área experimental, ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém/Pará.....	64
TABELA 7 -	Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), máximo e médio, e desvio padrão, na área experimental, pela manhã e tarde, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.....	67
TABELA 8 -	Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), máximo e médio, e desvio padrão, na área experimental, ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), pela manhã e tarde, em 2009, Belém, Pará.....	67
TABELA 9 -	Valores de temperatura retal (°C), máxima e média, e desvio padrão, de búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), pela manhã e à tarde, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.....	70

TABELA 10 -	Temperatura da superfície corporal (°C), máxima e média, e desvio padrão, de búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), pela manhã e à tarde, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.....	72
TABELA 11 -	Valores da frequência respiratória (FR), máxima e média, e desvio padrão, de búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), pela manhã e à tarde, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.....	75
TABELA 12 -	Frequência respiratória (mov./min.), máxima e média, e desvio padrão, de búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.....	76
TABELA 13 -	Frequência respiratória (mov./min.), máxima e média, e desvio padrão, de búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém/Pará.....	77
TABELA 14 -	Frequência cardíaca (bat./min.), máxima e média, e desvio padrão, de búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), pela manhã e à tarde, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.....	79
TABELA 15 -	Correlação entre as variáveis fisiológicas, de búfalas Murrah, e climáticas, nos períodos menos e mais chuvosos, em 2009, Belém, Pará.....	80
TABELA 16-	Valores de hemácias ($\times 10^6/\text{mm}^3$), máxima e média, e desvio padrão, de búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.....	83
TABELA 17-	Valores de leucócitos/ mm^3 , máximo e médio, e desvio padrão, de búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.....	84
TABELA 18-	Valores de hemoglobina (g/dL), máximo e médio, e desvios padrão, em búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.....	86
TABELA 19-	Volume globular (VG), máxima e média, e desvios padrão, em búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém, Pará.....	88

TABELA 20-	Valores do volume globular (VG), máximo e médio, e desvios padrão, em búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.....	89
TABELA 21-	Correlação entre variáveis hematológicas e climáticas de búfalas criadas nas condições climáticas de Belém, Pará, em 2009.....	89

Capítulo III

	Página
TABELA 1 - Temperatura do ar (TA), máxima e média, e desvio padrão, na área experimental, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.....	108
TABELA 2 - Temperatura do ar (TA), máxima e média, e desvio padrão, na área experimental, ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém, Pará.....	109
TABELA 3 - Umidade relativa do ar (UR), máxima e média, e desvio padrão, na área experimental, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.....	110
TABELA 4 - Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), máxima e média, e desvio padrão, na área experimental, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.....	110
TABELA 5 - Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), máxima e média, e desvio padrão, na área experimental, ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém, Pará.....	111
TABELA 6- Dados de cortisol, máximo e médio, e desvio padrão, de búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém/Pará.....	112
TABELA 7- Dados de cortisol, máximo e médio, e desvio padrão, de búfalas, criadas ao sol e à sombra, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.....	113
TABELA 8- Dados de triiodotironina (T ₃), máximo e médio, e desvio padrão, de búfalas criadas ao sol e à sombra, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.....	114
TABELA 9- Dados de tiroxina (T ₄), máximo e mínimo, e desvio padrão, de búfalas criadas ao sol e à sombra, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.....	116
TABELA 10- Correlação entre as variáveis hormonais e climáticas de búfalas Murrah, na Amazônia Oriental.....	117

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CRH – Corticotropina

ACTH - Hormônio adrenocorticotrófico

GC – corticóides

TSH – Tireotropina

T₄ – Tiroxina

T₃ – Triiodotironina

SH - Hormônio do crescimento

ZCT - Zona de conforto térmico

TCI - Temperatura crítica inferior

TCS - Temperatura crítica superior

ITU - Índice de temperatura e umidade

ITGU - Índice de temperatura de globo e umidade

ITUV - Índice de temperatura, umidade e velocidade do ar

TR - Temperatura retal

FC - Frequência cardíaca

FR - Frequência respiratória

TSC - Temperatura da superfície corporal

TA - Temperatura do ar

UR - Umidade relativa do ar

EDTA – etilenodi-aminotetracético - sal dissódico.

RESUMO GERAL

Esta tese avaliou os efeitos do estresse térmico nas respostas fisiológicas, hematológicas e hormonais de búfalas, criadas ao sol e à sombra, na Unidade de Pesquisa Animal “Senador Álvaro Adolpho” (01°.26’.03” S e 48°.26’.03” W), Embrapa Amazônia Oriental, em Belém, Pará, em condições tropicais quentes e úmidas. Foram utilizadas 20 búfalas da raça Murrah, distribuídas de modo inteiramente casualizado, em dois grupos (grupo Sem Sombra - SS e grupo Com Sombra - CS). Todos os animais permaneceram em pastejo rotacionado, sendo os do grupo CS (n=10) mantidos em piquetes de sistema silvipastoril, sombreados pela leguminosa *Acacia mangium* e os do grupo SS (n=10), mantidos em piquetes sem acesso à sombra. A alimentação foi a pasto, com a gramínea quicuío-da-amazônia (*Brachiaria humidicola*), com acesso à água para beber e sal mineral *ad libitum*. As variáveis climáticas, temperatura do ar (TA), umidade relativa do ar (UR) e temperatura de globo negro, foram obtidas no microclima de cada tratamento. As variáveis fisiológicas estudadas foram: temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR), frequência cardíaca (FC) e temperatura da superfície corporal (TSC), as quais foram aferidas nos turnos da manhã (7h00) e da tarde (13h00). As colheitas de sangue para realização do eritograma, do número total de leucócitos e para determinação quantitativa de cortisol, triiodotironina (T₃) e tiroxina (T₄) foram realizadas no horário de pico de temperatura ambiente local (13h00). Foram considerados os períodos: mais chuvoso (janeiro a abril), de transição (maio a julho) e menos chuvoso (agosto a dezembro). Através da análise de variância foram constatadas diferenças significativas (P<0,05) da TA, índice de temperatura e umidade (ITU) e Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), entre os turnos e grupos, sendo mais elevados no período da tarde e no grupo SS. Os maiores valores de UR ocorreram no período mais chuvoso do ano, com diferenças estatísticas (P<0,05) entre os turnos, com valores superiores pela manhã. Resultados da análise de variância das variáveis fisiológicas TR, TSC, FR e FC revelaram diferenças significativas entre os turnos e grupos, com valores superiores no turno da tarde e grupo SS (P<0,05). No que se refere aos dados hematológicos, o número de leucócitos sofreu influência dos períodos do ano e tratamentos (P<0,05). No período mais chuvoso, o grupo CS apresentou valores superiores, enquanto nos períodos de transição e menos chuvoso, os maiores valores

foram do grupo SS. Os valores de hemácias sofreram influência apenas dos tratamentos ($P < 0,05$), com valores mais elevados no grupo SS, durante o período menos chuvoso do ano. O teor de hemoglobina sofreu influência somente nos períodos de transição e menos chuvoso, com níveis mais elevados ($P < 0,05$). Em relação aos resultados hormonais, o cortisol sofreu influência dos tratamentos e períodos ($P < 0,05$), com valores mais altos no grupo SS e períodos mais e menos chuvosos ($P < 0,05$), enquanto que no período de transição foram observados os menores valores. As médias mais elevadas de T_3 e T_4 foram registradas no período mais chuvoso ($P < 0,05$). A TR, TSC e FR apresentaram correlações significativas ($P < 0,01$) e positivas com a TA, ITU e ITGU, e negativas com a UR, as quais foram mais elevadas no período menos chuvoso. A FC, nos dois períodos do ano, apresentou correlações baixas, porém altamente significativas ($P < 0,01$) e positivas, com a TA, ITU e ITGU, e significativa e negativa ($P < 0,05$), com a UR, somente no período mais chuvoso do ano. Os leucócitos, hemácias e o volume globular não se correlacionaram com a TA, UR e ITGU. Somente a hemoglobina teve correlação significativa e negativa ($P < 0,05$), com a UR. O cortisol não se correlacionou com a TA, UR e ITGU. O T_3 e T_4 se correlacionaram, negativamente, com a TA e ITGU, e positivamente, com a UR. Conclui-se que independente do período do ano, as búfalas Murrah estão sujeitas a ambiente hostil, com o período menos chuvoso considerado como o mais propício a provocar estresse térmico. O período de transição é o que menos causou impacto sobre as variáveis hormonais, e pode ser considerado de melhor conforto térmico. A arborização da pastagem é eficiente para melhorar o conforto e, conseqüentemente, o desempenho produtivo dos animais, principalmente no turno da tarde.

Palavras chave: fisiologia, hematologia, cortisol, hormônios tireoideanos, búfalos, bioclimatologia.

ABSTRACT

This thesis aimed at evaluate the effects of heat stress on physiological, hematologic and hormonal responses of female buffaloes raised under full sun and shade at Embrapa Eastern Amazon, Belem, Para State, Brazil (01°.26'.03" S e 48°.26'.03" W). Twenty female Murrah buffaloes were used. They were randomly assigned into two groups (Non Shade Group – NS, and Shade Group – SG). All animals were kept under rotational grazing: the ones in the NS group (n=10) were maintained in paddocks under a silvopastoral system, shaded by the tree legume *Acacia mangium*, whereas the ones in the SG (n=10) were kept in paddocks with no shade access. All animals were grass fed with *Brachiaria humidicola*, and had free access to drinking water and mineral salt. The climate variables: air temperature (AT), relative humidity (RH) and black globe temperature (BGT) were measured on each treatment. The physiological variables studied were: rectal temperature (RT), respiratory rate (RR), heart rate (HR) and body surface temperature (BST). They were measured in the morning (7h00) and in the afternoon (13h00). Blood sampling, aiming erythrogram, leukocyte count, and the quantitative determination of cortisol, triiodothyronine (T₃) and thyroxine (T₄), was carried out at the time of the highest temperature in the region (13h00). Three distinct climatic periods of the year were considered: rainy (January to April), transition (May to July) and less rainy (August to December). Analysis of variance showed that there were significant differences (P<0.05) in the AT, temperature humidity index (THI), and black globe humidity index (BGHI) between the distinct periods of the day and between groups. The highest rates were observed in the afternoon in the NS group. The highest RH values were observed during the rainy period. There were statistical differences (P<0.05) in RH between the periods of the day, and the highest values were measured in the morning. Results of analysis of variance for the physiological parameters RT, BST, RR and HR revealed that there were significant differences between the periods of the day and groups, and the values observed in group SS, during the afternoon, were higher (P<0.05) than the ones during the morning. Regarding the hematologic data, the leukocytes count was influenced by the periods of the year and treatments (P<0.05). During the rainy periods, the SG group presented the highest values. In the less rainy and transition periods, the highest values were observed in the NS group. The

erythrocytes count was influenced ($P < 0.05$) by the treatments, and the NS group showed the highest values in the less rainy period. Hemoglobin contents were not influenced by the treatments, however they were influenced by the periods of the year, and the highest levels ($P < 0.05$) were observed during the transition and less rainy periods. Regarding the hormones, cortisol was influenced by the treatments ($P < 0.05$), and the NS group showed the highest values. The highest mean rates of cortisol were reported during the rainy and less rainy periods of the year ($P < 0.05$), and the transition period presented the lowest cortisol values. The highest average levels of T_3 and T_4 were recorded during the rainy period ($P < 0.05$). RT, BST and RR presented a significant and positive ($P < 0.01$) correlation with AT, THI and BGHI, and a negative correlation with RH. These correlations were higher during the less rainy period. HR showed low, but relevant and positive ($P < 0.01$) correlations with AT, THI and BGHI during the two other periods, and significant and negative ($P < 0.05$) correlation with RH only in the rainy period. Leukocytes, erythrocytes and the globular volume did not correlate with AT, RH and BGHI. Only hemoglobin presented a significant and negative ($P < 0.05$) correlation with RH. Cortisol did not correlate with AT, RH and BGHI. T_3 and T_4 correlated negatively with AT and BGHI, and positively with RH. We concluded that regardless of the season, Murrah buffaloes are subject to a hostile environment, and that the less rainy period is the most conducive to cause heat stress. The transition period caused less impact on the hormonal variables. It can be considered as the period with the best thermal comfort. Forestation of pasture areas is sufficient to increase comfort and consequently improve the productive performance of the animals, especially during the afternoon.

Keywords: physiology, hematology, cortisol, thyroid hormones, buffaloes, bioclimatology.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Com o encarecimento dos recursos produtivos na agricultura e crescente demanda de produtos de origem animal para a alimentação humana, criadores e técnicos estão em busca de melhores índices de produtividade. Entretanto, novas e eficazes práticas zootécnicas podem causar desconforto aos animais, em detrimento de sua produção e saúde. Para se evitar ou atenuar o efeito de possíveis estressores e proporcionar ambientes mais favoráveis para o desempenho animal, há necessidade de se intensificar os estudos sobre estresse.

O estresse animal pode ser de origem climática (frio ou calor excessivos), nutricional (falta de água ou alimento) ou devido a problemas provocados por alterações fisiológicas, patológicas ou tóxicas. Dentre essas causas, condições climáticas inadequadas têm se destacado, por provocar redução no desempenho produtivo e reprodutivo dos animais. Em regiões tropicais e subtropicais, o sucesso da produção animal é dependente da redução dos efeitos climáticos.

O búfalo foi utilizado, no Brasil, inicialmente para a ocupação dos chamados “vazios pecuários”, devido a sua capacidade de adaptação a territórios onde outras espécies não produziam bem, o que promoveu a falsa idéia de que era animal para produzir em qualquer condição de ambiente. Entretanto, a produtividade animal está relacionada à adaptação do rebanho às condições de manejo e ambiente. Assim, é de fundamental importância conhecer o comportamento natural das espécies para elaborar práticas de manejo, alimentação e construções de instalações que respeitem as exigências mínimas dos animais e sejam adequadas aos seus hábitos. Nesse sentido, o búfalo, como qualquer outro animal, necessita de cuidados e o estudo de seu comportamento fisiológico, frente aos desafios ambientais, é condição essencial para garantir sua produtividade.

Segundo o IBGE, 63% dos búfalos domésticos são criados na Amazônia, onde as ocorrências climáticas ocasionam perdas significativas a animais menos adaptados. Apesar da divulgação na literatura sobre a adaptabilidade dos bubalinos às mais variadas condições de ambiente, eles possuem particularidades estruturais específicas, como forte concentração de melanina na pele e no pelo, pequena quantidade de glândulas sudoríparas, baixa densidade de pelos e pele escura que os tornam sensíveis à

radiação solar. Seu sistema termorregulador é eficiente, porém, quando submetidos às elevadas temperaturas ambiente, apresentam estresse térmico, que compromete seu desempenho produtivo.

Na maioria das espécies domésticas, está comprovado que a temperatura corporal sobe como resposta à elevação da temperatura do ar, e essa hipertermia é acentuada, quando associada à alta umidade e radiação solar intensa, que eleva a atividade respiratória e desajusta o sistema termorregulatório. Quando submetidos a ambientes quentes, os animais homeotérmicos empregam vários mecanismos termorreguladores, para atingir o equilíbrio térmico. Esses mecanismos visam a dissipação de calor, a fim de evitar o superaquecimento. Inicia-se a vasodilatação generalizada, com aumento do fluxo sanguíneo periférico, sudorese e elevação do ritmo respiratório. Assim, alterações na temperatura retal e frequência respiratória têm sido os dois parâmetros mais utilizados como medida de conforto e adaptabilidade do animal a ambientes adversos. Nos bubalinos, a perda de calor pelo ar expirado é mais importante que pela transpiração, pois possuem baixa eficiência na perda de calor pelas vias cutâneas, sendo a via respiratória de grande importância na dissipação de calor. Além da frequência respiratória, a temperatura retal e a frequência cardíaca aumentam rapidamente, devido a elevação da temperatura de ar.

O sangue, como veículo de comunicação entre os órgãos, transporta nutrientes e oxigênio dos pulmões para os diversos tecidos, e o dióxido de carbono gerado durante o metabolismo respiratório para a excreção pulmonar. Dessa forma, o aumento da frequência respiratória causada por variações edafoclimáticas pode influenciar nas variáveis hematológicas dos animais, principalmente quando expostos a ambientes com elevadas temperaturas e intensa radiação solar.

Na tentativa de reduzir a produção de calor endógeno, ocorre queda no consumo de alimentos e na concentração de hormônios tireoideanos e elevação dos níveis de cortisol no plasma. Além disso, vários mecanismos adaptativos comportamentais desempenham importante papel, como a busca por sombra e superfícies mais frias, mudança na postura, com redução da atividade muscular, e aumento de ingestão de água. Quando esses recursos são insuficientes para baixar a temperatura corporal, à medida que a temperatura ambiente se eleva, os processos termorregulatórios perdem a eficácia e o animal vem a óbito, devido ao calor acumulado.

Para ajudar na manutenção da homeotermia, o búfalo procura a imersão na água ou charfudação na lama. Entretanto, várias pesquisas comprovam que a imersão em água não é essencial para a sua sobrevivência, pois podem crescer normalmente sem a presença de água para se banharem, desde que sombra adequada esteja disponível. A adoção de sistemas silvipastoris, que incorporam o uso de essências florestais às pastagens, reduz o efeito negativo de condições climáticas estressantes sobre os animais, confere maior conforto e determina aumento na produtividade.

Apesar de a Amazônia deter a maior parte do efetivo brasileiro de bubalinos, criados para a produção de carne e leite, e de sofrerem ação das condições climáticas regionais, são reduzidas as pesquisas sobre ecofisiologia, que abordem o manejo do ambiente físico para elevar o conforto e a eficiência produtiva desses animais. Dessa forma, o presente trabalho foi dividido em capítulos, cujos objetivos estão descritos a seguir.

O Capítulo 1 apresenta uma revisão bibliográfica abordando fatores climáticos que interferem na produção animal, fisiologia do estresse e os efeitos do estresse térmico sobre as variáveis fisiológicas, hematológicas e hormonais dos animais. A revisão também aborda as especificidades do búfalo em condições de estresse térmico, bem como, enfatiza a importância do uso de índices de conforto ambiental.

O Capítulo 2 teve como objetivo geral avaliar o efeito do estresse térmico sob variáveis fisiológicas e hematológicas de búfalas da raça Murrah, criadas ao sol e à sombra, nos períodos do ano de 2009, nos turnos da manhã e tarde, sob as condições climáticas da Amazônia Oriental. Os objetivos específicos visam: 1) Calcular o índice de temperatura e umidade (ITU) e o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU); 2) Estudar o comportamento das variáveis climáticas (temperatura do ar, umidade relativa do ar, ITU e ITGU), nos dois sistemas de manejo (com e sem sombra), em dois turnos (manhã e tarde), e em três períodos do ano (mais chuvoso, de transição e menos chuvoso); 3) Estudar as variáveis fisiológicas (temperatura retal, temperatura da superfície corporal, frequência cardíaca, e frequência respiratória) de búfalas da raça Murrah, criadas à sombra e ao sol, no turno da manhã e da tarde, nos três períodos do ano, na Amazônia Oriental; 4) Determinar o eritrograma e o número total de leucócitos desses animais; 5) Avaliar a influência das variáveis climáticas sobre as variáveis

fisiológicas e hematológicas das búfalas; e 6) Correlacionar variáveis climáticas com fisiológicas e hematológicas.

Finalmente, no Capítulo 3, o objetivo foi avaliar o efeito do estresse térmico sob o perfil hormonal de búfalas Murrah, criadas ao sol e à sombra, nas condições climáticas da Amazônia Oriental, e teve como objetivos específicos: 1) Calcular o ITGU; 2) Estudar o comportamento das variáveis climáticas (temperatura do ar, umidade relativa do ar, ITGU) no turno da tarde, durante os três períodos do ano; 3) Determinar os níveis dos hormônios cortisol, triiodotironina (T_3) e tiroxina (T_4) de búfalas Murrah, criadas ao sol e à sombra, nos períodos três períodos do ano; 4) Avaliar a influência das variáveis climáticas sobre o perfil hormonal das búfalas; e 5) Correlacionar variáveis hormonais com variáveis climáticas.

CAPÍTULO 1

Referencial Teórico

Avaliação do Estresse Térmico em Búfalas Murrah Criadas em Dois Diferentes Sistemas de Manejo nas Condições Climáticas da Amazônia Oriental

2. CAPÍTULO 1 - REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O CLIMA E SUA IMPORTÂNCIA NA PRODUÇÃO ANIMAL

O clima é o fator ambiental que mais exerce efeito no bem-estar e na produtividade animal. Consiste em um conjunto de fenômenos meteorológicos de natureza complexa que, ao atuar em conjunto ou isoladamente, influencia no comportamento e constitui fator regulador da produção animal e escolha de raças fisiologicamente adaptadas. As variáveis climáticas causam efeitos diretos e indiretos nos animais, que refletem no desempenho produtivo. Nas regiões de clima tropical, o estresse térmico é um dos principais fatores que limitam o desenvolvimento dos animais (SHALASH, 1994; McMANUS *et al.*, 1999; PEREIRA, 2005).

Na Amazônia, o clima é tropical quente e úmido, com três tipos climáticos, segundo a classificação de Köppen. O tipo Af_i (17,35% da Amazônia) não possui período seco definido. No tipo Am_i (41,07% da Amazônia) ocorrem cerca de três meses de estiagem, enquanto no tipo Aw_i (41,58% da Amazônia) há período seco definido. Em todas essas condições, as variáveis climáticas, temperatura do ar e umidade relativa do ar, alcançam níveis elevados (BASTOS *et al.*, 2002). Esses fatores climáticos, quando associados ao manejo inadequado do animal e da pastagem, podem ser considerados elementos estressantes e refletem, negativamente, no desempenho animal, e impedem a exteriorização do seu potencial produtivo e reprodutivo (PARANHOS DA COSTA, 2000; TOWNSEND *et al.*, 2000).

A temperatura do ar é o fator climático com maior influência sobre o ambiente físico, pois afeta os mecanismos reguladores térmicos, energéticos, hormonais e de consumo de água dos animais domésticos, o que reflete no crescimento, reprodução, produção e imunidade (FERREIRA e CARDOSO, 1993; BACCARI JÚNIOR, 2001). É importante conhecer as suas variações, pois, no decorso do dia, existem momentos mais ou menos favoráveis ao conforto térmico dos animais. Esse processo é mediado pelo balanço de radiação, ou seja, pela contabilização entre o recebimento e a devolução de radiação, a qual é variável e promove alterações diárias e anuais na temperatura do ar.

A elevação da temperatura ambiente ocorre quando há balanço positivo de radiação, pois o ar, em contato com o solo, é aquecido por condução. Por outro lado, no

balanço de radiação negativo, é estabelecido um fluxo de calor, também, por condução, do ar para a superfície, quando o ar é resfriado (TUBELIS e NASCIMENTO, 1992). Entretanto, os efeitos da temperatura do ar estão intimamente ligados e dependentes do nível de umidade relativa do ar (SILVA, 2000). Esse fator climático mede a relação entre a quantidade de vapor existente no ambiente e que existiria se o mesmo estivesse saturado, na mesma temperatura (PEREIRA, 2005). Quanto mais elevada a temperatura do ar, maior é a capacidade do ambiente em reter vapor d'água, devido a umidade relativa apresentar um curso diário inverso ao da temperatura (TUBELIS e NASCIMENTO, 1992).

A importância da umidade relativa do ar está relacionada às perdas de calor do animal, por evaporação. Quando o ambiente é muito quente, a baixa umidade relativa do ar favorece mecanismos evaporativos, que ocorrem com maior rapidez e causam irritação cutânea e desidratação. Por outro lado, níveis elevados prejudicam a perda de calor e intensificam o estresse térmico (SILVA, 2000; PEREIRA, 2005). Temperaturas do ar, entre 13°C e 18°C, e umidades relativas do ar, de 60% a 70%, são adequadas para criação da maior parte dos animais (MACHADO e GRODZKI, 1994). Em condições naturais, quando a temperatura do ar supera 29°C, os bubalinos apresentam desconforto térmico e se refrescam em banhados ou sombras (FAO, 1991). Sob a copa de árvores, ocorre decréscimo de 2 a 3°C na temperaturas do ar, o que contribui para a redução do incremento calórico de animais em pastejo (PEZO e IBRAHIM, 1998). O sombreamento de pastagens pelo estabelecimento de espécies arbóreas tem sido indicado para minimizar os efeitos adversos do clima sobre os bovídeos (VEIGA e SERRÃO, 1990), o que contribui para melhor desempenho produtivo.

2.2 ESTRESSE ANIMAL

Os animais são afetados de variadas formas pelo ambiente e podem sofrer estresse, o que indica a ocorrência de condições adversas, que provocam queda da produção, transtornos reprodutivos, distúrbios comportamentais e alterações fisiológicas. Em fêmeas lactantes, o estresse calórico causa redução na produção de leite, devido ao menor consumo de matéria seca, com balanço energético negativo

prolongado pós-parto e aumento do intervalo de partos. Além disso, há diminuição na fertilidade, evidenciada por ausência de manifestação de estro e diminuição da eleição de um folículo dominante (MÜLLER, 1989; RENSIS e SCARAMUZZI, 2003).

Foram definidas três formas de estresse: “eustresse” ou “bom estresse”, que é um estímulo benéfico ao animal e permite a manutenção da homeostase; “estresse neutro”, que não provoca reações maléficas e nem benéficas ao animal; e “distresse”, que pode ou não, por si próprio, ser prejudicial ao animal, mas envolve respostas que interferem no bem-estar e na produção e/ou reprodução e são capazes de induzir alterações patológicas. A palavra estresse é usada para situações agressivas impostas a animais, como estímulos estressores. Ao se defrontar com o agente estressor, de origem interna ou externa, o organismo desenvolve processos fisiológicos, que consistem na soma de todas as reações sistêmicas, conhecidas como “Síndrome Geral de Adaptação” ou “General Adaptation Syndrome” (GAS). Essas reações desencadeiam mudanças que visam a estabilidade e provocam reajustes neuroendócrinos e metabólicos (ACCO *et al.*, 1999; PEREIRA, 2005).

A Síndrome Geral de Adaptação tem três diferentes etapas. Na primeira ocorre a **Fase de Reação de Alarme**, onde todo o organismo é mobilizado, sem que haja envolvimento de algum órgão em particular, específico ou exclusivo. É um estado de alerta geral. Durante essa etapa, ocorrem reações imediatas e rápidas, com diversas mudanças fisiológicas, que tem como objetivo re-estruturar os sistemas de controle do corpo, tais como: elevação da frequência cardíaca e aumento da pressão arterial, que resulta em melhor e mais rápida circulação do oxigênio, o que favorece a “ação e reação”, pela melhor atividade muscular esquelética; contração do baço, que assegura lançamento de maior quantidade de hemácias na circulação sanguínea, a fim de proporcionar melhor oxigenação do organismo; o fígado libera glicose (glicogenólise) para ser metabolizada, como fonte de energia para os músculos e cérebro; aumento da frequência respiratória e dilatação dos brônquios, que favorece a captação de oxigênio; dilatação das pupilas, para elevar a eficiência visual; elevação do número de linfócitos na corrente sanguínea, que prepara órgãos e tecidos, caso existam danos provocados por agentes externos (BALLONE, 2002; PEREIRA, 2005).

Se esse estímulo estressor continua, por período mais longo, sobrevém a segunda etapa, chamada de **Fase de Adaptação ou Resistência**. Nessa fase, o organismo

consegue lidar com o estímulo estressor e aprende a conviver com ele, assim, tende a restabelecer sua homeostase. Durante essa etapa, o organismo adapta suas reações e seu metabolismo, a fim de suportar o estresse, por um período de tempo. Dessa forma, se a habilidade compensatória dos mecanismos de defesa corporal supera a ação dos estímulos estressores, o organismo se normaliza, há aumento da resistência e os sintomas da primeira fase desaparecem. Por outro lado, se a ação dos estímulos estressores é prolongada, a habilidade compensatória do corpo pode ser superada e é desencadeada a terceira etapa, a **Fase de Exaustão**, onde ocorre a queda da imunidade, quando podem surgir diversas patologias, que resultam até na morte do indivíduo (BALLONE, 2002; PEREIRA, 2005). Assim, em situação de estresse, todo o sistema endócrino animal é afetado e ocorrem alterações orgânicas e fisiológicas, que visam dar condições de defesa ao indivíduo contra o agente agressor, de qualquer natureza (GENUTH, 2000; PEREIRA, 2005).

A fisiologia do estresse e toda a revolução orgânica por ele desencadeada são mediadas pelo eixo hipotálamo-hipófise-adrenal. As respostas hormonais iniciam-se na reação de alarme. O estímulo estressor atua, via sistema nervoso central (SNC), sobre as células neuro-secretoras do hipotálamo, que reagem para secretar corticotropina (CRH) e, por sua vez, estimula a hipófise a liberar o hormônio adrenocorticotrófico (ACTH), que atua à distância e provoca liberação de hormônios produzidos pelas glândulas adrenais. Na porção medular das adrenais são produzidas as catecolaminas (adrenalina e noradrenalina), responsáveis pela excitação inicial, indispensável para desencadear a Síndrome Geral de Adaptação, que proporciona ao organismo reações rápidas e imediatas. A principal ação das catecolaminas liberadas é prover maior circulação sanguínea aos órgãos vitais (noradrenalina) e aumentar o catabolismo, para provocar lipólise e gliconeogênese (adrenalina). Na porção cortical das adrenais são produzidos os glicocorticóides e alguns hormônios sexuais, como andrógenos e estrógenos (COOK *et al.*, 1996; TRAINER *et al.*, 1998; COLLETA, 2000; CARLSON, 2002).

Os glicocorticóides (GC) executam funções metabólicas essenciais, principalmente no metabolismo de carboidratos. São conhecidos como hormônios da adaptação e responsáveis, como principal função, pelo metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídios, e formação da glicose (gliconeogênese), que é rapidamente lançada na corrente sanguínea, para disponibilizar uma fonte imediata de energia e fazer frente à

situação de estresse (GONZÁLEZ e SILVA, 2003). Eles regulam as catecolaminas, pois a sua síntese necessita de glicose. O aumento da taxa de glicose sanguínea é importante, uma vez que há necessidade de fonte de energia rapidamente utilizável. Entretanto, se o estresse se tornar crônico, os GC podem ser lesivos aos tecidos e órgãos, pois inibem o crescimento somático e ósseo (GENUTH, 2000; PEREIRA, 2005). Além disso, uma importante ação dos GC é interferir na resposta imune, que torna os animais estressados, susceptíveis a enfermidades (ACCO *et al.*, 1999).

Os GC possuem muitos tecidos-alvos no organismo. Em geral, seus efeitos sobre eles constituem resposta, com o objetivo de contrabalancear estímulos estressores, pois elevam a taxa de gliconeogênese pelo fígado, bem como a taxa de mobilização de ácidos graxos do tecido adiposo. Além disso, a síntese de proteína é diminuída na musculatura esquelética, ao mesmo tempo em que a degradação protéica é aumentada, o que resulta em maior quantidade de aminoácidos disponíveis para a gliconeogênese (FRANDSON *et al.*, 2005). O estímulo hipotálamo-hipófise-adrenal se interrompe pelo mecanismo de retroalimentação negativa, ou seja, os hormônios das adrenais agem de volta ao hipotálamo, inibindo-o. Esse fenômeno de “feedback negativo” é necessário para restabelecer o equilíbrio orgânico, assim que a ação do agente estressor cesse (MATTERI *et al.*, 2000). Todavia, sob condições de prolongado estresse, os estressores estimulam diretamente a liberação de CRH, contornando o "regulador" do hipotálamo e desprezando assim, a influência do "feedback negativo" (ENCARNAÇÃO, 1992).

A glândula tireóide, também, está envolvida no desenvolvimento do estresse. Sua secreção hormonal é regulada, à distância, pelo hipotálamo, mediante a produção do hormônio liberador de tireotropina (TSH), que atua na tireóide e estimula a produção de tiroxina (T₄). A tiroxina é importante na regulação do metabolismo dos carboidratos, proteínas e lipídios, além de potencializar outros hormônios, como as catecolaminas e o hormônio do crescimento (SH). Quando a tiroxina é lançada na corrente sanguínea, retroativamente, interrompe a liberação de TSH pelo mecanismo de “feedback” e se processa o controle desse hormônio. O estresse pode causar alterações que repercutem no hipotálamo, como consequência, esse órgão provoca desordem na produção de tiroxina, e causa hiper ou hipotireoidismo. Hipertireoidismo é comumente observado na fase de alarme (fase inicial) e hipotireoidismo, quando o estresse prolongado gera esgotamento e colapso no sistema endócrino (PEREIRA, 2005).

2.3 AMBIENTE E ESTRESSE TÉRMICO

De todos os fatores que afetam os animais, o clima é o mais importante e suas eficiências produtiva e reprodutiva se relacionam com estímulos dos ambientes onde vivem (YANAGI JUNIOR, 2006). Assim, o clima exerce efeito sobre o comportamento e bem-estar dos animais e atua como fator regulador da sua exploração (ROCHA, 2008). A ação isolada ou a interação das variáveis climáticas atuam sobre os animais, direta e indiretamente, na ocorrência de doenças infectocontagiosas e parasitárias e controle da quantidade e qualidade das forrageiras (MARCHESINI *et al.*, 2001; MARQUES, 2001).

Os animais homeotérmicos, endotérmicos ou de “sangue quente”, têm capacidade de manter a temperatura corporal, em certos limites, apesar das variações do ambiente (URIBE-VELÁSQUEZ *et al.*, 2001). A estabilidade térmica (homeotermia) resulta do equilíbrio entre produção de calor pelo organismo ou por ele absorvido (termogênese) e do fluxo de perda de calor para o ambiente (termólise). Denomina-se “homeotermia” o equilíbrio entre termogênese e termólise. O calor endógeno é produzido pelo metabolismo dos alimentos orgânicos (carboidratos, lipídios e proteínas), para formação de energia necessária à manutenção de processos fisiológicos vitais e das atividades para locomoção, pastejo, produção, reprodução, etc. Além disso, outras atividades contribuem para formação de calor corporal, como fermentação ruminal, atividades musculares, além de absorção da radiação solar e calor do ambiente externo (PEREIRA, 2005; COSTA, 2007).

A regulação do calor endógeno, com o objetivo de evitar a hipertermia, ocorre através do acionamento de processos que resultam na termólise. Como a produção de calor pelo organismo animal é constante, a manutenção da temperatura corporal (normotermia) é essencial para o conforto animal e seu bem-estar. Entretanto, são essenciais os intercâmbios de calor entre o animal e o ambiente. Existem dois mecanismos de perda de calor: sensíveis e insensíveis. A forma sensível, ou não evaporativa, se faz através de radiação, condução e convecção, que em mamíferos correspondem a 71% do calor dissipado, em temperatura ambiente entre 0 e 10°C. Em temperatura superior a 21,1°C, como acontece em regiões tropicais, a evaporação (suor

e respiração) se constitui no mecanismo mais eficiente de perda de calor (SILVA, 2000; SHEARER e BEED, 1990 citado por PEREIRA, 2005).

O mecanismo de perda de calor sensível depende da diferença de temperatura entre animal e ambiente físico. Em ambientes onde a temperatura do ar está próxima ou superior à corporal, esse mecanismo torna-se ineficaz. Na radiação, ocorre a transferência do calor, sob formas de ondas eletromagnéticas para o espaço, sem que este se aqueça. Na condução, ocorre a transferência de calor originária do núcleo central do organismo para a pele e daí para o ambiente. Nesse caso, a perda de calor se dá pelo contato entre as moléculas, que promove a transferência de calor das partes mais internas (nucleares) do organismo para as superficiais. Em mamíferos, a condução de calor ocorre, também, pelo aquecimento do ar inspirado. Nas perdas por convecção, ocorre a transferência de calor pela circulação de fluidos aquecidos. Essa transferência depende da temperatura da superfície corporal, forma e tamanho do corpo e da temperatura e velocidade do ar, em contato com o corpo (SILVA, 2000; PEREIRA, 2005).

As perdas por evaporação, pelas superfícies respiratórias e cutâneas, consistem na troca de calor, mediante a mudança do estado da água de líquido para gasoso. Essa é a forma insensível mais eficiente da dissipação de calor corporal e corresponde a cerca de 25% das perdas de calor. A água, ao passar do estado líquido para o gasoso, retira do organismo certa quantidade de calor, que resulta na redução da temperatura do corpo. A evaporação depende da pressão do vapor de água, portanto, à medida que aumenta a umidade do ar, existe diminuição na perda de calor por evaporação (NEIVA *et al.*, 2004; PEREIRA, 2005).

A evaporação cutânea, também, depende de outros fatores, como pelagem, cor da pele, porte do animal e concentração do sangue. Se a pele é recoberta por pelos longos e densos, o vapor aquoso pode ficar retido entre os pelos, que retém umidade sobre a superfície corporal. Pelos longos, crespos e densos diminuem a movimentação do ar sobre a superfície cutânea e reduzem a eliminação de calor corporal. Com relação ao tamanho dos animais, os de grande porte têm superfície pequena em relação à massa corporal e, com isso, menores habilidades de perdas insensíveis de calor. A perda de calor é, também, influenciada pelo grau de concentração do sangue. No calor, ocorre

hemodiluição, enquanto no frio a hemoconcentração, que favorece a retenção do calor endógeno (SILVA, 2000; PEREIRA, 2005).

A perda de calor insensível independe da temperatura do ar. O grande obstáculo é a umidade do ar que, quando alta, provoca saturação do vapor de água, que impede as perdas evaporativas (NEIVA *et al.*, 2004; SHEARER e BEED, 1990 citado por PEREIRA, 2005). As formas sensíveis de perda de calor são insuficientes para eliminar o calor produzido, durante o dia, pelo metabolismo ou incorporado, direta ou indiretamente, pela radiação solar. À noite ocorre o inverso e o calor armazenado é mais facilmente dissipado para o ambiente. Essa alternância de fluxo de calor, entre dia e noite, depende da temperatura ambiente (FINCH, 1989 citado por PEREIRA, 2005).

Contudo, para cada espécie, existe uma faixa de condições adequadas do ambiente, chamadas de Zona de Conforto Térmico (ZCT) ou de termoneutralidade, na qual o animal apresenta melhor produtividade, com menor gasto energético e mínimo esforço dos mecanismos termorregulatórios, melhor conversão alimentar, rápido crescimento corporal e menor mortalidade (SOUZA, 2007). A temperatura crítica inferior (TCI) e a temperatura crítica superior (TCS) são os limites da ZCT. Abaixo da TCI, o animal entra em estresse pelo frio, e acima da TCS, em estresse pelo calor (BACCARI JÚNIOR, 1998).

O controle da temperatura fisiológica de animais homeotérmicos é feito pelo aparelho termorregulador, comandado pelo hipotálamo. As terminações nervosas da pele recebem as sensações de calor e as transmitem ao hipotálamo, que atua sobre outras partes do cérebro, sistema nervoso, sistema circulatório, hipófise, tireóide, que determinam vasodilatação, sudação, aceleração do ritmo respiratório (taquipnéia), queda do apetite, maior ingestão de água, menor intensidade do metabolismo, menor termogênese e maior termólise. Este mecanismo ocorre em elevadas temperaturas ambiente (MARQUES, 2001).

Além disso, sob situação de estresse térmico, ocorre elevação da temperatura corporal e, conseqüentemente, aumento da evaporação respiratória e cutânea e do fluxo sanguíneo periférico (SILANIKOVE, 2000a; ROBINSON, 2004). Entretanto, quando esses recursos não são suficientes para reduzir a temperatura corporal, à medida que há incremento da temperatura do ar, os processos termorregulatórios perdem a eficácia e o animal vem a óbito, pelo excesso de calor (MARQUES, 2001).

O estresse térmico pode ser mensurado através das variáveis fisiológicas, tais como temperatura retal, frequência respiratória, perfil hematológico e hormonal. Do ponto de vista bioclimático, mesmo para animais considerados tolerantes ao calor, podem ocorrer alterações comportamentais e fisiológicas (BROWN-BRANDL *et al.*, 2003; FERREIRA *et al.*, 2006).

2.3.1 Estresse Térmico e Variáveis Fisiológicas

A temperatura retal e frequência respiratória têm sido as variáveis fisiológicas mais utilizadas, como medida de conforto animal e adaptabilidade a ambientes adversos, ou medidas da eficácia de modificações ambientais (BIANCA e KUNZ, 1978; HEMSWORTH *et al.*, 1995), e, em menor escala, a frequência cardíaca (FC) e a temperatura da pele (SILVA e GONDIM, 1971). A elevação da temperatura retal, em ambiente quente, indica que os mecanismos de liberação de calor se tornaram insuficientes para manter a homeotermia (ROBINSON, 2004). Essa variável fisiológica, também, pode ser influenciada por outros fatores extrínsecos, como hora do dia, ingestão de alimentos e água, estado nutricional, densidade e exercício e fatores intrínsecos, como idade, raça, sexo, estado fisiológico e capacidade de adaptação do animal ao ambiente (BACCARI JÚNIOR, 1998). Assim como a temperatura retal, a frequência respiratória sofre influências intrínsecas, como exercícios físicos, medo, excitação, estado fisiológico e produção de leite, e extrínsecas, como temperatura e umidade do ar, radiação solar, velocidade dos ventos, estação do ano, hora do dia e sombreamento. Em situações de estresse térmico, essa variável fisiológica se eleva, antes do aumento da temperatura retal (FERREIRA *et al.*, 2006).

Diversos trabalhos de pesquisa demonstram que o estresse térmico pode alterar reações fisiológicas e comportamentais nos animais. Sob essa situação, o aumento do grau de resfriamento evaporativo-respiratório reflete na elevação da frequência respiratória, em bubalinos (GUIMARÃES *et al.*, 2001; LOURENÇO JUNIOR, 1998; MATOS, 2008), caprinos (MARTINS JUNIOR *et al.*, 2007), ovinos (NEIVA *et al.*, 2004) e bovinos (FERREIRA *et al.*, 2006). Animais submetidos ao estresse térmico consomem mais água e com mais frequência do que os mantidos à sombra, provavelmente, para compensar o aumento do potencial de perda por evaporação,

através da elevação da frequência respiratória (FERREIRA *et al.*, 2006; AL-TAMIMI, 2007).

A temperatura de superfície corporal está diretamente relacionada às condições ambientais de umidade e temperatura do ar e vento, e das condições fisiológicas, como vascularização e evaporação pelo suor. Em temperaturas do ar amenas, essa variável contribui para a manutenção da temperatura do corpo, mediante trocas de calor com o ambiente (ROBINSON, 2004).

A alteração na circulação sanguínea local e geral é uma das principais funções fisiológicas da termorregulação. Essa variação do fluxo sanguíneo para a periferia é um meio eficaz de transferir energia térmica do interior do corpo para o ambiente externo e constitui o único meio controlável de distribuição dessa energia pela superfície corporal. Em estresse térmico, ocorre vasodilatação periférica, que resulta em queda da pressão sanguínea, e, para compensar essa redução, há incremento no trabalho cardíaco. Por isso, animais em ambientes quentes tendem a apresentar sensível aumento dos batimentos cardíacos (SILVA, 2000).

Assim, em ambientes com elevadas temperaturas e umidades relativas do ar ocorre incremento nos valores das variáveis fisiológicas: frequência respiratória e temperatura da pele, em fêmeas bubalinas, entretanto, há redução da taxa de sudação, que pode ser devida à dificuldade de perda de calor por evaporação de água e transferência de calor da superfície da pele para o meio, que promove acúmulo de calor corpóreo no animal e desconforto térmico (FERREIRA *et al.*, 2006; GARCIA, 2006).

2.3.2 Estresse Térmico e Parâmetros Hematológicos

O sistema sanguíneo é, particularmente, sensível às mudanças de temperatura e se constitui em importante indicador das respostas fisiológicas a agentes estressores. Alterações quantitativas nas células sanguíneas são associadas ao estresse térmico, traduzidas por variações nos valores do hematócrito, número de leucócitos circulantes, conteúdo de eritrócitos e teor de hemoglobina no eritrócito (PAES *et al.*, 2000). Entretanto, vários fatores devem ser levados em consideração, tais como, espécie, raça, sexo, idade, estado fisiológico e hora do dia, uma vez que eles podem interferir nos valores de referência para a interpretação dos referidos parâmetros (JAIN, 1993).

Assim, os valores hematológicos obtidos para animais criados em determinada região não podem ser considerados valores de referência para animais de outra região, sem avaliação adequada (BIRGEL JÚNIOR *et al.*, 2001).

O sangue é um veículo de comunicação entre os órgãos e tem a função de transportar nutrientes e oxigênio dos pulmões para os diversos tecidos, bem como o dióxido de carbono gerado no metabolismo respiratório, para a excreção pulmonar (LEHNINGER, 1984). Assim, o aumento da frequência respiratória, causada pelo estresse térmico, pode influenciar nos parâmetros hematológicos dos animais (SCHMIDT-NIELSEN, 1996). A hemoglobina é responsável pelo transporte de oxigênio dos pulmões para os diferentes tecidos e, durante situação de estresse, a liberação do oxigênio se dá de forma mais rápida, o que contribui para aumento da taxa de consumo de oxigênio e, conseqüentemente, elevação do valor desse componente sanguíneo (SCHMIDT-NIELSEN, 1996). O eritrograma, parte do hemograma que avalia a série vermelha (hemácias), também é utilizado para avaliação da capacidade adaptativa de animais, uma vez que o sangue está diretamente envolvido nos mecanismos de perda de calor (MEYER e HARVEY, 1998).

Os leucócitos desempenham sua atividade em processos de inflamação e imunológicos de tecidos. Atualmente, a classificação mais aceita divide os leucócitos no grupo formado na medula óssea, granulócitos e monócitos, que se originam da mesma célula, e os formados nos órgão linfáticos, os linfócitos. Essas células atuam na identificação e neutralização dos agentes estranhos ao organismo, chamados antígenos (GARCIA-NAVARRO, 2005). Em situações de estresse térmico, em virtude da secreção endógena de corticosteróides, o número de leucócitos totais pode estar aumentado (FERREIRA NETO *et al.*, 1978).

Devido a uma das principais respostas ao estresse serem decorrentes de ação da adrenalina e cortisol, verifica-se alterações no quadro leucocitário, minutos após a secreção da adrenalina, enquanto que alterações mediadas pela ação dos corticosteróides só se manifestam algumas horas após a estimulação do agente estressor. As informações na literatura sobre os efeitos do estresse no sistema imune são de difícil interpretação. Essas discrepâncias poderiam ser explicadas, parcialmente, pelos tipos e duração dos agentes estressores, e se foram medidos aspectos inatos ou adaptativos do sistema imune (SALAK-JOHNSON e McGLONE, 2009).

Espera-se que ocorram linfocitose e/ou neutrofilia, devido à atividade da adrenalina (JAIN, 1993). A ação da adrenalina resulta em uma neutrofilia transitória ou pseudoneutrofilia, onde ocorre duplicação do valor normal de neutrófilos, durante dez a vinte minutos, após efeito estressante, devido ao desvio das células do *pool* marginal, em direção ao *pool* circulante, atribuído ao efeito β -adrenérgico da adrenalina e redução da aderência dos neutrófilos à parede dos vasos (GRAHAM, 2000). Uma vez liberados, em decorrência do estresse, os corticóides promovem uma leucocitose típica com neutrofilia, em geral, sem desvio à esquerda, linfopenia e eosinopenia (JAIN, 1993).

O estresse por calor de longa duração, além de reduzir o número de hemácias, pode diminuir o volume globular, que leva à hemoconcentração, devido à perda de água, pela evaporação (SILVA *et al.*, 2003). A diminuição do consumo de alimentos, causa secundária do estresse calórico, é importante para ser avaliada, pois a alimentação deficiente reduz a neo-formação de hemácias e o valor do hematócrito. E, como a hemoglobina representa aproximadamente 92% dos componentes dos eritrócitos, ocorre redução da hemoglobina (ROBINSON, 2004).

Por outro lado, outros autores afirmam que, em situação de estresse, o organismo animal tende a aumentar o número de hemácias e o teor de hemoglobina. Barcelos *et al.* (1989) encontraram, em bubalinos, níveis mais elevados no número de hemácias e hemoglobina, quando em temperatura ambiente elevada, e concluíram que nessa espécie há maior capacidade de perda de calor, através da sudoração, o que leva à hemoconcentração.

2.3.3 Estresse Térmico e Perfil Hormonal

O estudo das variações nas concentrações de hormônios da tireóide e das adrenais é de extrema importância, quando se quer conhecer a relação entre estresse térmico e metabolismo animal (BREUNER e ORCHINIK, 2002; FRANDSON *et al.*, 2005; BRISTOW e HOLMES, 2007). Em animais sujeitos a estresse térmico, os hormônios da tireóide triiodotironina (T₃) e tiroxina (T₄) apresentam níveis alterados (SILVA, 2000). Entretanto, resultados de pesquisa sobre alterações plasmáticas, nas diferentes espécies domésticas, submetidas ao estresse térmico, têm sido pouco

conclusivos. Alguns autores relatam decréscimo nas concentrações plasmáticas de T_3 e T_4 (RENAUDEAU *et al.*, 2003; STARLING *et al.*, 2005; MORAIS *et al.*, 2008), enquanto outros não encontraram alteração hormonal (BERBEGIER e CABELO, 1990; BACCARI JÚNIOR *et al.*, 1996; URIBE-VELÁSQUEZ *et al.*, 1998). Como é de se esperar, em situações de estresse térmico, ocorre aumento da concentração sanguínea de cortisol (ALNAIMY *et al.*, 1992; McFARLANE *et al.*, 1995).

A relação dos efeitos climáticos sobre os animais, dentre outros fatores, determina o sucesso da produção animal, o que torna necessária a caracterização do ambiente térmico, que engloba os efeitos da radiação solar, temperatura de bulbo seco do ar (t_{bs}), velocidade do ar (v), umidade relativa (UR) e temperatura efetiva (t_{ef}) (BAETA e SOUZA, 1997). Para melhorar a eficiência na exploração pecuária, há necessidade de ajustes nas práticas de manejo dos sistemas de produção, o que possibilita sustentabilidade e viabilidade econômica (NEIVA *et al.*, 2004).

2.4 O BÚFALO E AMBIÊNCIA

O búfalo (*Bubalus bubalis*) é conhecido na Índia desde 60.000 anos a.C. Essa espécie foi domesticada no Vale dos Indus e região de Ur, 3.000 anos a.C. (ZAVA, 1984 citado por BERNARDES, 2007). É rústico, tem maior resistência às enfermidades e parasitoses que os bovinos, e é opção viável para produção de leite, carne e trabalho (NASCIMENTO e MOURA CARVALHO, 1993; OLIVEIRA, 2005). Os búfalos foram introduzidos, oficialmente, na região Norte do Brasil, em 1895, pelo criador marajoara Vicente Chermont de Miranda, com animais da raça Mediterrâneo, oriundos da Itália. Atualmente, a bubalinocultura encontra-se distribuída em todas as regiões brasileiras, com a maioria do efetivo localizado na região Norte (IBGE, 2008). O rebanho bubalino brasileiro é de cerca de 3,5 milhões de animais e o Pará possui em torno de 1,5 milhão de animais (BERNARDES, 2007).

Apesar da adaptabilidade dos bubalinos às mais variadas condições de ambiente, possuem particularidades estruturais específicas, como forte concentração de melanina na pele e no pelo, baixa quantidade e reduzida eficiência de glândulas sudoríparas e baixa densidade de pelos, e são sensíveis à radiação solar (BARBOSA *et al.*, 2007). Seu sistema termorregulador é eficiente, porém, quando submetidos à temperatura ambiente

de 36°C ou mais, apresentam estresse térmico (GUIMARÃES *et al.*, 2001), o que compromete sua produtividade.

A epiderme dos bubalinos é mais grossa que a dos bovinos (FAO, 1991). A quantidade de pelos/cm² da superfície corporal diminui com a idade e torna o animal quase glabro na idade adulta. Os pelos são relativamente longos e grossos e se implantam na pele, associados às glândulas sudoríparas e sebáceas, que formam o aparelho pilo-sebáceo-músculo-sudoríparo (VILLARES *et al.*, 1979b). Devido a baixa densidade de pelos, não se forma camada de ar isolante sobre a pele, como ocorre em bovinos, o que favorece a dissipação do calor corporal. Entretanto, se a pele escura protege-o da radiação ultravioleta do sol, a ausência da camada reflexiva de pelos sobre a pele, torna-o susceptível às radiações infravermelhas, que são absorvidas imediatamente. Assim, sua pele escura é grave desvantagem na exposição direta aos raios solares (FAO, 1991). Apesar dos búfalos serem sensíveis à exposição da radiação solar direta (PANT e ROY, 1982), quando têm sombra disponível, atuam como um típico “corpo negro” radiador de calor, e recuperam seu equilíbrio térmico (MASON, 1974).

As glândulas sebáceas dos búfalos são volumosas e com maior atividade secretória que as dos bovinos. Em situações de calor, o sebo produzido por elas se fluidifica, o que torna a pele mais oleosa, podendo favorecer a reflexão da radiação solar (SHAFIE, 2005). Entretanto, as glândulas sudoríparas são do tipo apócrina, com densidade por unidade de área da superfície corporal dez vezes menor que nos bovinos (MASON, 1974). Búfalos das raças Jafarabadi, Murrah e Mediterrâneo possuem, respectivamente, 114, 124 e 149 glândulas/cm² de superfície da pele (VILLARES, 2003). Devido ao reduzido número de glândulas sudoríparas, a perda de calor, por via cutânea, que seria a via de maior dissipação térmica, para a maioria dos animais em regiões tropicais (COSTA, 2007), é menor que nos bovinos (LOYPETJRA *et al.*, 1987 citado por COSTA, 2007), porém, apresentam altas taxas de sudação, sob condições de temperaturas elevadas (PANT e ROY, 1982).

Devido a essas particularidades estruturais específicas, os búfalos sofrem bastante os efeitos das variáveis climáticas e apresentam algumas dificuldades na dissipação do excesso de calor corporal (PARANHOS DA COSTA, 2000). Portanto,

esses animais utilizam outros meios de adaptação ao clima tropical, para eliminar o excesso de calor para o meio (GUIMARÃES *et al.*, 2001).

É muito difícil indicar os valores de dados fisiológicos normais dos bubalinos, pois pode haver erros devido aos efeitos de fatores externos e internos (SHAFIE, 2000). Entretanto, diversas pesquisas indicam que os valores de suas variáveis fisiológicas são menores que em bovinos. Para Fahimuddin (1975), temperatura retal, frequência respiratória e frequência cardíaca normais são 37,1°C, 15 movimentos/minuto e 40 batimentos/minuto para os búfalos, comparados a 38,6°C, 20 movimentos/minuto, e a 50 batimentos/minuto para os bovinos. Esses valores são estranhamente baixos para ambas as espécies (SHAFIE, 2000).

A zona do conforto para búfalos está entre 13 e 24°C (GOSWAMI e NARIAN, 1962 citado por SHAFIE, 2000). Segundo esses autores, quando os bubalinos são submetidos à temperatura ambiental acima de 24°C, a temperatura corporal reage mais fortemente, o que sugere ser essa a temperatura crítica superior. Entretanto, Guimarães *et al.* (2001) não observaram elevação da temperatura de novilhos bubalinos confinados em galpão, cuja variação de temperatura foi de 26,2 a 32,9°C. Para Misra *et al.* (1963) citado por COSTA (2007), a temperatura crítica para êxito no ajustamento da homeotermia é de 36,1°C. Na zona de conforto, Shafie (1959) citado por SHAFIE (2000) encontrou valores das variáveis fisiológicas dos búfalos maiores do que os relatados por Fahimuddin (1975) (Tabela 1).

Tabela 1. Valores normais das variáveis fisiológicas de búfalos e bovinos na zona de conforto térmico.

Temperatura do ar	Variável fisiológica normal		Búfalos	Gado Egípcio	Shorton leiteiro	Shorton x Egípcio
10-15°C (Zona de conforto térmico para bovinos)		Temperatura retal	37,4	37,9	38,4	38,4
		Frequência respiratória	18,0	21,0	27,0	29,0
		Frequência cardíaca	54,0	57,0	62,0	72,0
15-20°C (Zona de conforto térmico para búfalos)		Temperatura retal	37,8	38,2	38,5	38,7
		Frequência respiratória	23,0	23,0	31,0	34,0
		Frequência cardíaca	50,0	58,0	68,0	70,0
20-25°C (Zona de conforto térmico para bovinos de regiões subtropicais - Egípcio)		Temperatura retal	37,9	28,2	38,6	38,7
		Frequência respiratória	30,0	28,0	34,0	38,0
		Frequência cardíaca	53,0	57,0	66,0	73,0

Fonte: SHAFIE (2000).

Quando submetidos à temperatura acima da zona de conforto térmico, os bubalinos utilizam mecanismos fisiológicos evaporativos para dissipação de calor, e iniciam a vasodilatação generalizada, seguida por sudorese e aumento do ritmo respiratório (NÄÄS, 1989). A evaporação da água, por sudorese e/ou via respiração, é a principal rota de dissipação do calor e elimina 80% do calor corporal (SHEARER e BEEDE, 1990, citado por PEREIRA, 2005), e é vital sua capacidade em converter água ingerida em água evaporada. Nesses animais, a perda de calor pelo ar expirado é mais importante que pela transpiração (FAO, 1991), pois possuem baixa eficiência na perda de calor pela via cutânea (CHIKAMUNE *et al.*, 1986) e a via respiratória é de grande importância na dissipação de calor (VILLARES *et al.*, 1979a; GUIMARÃES *et al.*, 2001).

Temperatura retal, frequência respiratória e frequência cardíaca de búfalos aumentam rapidamente, devido à elevação da temperatura do ar (SHAFIE, 2000). Quando submetidos ao clima tropical, em câmara bioclimática, sob temperatura do ar de 28,2 a 34,7°C, elevam a temperatura retal, de 38,3 para 39,1°C, a frequência respiratória, de 22,6 para 48,4 movimentos/minuto, e a taxa de sudação, de 107,3 para

252,2g.m⁻².h⁻¹ (TITTO *et al.*, 1997). Búfalos Mediterrâneo, em estresse térmico, têm 39,8°C de temperatura retal, 118 movimentos/minuto de frequência respiratória e 79 g.m⁻².h⁻¹ de taxa de sudação, mais elevados que os encontrados sob termoneutralidade (VIEIRA *et al.*, 1995). Durante o verão, a temperatura retal e taxa de respiração de bovinos e bubalinos aumentam, com incremento de 1,05% e 36,36%, em vacas Friesian, e 0,53% e 10%, em búfalas. Sob essas condições, os seus pesos corporais diminuem, no período seco, em 22,9% e 6,8%, respectivamente. O volume das hemácias aumenta mais nas vacas do que em búfalas (KAMAL *et al.*, 1993).

Para contribuir na redução da produção de calor endógeno ocorre diminuição no consumo de alimentos e na concentração de hormônios tireoideanos no plasma (YOUSEF e JOHNSON, 1985). A partir de 34,4°C, os bubalinos reduzem o consumo de alimentos (GUZMAN JÚNIOR, 1980). Em situações de estresse pelo calor, a função da tireóide mostrou depressão mais baixa nos búfalos do que em bovinos Friesian. Em temperatura do ar de 22°C, as taxas hormonais de búfalos e bovinos Friesian eram de 10,13 e 13,75%, respectivamente. Sob temperaturas de 35°C, os valores respectivos eram 8,91 e 9,14%, com redução de somente 1,22% para búfalos, comparados a redução de 4,61%, nos bovinos Friesian (KAMAL *et al.*, 1972 citado por SHAFIE, 2000). Respostas similares para as duas espécies foram relatadas, igualmente, por Ibrahim (1968) citado por Shafie (2000), no inverno e verão, em condições climáticas do Egito, com temperaturas do ar controladas, de 14,6°C; 29,0°C e 42°C. A composição média de hormônio T₄ no soro sanguíneo de búfalos adultos, durante o verão e inverno, na Índia, era de 11,16 ± 2,04 e 11,36 ± 1,55 ng/mL, respectivamente. Os valores respectivos de T₃ eram 1,01 ± 0,11 e 0,85 ± 0,10 ng/mL.

Com relação ao volume sanguíneo e do plasma, Kamal e Shebaita (1972) reportaram quase os mesmos valores nos búfalos e bovinos Friesian. O volume do sangue estava 48,02 mL/kg e 48,17 mL/kg, respectivamente. Os volumes plasmáticos eram de 28,51 mL/kg e 29,87 mL/kg, durante o frio, e 33,93 mL/kg e 34,98 mL/kg no calor, nos búfalos e bovinos Friesian. É evidente que o estresse pelo calor causou um aumento aparente do líquido vascular, em ambas as espécies. Nesse estudo, os autores encontraram a mesma tendência sob as condições sazonais naturais no Egito, durante o inverno (18,4°C e 43% UR) e no verão (29°C e 55% UR). O aumento do volume sanguíneo, durante o verão, estava menor nos búfalos (9,8%) que nos bovinos Friesian

(13,6%). Os aumentos respectivos no volume do plasma foram de 10,2% e 12,3%. Apesar do aumento no volume do plasma no verão, os sólidos da circulação do plasma nos bovinos Friesian aumentaram em 21,6%. Ao contrário, os búfalos mostraram diminuição em sólidos do plasma (- 5,4%), resultado esperado pelo aumento no volume do plasma. Essa mudança incomparável no volume de sólidos do plasma precisa ser entendida, através de pesquisas elaboradas, que incorporem os sistemas hormonais e urinários.

O hematócrito e a concentração da hemoglobina de búfalos são correlacionados negativamente com a temperatura do ar. Em bubalinos e bovinos, o estresse térmico provocado pela exposição à radiação solar direta, causa diminuição na taxa de hemoglobina. Entretanto, os búfalos sempre tiveram maiores valores de hemoglobina, do que os bovinos (SHAFIE, 2000). Shebaita e Kamal (1973) citado por Shafie (2000) relataram valores baixos da hemoglobina em búfalas adultas e em vacas Friesian, $11,18 \pm 0,37$ e $9,25 \pm 0,27$ g/dL, respectivamente. Mullick (1960) citado por Shafie (2000) relatou valores mais elevados para búfalos indianos do que para bovinos indianos, 12,3 e 10,4 g/dL, em clima quente e seco (33°C, 33% UR), e 10,8 e 9,8 g/dL, em clima úmido (28°C, 82% UR), respectivamente.

Segundo Shafie (2000), a contagem total e diferencial de leucócitos, nos búfalos, não revelam nenhuma resposta às circunstâncias climáticas sazonais. O total médio de leucócitos por mm^3 , para búfalo egípcios e touros bovinos, era 13.430 ± 50 e 11.950 ± 50 . Os búfalos têm menor percentagem de linfócitos (43,5%) e monócitos (25,3%), mas apresentam valores mais elevados de neutrófilos (28,9%) do que os bovinos (50,2, 31,8, e 14,8, respectivamente). Os búfalos sujeitos ao estresse severo pelo calor, através da exposição direta da radiação solar, ao meio-dia, sofrem ligeira redução na contagem total, linfócitos e monócitos, com grande diminuição nos eosinófilos. Por outro lado, basófilos e neutrófilos exibem grande aumento.

Na Amazônia, ainda são reduzidas as pesquisas sobre ecofisiologia em bubalinos, que abordem o manejo do ambiente físico, para elevar o conforto e, conseqüentemente, as eficiências produtivas e reprodutivas (MAGALHÃES *et al.*, 1998). Nessa região, dados de pesquisa com búfalos comprovaram que há modificações nas variáveis fisiológicas frequências respiratórias e cardíacas, e temperatura corporal, à

temperatura ambiente constante, devido aos efeitos climáticos (LOURENÇO JÚNIOR *et al.*, 2006a).

O búfalo procura a imersão na água ou lama para manter a homeotermia (COSTA, 2007). Entretanto, pesquisas realizadas na Malásia e Flórida (NRC, 1981 citado por COSTA, 2007), na Austrália (TULLOCH e LITCHFIELD, 1981 citado por COSTA, 2007) e no Brasil (MORAES JÚNIOR, 2008) comprovam que a imersão em água não é essencial para a sobrevivência desses animais, que podem crescer normalmente sem a presença de água para se banharem, desde que sombra adequada esteja disponível.

Sob condições naturais, sempre que a temperatura do ar é superior a 29,0°C, os búfalos procuram água para imersão (FAO, 1991). Em Santa Catarina, no verão, a principal atividade dos búfalos pela manhã (entre 8 e 11 horas) é o banho, e à tarde, o pastoreio (MACHADO FILHO *et al.*, 1989). Na Índia, quando os búfalos tiveram acesso livre à lagoa, durante o dia inteiro, procuraram a água entre 9 e 10 horas e permaneceram imersos, durante 5,5 a 6 horas, somente interrompendo às 12 horas, para pastar (MASON, 1974). Assim, se a água para refrescamento, por imersão é disponibilizada, os búfalos podem economizar energia extra, que seria utilizada para dissipar o excesso de calor corporal, em condições de temperatura ambiente elevada, caso ela não estivesse disponível (COSTA, 2007).

Em lagoas artificiais ou em poças d'água ou lamacentas, os búfalos conseguem regulação térmica, do mesmo modo quando têm sombreamento adequado (MARCHESINI *et al.*, 2001). Por isso, há necessidade de uso de práticas de manejo no ambiente físico, tais como sombreamento natural ou artificial, como os sistemas silvipastoris, com espécies de crescimento rápido, água e alimentos adequados, em quantidade e qualidade, além de bom manejo no rebanho, principalmente em regiões tropicais como a Amazônia (LOURENÇO JUNIOR *et al.*, 2006b).

A adoção de sistemas silvipastoris, os quais incorporam o uso de essências florestais às pastagens reduz o efeito negativo de condições climáticas estressantes sobre os animais, confere maior conforto e determina consequente aumento na produtividade, bem como redução de custos. Isso proporciona uma agropecuária intensiva e sustentável, associada a maior rentabilidade, decorrente da comercialização

de produtos cárneos, lácteos e seus derivados, que agregam valor à propriedade (LOURENÇO JÚNIOR *et al.*, 2002; FALESI e GALEÃO, 2002).

2.5 ÍNDICE DE CONFORTO AMBIENTAL

Desde que foram reconhecidas as diferenças entre os animais, quanto à capacidade de enfrentar as variações de clima do ambiente em que vivem, têm sido feitas tentativas para que se estabeleçam critérios de classificação dos diversos ambientes e combinações de fatores que proporcionem conforto térmico aos animais. Assim, diversos índices do ambiente térmico têm sido desenvolvidos, que englobam um único parâmetro, o efeito conjunto dos elementos meteorológicos e do ambiente. Os índices de conforto térmico criados foram determinados por meio de fórmulas que envolvem fatores climáticos, em associação com respostas fisiológicas dos animais. Esses índices são bastante relevantes para produtores, já que podem, através de um valor, quantificar o estresse térmico a que o animal está submetido, em dado local, a partir de condições meteorológicas prevalentes (YANAGI JÚNIOR, 2006).

Os modelos de índices de conforto térmico descritos na literatura estão sendo usados no mundo inteiro, e servem de parâmetros para obter altas produtividades, em produção intensiva de proteína, nas diferentes espécies animais. No Brasil, esses índices, desenvolvidos em condições de clima temperado, adotados para o gado leiteiro, em regime intensivo de estabulação, já estão parcialmente identificados. Entretanto, há significativo número de produtores de leite, em sistema de semi-estabulação, que necessitam de índices melhor ajustados (MACARI *et al.*, 2004). Em geral, esses índices consideram os parâmetros ambientais de temperatura e umidade relativa do ar, sendo alguns acrescidos do vento e radiação. No entanto, cada parâmetro possui determinado peso dentro do índice, conforme sua importância relativa ao animal (SAMPAIO *et al.*, 2004).

O índice de conforto mais comum é o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), adotado pelo *United States Weather Bureau*, como índice adequado para humanos e, também, para vacas leiteiras. Esse índice foi proposto originalmente por Thom, em 1959, e é obtido através da relação entre temperatura e umidade relativa do ar, onde os valores finais e considerados como limites, para situações de conforto ou estresse, são

utilizados para promover mudanças no ambiente físico, como forma de fornecer condições necessárias para maximizar o potencial produtivo dos animais (SILVA, 2000). A determinação do ITU é feita através do uso das seguintes fórmulas: $ITU = T_{bs} + 0,36 T_{po} + 41,2$ (THOM, 1959), onde, T_{bs} : temperatura de bulbo seco ($^{\circ}\text{C}$); T_{po} : temperatura do ponto de orvalho ($^{\circ}\text{C}$) e $ITU = T_{bs} - 0,55 (1 - UR) (T_{bs} - 58)$ (KELLY e BOND, 1971), onde, T_{bs} : temperatura do ar ($^{\circ}\text{F}$); UR: umidade relativa do ar em decimais; e $ITU = 0,8 T_{bs} + UR (T_{bs} - 14,3) / 100 + 46,3$ (PIRES e CAMPOS, 2002), onde UR: umidade relativa (%).

O ITU conjuga a temperatura do ar e a temperatura de ponto de orvalho em sua fórmula, não levando em consideração fatores ambientais importantes como radiação solar e movimentação do ar (BUFFINGTON *et al.*, 1981). Considerando-se o que foi exposto, em 1981, Buffington e colaboradores propuseram modificação do ITU, que denominaram Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU). Esse índice é adimensional e fornece um dos melhores meios para representar o estresse térmico, em áreas abertas, sob radiação térmica direta (global) e indireta (difusa). Buffington *et al.* (1981) afirmaram que o ITGU é mais preciso para prever o bem-estar térmico, em regiões tropicais, pois seu cálculo incorpora a umidade, através da temperatura do ponto de orvalho, temperatura de bulbo seco e radiação solar, em único valor.

O ITGU é o indicador mais preciso do conforto térmico e produção animal, quando comparado ao ITU, em condições ambientais onde a radiação solar ou a velocidade do vento são elevadas. Em condições de moderada radiação solar, o ITGU e o ITU são igualmente eficientes como indicadores do conforto térmico do animal (KAWABATA, 2003).

De acordo com Buffington *et al.* (1981), para calcular o ITGU é necessária a mensuração da temperatura de globo negro, obtida em termômetro de bulbo seco, situado no centro de uma esfera oca, de cobre, com diâmetro de 15 cm e espessura de 0,5 mm, pintada em seu exterior com tinta fosca preta. O ITGU pode ser calculado pela equação $ITGU = T_{gn} + 0,36 (T_{po}) + 41,5$, onde, T_{gn} = temperatura do globo negro e T_{po} = temperatura de ponto de orvalho.

Por outro lado, a desvantagem do uso do ITGU, para se fazer o diagnóstico bioclimático de uma determinada região, é a dificuldade do produtor rural em utilizar a fórmula (ROCHA, 2008), devido à inexistência de medições da temperatura de globo

negro nas estações meteorológicas do país (ABREU *et al.*, 2008). Assim, por considerar apenas os valores de temperatura e umidade relativa do ar, obtidas facilmente nas estações meteorológicas, o ITU é um método mais simples e acessível para se caracterizar o ambiente térmico (SILANIKOVE, 2000b).

Outros índices têm sido desenvolvidos e, também, são considerados eficientes para caracterizar o ambiente térmico. Para ovinos, Barbosa e Silva (1995) propuseram o Índice de Conforto Térmico para Ovinos (TCI), índice testado em diferentes propriedades localizadas no Paraná e São Paulo, em três raças de ovinos (Corriedale, Suffolk e Ideal). Para galinhas poedeiras e frangos de corte foi desenvolvido o Índice de Temperatura, Umidade e Velocidade do Ar (ITUV) (YANAGI JUNIOR *et al.*, 2001; TAO e XIN, 2003) e para frangos de corte, o Índice Ambiental de Produtividade (IAPfc) (MEDEIROS, 2001).

2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, P.G.; ABREU, V.M.N.; COLDEBELLA, A. FRANCISCON, L. **Estimativa da temperatura de globo negro (TGN) a partir da temperatura de bulbo seco (TBS) para o cálculo do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) e da carga térmica de radiação (CTR)**, 2008. Disponível em: www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=artigosecod_artigo. Acesso: 20 de outubro de 2008.

ACCO, A.; PACHALY, J.R.; BACILA, M. Síndrome do estresse em animais - Revisão. **Arquivos de Ciência Veterinária e Zoologia**, v.2, n.1, p.71-76, 1999.

ALNAIMY, A.; HABEEB, M.; FAYAZ, I. *et al.* Heat stress. In: PHILLIPS, C.; PIGGINS, D. (Eds.) **Farm animals and the environment**. Wallingford: CAB International. p.27-47, 1992.

AL-TAMIMI, H.J. Thermoregulatory response of goat kids subjected to heat stress. **Small Ruminant Research**, v.71, n.1-3, p.280-285, 2007.

BACCARI JÚNIOR, F.; GONÇALVES, H. C.; MUNIZ, L. M. R. Milk production, serum concentrations of thyroxine and some physiological responses of Saanen-Native goats during thermal stress. **Revista Veterinária Zootécnica**, [S.l.], v.8, p.9-14, 1996.

BACCARI JÚNIOR, F. Adaptação de sistemas de manejo na produção de leite em clima quente. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1, 1998, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: FAPESP, p.24-67, 1998.

BACCARI JÚNIOR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: UEL, 2001, 142p.

BAÊTA, F.C; SOUZA, CF. **Ambiência em edificações rurais e conforto térmico**. Viçosa, MG: Editora:UFV, 1997, 246p.

BALLONE, G.J. - *Estresse* - in. **PsiquWeb Psiquiatria Geral**, Internet, última revisão, 2002 - disponível em <http://www.psiqweb.med.br/cursos/stress1.html>. Acesso em: 10/1/2010.

BARBOSA, O.R.; SILVA, R.G. Índice de conforto térmico para ovinos. **Brazilian Journal of Animal Science**, v.24, n.6, p.874-883, 1995.

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, 44., 2007, Jaboticabal - SP. **Anais**. Jaboticabal: UNESP, 2007. CD.

BARCELOS, A.F.; GARCIA, J.A.; CARDOSO, R.M. *et. al* Reações fisiológicas de bubalinos, zebuínos, taurinos e seres mestiços sob efeito de clima e dieta. II- Componentes sanguíneos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. v.12, p.42-47, 1989.

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, 31 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 128).

BERBIGIER, P.; CABELLO, G. Effect of exposure to full sunshine on temperature regulation of pregnant dwarf goats of Guadeloupe (French West Indies), and on birthweight, T3 and T4 plasma levels of newborn kids. **Journal Thermal Biology**, v.15, p.109-113, 1990.

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

BIANCA, W.; KUNZ, P. Physiological reactions of three breeds of goats to cold, heat and high altitude. **Livestock Production Science**, v.5, n.1, p.57-69, 1978.

BIRGEL JÚNIOR, E.H.; D'ANGELINO, J.L.; BENESI, F.J.; BIRGEL, E.H. Valores de referência do eritrograma de bovinos da raça Jersey criados no estado de São Paulo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.53, n.2, p.164-171, 2001.

BREUNER, C.W.; ORCHINIK, M. Plasma binding proteins as mediators of corticosteroid in vertebrates. **Journal Endocrinology**, v.175, p.99-112, 2002.

BRISTOW, D.J., HOLMES, D.S. Cortisol levels and anxiety-related behaviors in cattle. **Physiology & Behavior**, v.90, p.626-628, 2007.

BROWN-BRANDL, T.M.; NIENABER, J.A.; EIGENBERG, R.A. Thermoregulatory responses of feeder cattle. **Journal of Thermal Biology**, [S.l.], v.28, p.149-157, 2003.

BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CATON, G.H., *et al.* Black globe humidity comfort index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the American Society Agricultural Engineering**, v.24, n.4, p.711-714, 1981.

CARLSON, N. R. **Fisiologia do comportamento**. 7.ed. Barueri-SP: Manole, 2002, 699p.

CHIKAMUNE, T.; KANAI, Y.; SHIMIZU, H. Comparison of the effects of seasonal-climatic changes on thermoregulatory responses and plasma concentrations of thyroid hormones in swamp buffaloes and cattle. **Japanese Journal Zootechny Science**. v.57, n.9. p.778-784, 1986.

COLLETA, A.M.D. **Eixo hipotálamo-hipófise-adrenal e secreção de vasopressina e ocitocina em ratos submetidos à adrenalectomia e ao estresse de imobilização**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2000. Dissertação (Mestrado).

COOK, N.J.; SCHAEFER, A.L.; LEPAGE, P.; MORGAN JONES, S. Salivary vs. Serum cortisol for the assessment of adrenal activity in swine. **Canadian Journal of Animal Science**, v.76, p.239-335, 1996.

COSTA, L.A.B. **Índices de Conforto Térmico e Adaptabilidade de Fêmeas Bubalinas em Pastejo no Agreste de Pernambuco**. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2007. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

ENCARNAÇÃO, R.O. **Estresse e produção animal**. 2. reimp. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1992. 32p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 34).

FALESI, I.C.; GALEÃO, R.R. **Recuperação de áreas antropizadas da mesorregião do nordeste paraense através de sistemas agroflorestais**. Belém - Emater, PA, 2002, 25 p. (Emater - Pará. Documentos 1).

FAO (Roma, Itália). **O búfalo**. Brasília: Ministério da Agricultura/São Paulo: Associação Brasileira de Criadores de Búfalos, 1991, 320p. (FAO. Série Produção Animal e Saúde, 4).

FAHIMUDDIM, M. **Domestic Water Buffalo**. Oxford e IBH. New Delli, 1975. Chap. 1 and 2.

FERREIRA, A.M.; CARDOSO, R.M. **Clima e reprodução da fêmea bovina**. Coronel Pacheco, EMBRAPA - CNPGL, 1993, 35p. (EMBRAPA - CNPGL. Documentos, 54).

FERREIRA NETO, J.M.; VIANA, E.S.; MAGALHÃES, L.M. **Patologia clínica veterinária**. Sl: Rabelo e Brasil., 1978, 293p.

FERREIRA, F.; PIRES, M.F.A.; MARTINEZ, M.L.; COELHO, S.G.; CARVALHO, A.U.; FERREIRA, P.M.; FACURY FILHO, E.J.; CAMPOS, E.W. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.5, p.732-738, 2006.

FRANDSON, R.D.; LEE WILKE, W.; FAILS, A.D. **Anatomia e fisiologia dos animais de fazenda**. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.188, 2005.

GARCIA, A. R. Influência de fatores ambientais sobre as características reprodutivas de búfalos do rio (*Bubalus bubalis*). **Revista de Ciências Agrárias**. n.45, p.1-15, 2006. Suplemento.

GARCIA-NAVARRO, C.E.K. **Manual de hematologia veterinária**. 2. ed. São Paulo: Varela, 2005, 206 p.

GENUTH, S.M. O sistema endócrino. In: BERNE, R.M.; MATTHEW, N.L. **Fisiologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A. 2000, 1034p.

GONZÁLEZ, F.H.D; SILVA. S.C. **Introdução a Bioquímica Clínica Veterinária**. Porto Alegre: UFRGS, 2003.

GRAHAM S. S. Neutrophils. In: FELDMAN B.F., ZINKL, J.G., JAIN, N.C. **Schalm's veterinary hematology**. 5ª ed. Philadelphia, Lippincott Williams e Wilkins, p.281-296, 2000.

GUIMARÃES, C.C.C.; FALCO, J.E.; TITTO, E.A.L.; FRANZOLIN NETO, R.; MUNIZ, J.A. 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.

GUZMAN JÚNIOR., M.R. An overview of recent developments in buffalo research and management in Asia. In: **Buffalo production for small farms**. Taiwan, Republic of China. Food and fertilizer technology center. p.1-21, 1980.

HEMSWORTH, P.H.; BARNETT, J.L.; BEVERIDGE, L. The welfare of extensively managed dairy cattle: a review. **Applied Animal Behaviour Science**, v.42, p.161-182, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=paetema=pecuaria2008> . Acesso em: 20 de janeiro de 2008.

JAIN, N. C. **Essentials of veterinary hematology**. Philadelphia: Lea e Febiger, 1993, 417p.

KAMAL, T.; SHEBAITA, M.; IBRAHIM, I. Physiological responses of lactating buffaloes to shed type. In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL: Prospects of buffalo production in the Mediterranean and Middle East., 1993, Cairo - Egypt, **Proceedings**. Egypt, p.201 - 204. 1993.

KAMAL, T.; SHEBAITA, M. Natural and controlled hot climatic effects on blood volume and plasma total solids in Friesians and water buffaloes. In Proc. Symposium. **Isotope Studies Physiology**. Domestic Animal, Food and Agricultural Organization, Rome, 1972, 103p.

KAWABATA, C.Y. **Desempenho térmico de diferentes tipos de telhado em bezerreiros individuais**. Pirassununga, SP, USP, 2003, 94 p. Dissertação (Mestrado).

KELLY, C.F.; BOND, T.E. Bioclimatic factors and their measurements. In: NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, (Ed.) A guide to environmental research on animals. Washington. **National Academy of Sciences**, p.71-92, 1971.

LEHNINGER, A.L. **Princípios da bioquímica**. São Paulo: Sarvier, 1984, 725p.

LOURENÇO JÚNIOR, J.B. **Variáveis produtivas, fisiológicas e de comportamento de zebuínos e bubalinos e fatores do ambiente físico em pastagem cultivada da ilha de Marajó**. Universidade Federal do Pará. 1998. 159p. Tese (Doutorado em Ciências).

LOURENÇO JÚNIOR, J.B.; TEIXEIRA NETO, J.F.; COSTA, N.A.; BAENA, A.R.C.; MOURA CARVALHO, L.O.D. Alternative systems for feeding buffaloes in Amazon Region. In: 1ST BUFFALO SYMPOSIUM OF THE AMERICAS, 2002, Belém. **Proceedings**, p.31-42, 2002.

LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; CASTRO, A.C.; DANTAS, J.A.S.; SANTOS, N.F.A.; ALVES, O.S.; MONTEIRO, E.M.M. Efeitos das Variáveis Climáticas sobre a Fisiologia de 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**. São Paulo, 2006a.

LOURENÇO JÚNIOR, J.B.; CASTRO, A.C.; DANTAS, J.A.S.; SANTOS, N.F.A.; ALVES, O.S.; MONTEIRO, E.M.M. Efeito dos Índices de Temperatura - Umidade (ITU) sobre 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**. São Paulo, 2006b.

MACARI, M.; NAAS, I.A.; PEREIRA, D.F.; PINHEIRO, M.G. Índice de previsão de produção de leite para vacas Jersey. **Artigos Científicos Construções Rurais e Ambiência**, v.24, n.2, 2004.

MACHADO FILHO, L.C.P.; BONIN, J.A.; GABE, D.O. *et al.* Estudo preliminar do comportamento de pastoreio de bufalinhos (*Bubalus bubalis*). In: Reunião Anual da SBZ, 25, 1989, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, SBZ, p.236, 1989.

MACHADO, M. S., GRODZKI, L. Aspectos climáticos regionais e a ecologia zootécnica. In: IAPAR (Londrina, PR). **A produção animal na agricultura familiar do Centro-Sul do Paraná**. Londrina, p.23-37, 1994. (IAPAR. Boletim Técnico 42).

MAGALHÃES, J.A., TAKIGAWA, R.M.; TAVARES; A.C.; TOWNSEND, C.R.; COSTA, N.L.; PEREIRA, R.G.A. **Tolerância de bovídeos a temperatura e umidade do trópico úmido**. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF Rondônia, 1998, 4 p. (EMBRAPA-CPAF Rondônia. Comunicado Técnico, 147).

MARCHESINI, G.D. *et al.* Estudo da correlação entre temperatura ambiente e variáveis fisiológicas de bubalinos criados no litoral do estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 3, 2001, Maringá. **Anais**. Maringá: Sociedade Brasileira de Biometeorologia/Gnosis, [2001] CD-ROM. Etologia.

MARQUES, J.A. **O estresse e a produção de carne**. In: PRADO, I. N.; NASCIMENTO, W. G.. (Org.). Atualização na produção de pecuária de corte. 1 ed. Maringá: FADEC, v.1, 2001.

MARTINS JÚNIOR, L.M.; COSTA, A.P.R.; AZEVÊDO, D.M.M.R.; TURCO, S.H.N.; MURATORI, M.C.S. Respostas fisiológicas de caprinos Boer e Anglo-Nubiana em condições climáticas de Meio-Norte do Brasil. **Revista Caatinga**, v.20, n.2, p.01-07, 2007.

MASON, I.L. Environmental physiology. In: **The husbandry and health of the domestic buffalo**. Rome. W. Ross Cockrill. FAO. p.89-104, 1974.

MATOS, L.B. **Conforto térmico e eficiência da inseminação artificial em tempo fixo em búfalas leiteiras mantidas em sistemas silvipastoris na Amazônia Oriental**. Universidade Federal do Pará, Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Belém, PA, 2008. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal).

MATTERI, R.L.; CAROL, J.A.; DYER, C.J. Neuroendocrine responses to stress. In: MOBERG, G.P.; MENEH, J.A. (Ed.). **The biology of animal stress**. Oxon, England: CABI, Publishing, p. 43-76, 2000.

McFARLANE, A.; COGHLAN, J.; TRESHAM, J. Corticotropin-releasing factor alone, but not arginine vasopressin alone, stimulates the release of adrenocorticotropin in the conscious intact sheep. **Endocrinology**, v.136, n.5, p.1821-1827, 1995.

MCMANUS, C.; BRENNER, H.; SAUERESSIG, M. Tolerância ao calor em vacas do sistema de dupla aptidão da Embrapa Cerrados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1999. Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: SBZ, 1999. CD-ROOM.

MEDEIROS, C. M. **Ajuste de modelos e determinação de índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte**. Universidade de Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001. 115 p. Tese (Doutorado em Construções Rurais e Ambientação).

MEYER, D.J.; HARVEY, J.W. **Laboratory medicine testing: specimen interferences and clinical enzymology**. In: MEYER, D.J.; HARVEY, J.W. (Ed). *Veterinary laboratory medicine: interpretation and diagnosis*. Philadelphia: Saunders, cap. 1, p.3-21, 1998.

MORAIS, D.A.E.F.; MAIA, A.S.C.; SILVA, R.G.; VASCONCELOS, A.M.; LIMA, P.O.; GUILHERMINO, M.M. Variação anual de hormônios tireoideanos e características termorreguladoras de vacas leiteiras em ambiente quente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.538-545, 2008.

MORAES JÚNIOR, R.J. **Efeito de sistemas silvipastoris no conforto térmico e nos índices zootécnicos de bezerros bubalinos criados na Amazônia Oriental**. Universidade Federal do Pará. 2008. 95p. Dissertação (Mestrado).

MÜLLER, P. B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. 3. ed. Porto Alegre: Sulina, 262p., 1989.

NÄÄS, I. A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Ed. Ícone, 1989. 183 p.

NASCIMENTO, C.N.B; MOURA CARVALHO, L.O.D. **Criação de búfalos: alimentação, manejo, melhoramento e instalações.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental, Brasília: EMBRAPA-SPI, 1993, 403 p.

NEIVA, J.N.M.; TEIXEIRA, M.; TURCO, S.H.N. Efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santas Inês mantidos em confinamento na região litorânea do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.668-678, 2004.

OLIVEIRA, A.L. Búfalos: produção, qualidade de carcaça e de carne. Alguns aspectos quantitativos, qualitativos e nutricionais para promoção do melhoramento genético. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.29, n.2, p.122-134, 2005.

PAES, P.R.; BARIONI, G.; FONTEQUE, J.R. Comparação dos valores hematológicos entre caprinos fêmeas da raça Parda Alpina de diferentes faixas etárias. **Veterinária Notícias**, [S.l.], v.6, n.1, p.43-49, 2000.

PANT, H.C.; ROY, Y.A. El bufalo de agua y su futuro. In: **Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales.** Editorial Acribia, Zaragoza. p.567-600, 1982.

PARANHOS DA COSTA, M.J.R. Ambiência na produção de bovinos de corte a pasto. In: Encontro Anual de Etologia, 2000, Florianópolis-SC. **Anais de Etologia.** Uberlândia-MG: Sociedade Brasileira de Etologia, 2000. v.18 p.26-42, 2000.

PEREIRA, J.C.C. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal.** Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005, 195p.

PEZO, D.; IBRAHIM, M. Sistemas silvopastoriles. Turrialba, Costa Rica: CATIE, Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ, 1998, 258 p. (Materiales de enseñanza/CATIE, 40).

PIRES, M.F.A.; CAMPOS, A.T. Relação dos dados climáticos com o desempenho animal. 2002. Disponível em: <http://www.cnpqgl.embrapa.br/nova/aunidade/artigos/ambiencia04.pdf?pesquisador=175&nome=> Acesso: 22 de janeiro de 2010.

RENAUDEAU, D.; NOBLET, J.; DOURMAD, J.Y. Effect of ambient temperature on mammary gland metabolism in lactating sows. **Journal of Animal Science**, v.81, p.217-231, 2003.

RENSIS, R.; SCARAMUZZI, R.J. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow-a review. **Theriogenology**, v.60, p.1139-1151, 2003.

ROBINSON, N.E. Homeostase – Termorregulação. *In*: Cunningham JG. **Tratado de fisiologia veterinária**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.550-560, 2004.

ROCHA, D.R. **Avaliação de estresse térmico em vacas leiteiras mestiças (*bos taurus* x *bos indicus*) criadas em clima tropical quente subúmido no estado do Ceará**. Programa de Pós-graduação em Zootecnia. Universidade Federal do Ceará. 2008, 70p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

SALAK-JOHNSON, J. L, MCGLONE, J.J. Making sense of apparently conflicting data in the literature about stress and immunity: Aspects of the immune system respond differently to stress. <http://www.depts.ttu.edu/porkindustryinstitute/Topics%20Stress%20e%20Immunity/Str ess%20and%20Immunityrevb.doc> Consulta em 19/agosto/2009.

SAMPAIO, C.A.P.; CRISTANI, J.; DUBIELA, J.A.; BOFF, C.E.; OLIVEIRA, M.A. Avaliação do ambiente térmico em instalações 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.

SCHMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia animal - Adaptação e meio ambiente**. 5.ed. São Paulo: Santos, 1996, 546p.

SHAFIE, M.M. Physiology responses and adaptation of water buffalo. In: YOUSEF, M.K. **Stress physiology in livestock**. v.2, UNGULATES. Ed. CRS PRESS, 2000, 260p.

SHAFIE, M.M **Environmental effects on water buffalo production**. <<http://www.fao.org/ag/againfo/resources/documents/WAR/war/V1650B/v1650b0a.htm>> Acesso em 01 set. 2005.

SHALASH, M.R. The role of physiology on the adaptation of buffalo to various conditions under different environments. In: WORLD BUFFALO CONGRESS, 4., 1994. São Paulo, SP. **Proceedings**. São Paulo, v.I, p.26-74, 1994.

SILANIKOVE, N. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. **Small Ruminant Research**, v.35, p.181-193, 2000a.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v.67, p.1-18, 2000b.

SILVA, R. G.; GONDIM, A. G. Comparação entre as raças Sindi e Jersey e seus mestiços, relativamente à tolerância ao calor na região Amazônica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.6, p.37-44, 1971.

SILVA, R.G. **Introdução à Bioclimatologia Animal**. 1 ed. São Paulo: Nobel, 2000, 286p.

SILVA, R.M.N.; SOUZA, B.B.; ARCOVERDE, M.C.P.; TAVARES, G.P.; MARINHO, M.L.; BENÍCIO, T.M.A. Efeito da época do ano sobre os parâmetros hematológicos de bovinos Sindi no Semi-Árido. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 40, 2003, Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: SBZ, 2003. CD Rom.

SOUZA, S.F. **Estresse na produção animal**. 2007. Disponível em: <http://blog.medicinavet.com.br/?p=24> Acesso em: 10/1/2010.

STARLING, J.M.C.; SILVA, R.G.; NEGRÃO, J.A.; MAIA, A.S.C.; BUENO, A.R. Variação Estacional dos Hormônios Tiroideanos e do Cortisol em Ovinos em Ambiente Tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.34, n.6, p. 2064-2073, 2005.

TAO, X.; XIN, H. Acute synergistic effects of air temperature, humidity, and velocity on homeostasis of market-size broilers. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.46, n.2, p.491-7, 2003.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v.12, 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**. ACTAS DO VI CONGRESSO DE ZOOTECNIA, Lisboa: APEZ, v.1, p.15-18, 1997.

TRAINER, P.J.; WOODS, R.J.; KORBONITS, M.; POPOVIC, V.; STEWART, P.M.; LOWRY, P.; GROSSMAN, A.B. The pathophysiology of circulating corticotrophin-releasing hormone-binding protein levels in the human. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**. v.83, n.5, p.1611-1614, 1998.

TOWNSEND, C.R.; PEREIRA, R.G.A.; MAGALHÃES, J.A.; COSTA, N.L. **Estabelecimento de Acacia angustissima em pastagens de Brachiaria brizantha cv. Marandu**. CT/187, EMBRAPA-CPAF Rondônia, p.2-4, 2000.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F.J.L. **Meteorologia descritiva: Fundamentos e Aplicações Brasileiras**. Ed. Nobel – SP. 1a Ed. - 7a reimpressão. 1992.

URIBE-VELÁSQUEZ, L.F.; OBA, E.; BRASIL, L.H.A. Concentrações plasmáticas de cortisol, hormônios tiroideanos, metabólitos lipídicos e temperatura de cabras Pardo-Alpinas submetidas ao estresse térmico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.1123-1130, 1998.

URIBE-VELÁSQUEZ, LF; OBA, E; BRASIL, LHA. SOUSA, FN; WECHSLER, FS. Efeitos do estresse térmico nas concentrações plasmáticas de progesterona (P4) e estradiol 17-b (E2) e temperatura retal em cabras da raça Pardo Alpina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.388-393, 2001.

VEIGA, J.B.; SERRÃO, E.A.S. **Sistemas silvipastoris e produção animal nos trópicos úmidos: a experiência da Amazônia brasileira**. Campinas: SBZ/FEALQ, p.37-68, 1990.

VIEIRA, R.J.; BACCARI JUNIOR, F.; OBA, E.; AGUIAR, I.S. Efeitos do stress térmico sobre o desempenho produtivo e algumas variáveis fisiológicas de novilhas bubalinas da raça Mediterrâneo. In: I Congresso Brasileiro de Biometeorologia. **Anais**, Jaboticabal, p.65-66, 1995.

VILLARES, J.B. Potencial da bubalinocultura para produção de leite. In: **Contribuição ao estudo dos bubalinos: Período de 1972 – 2001: Palestras**. Ramos, A. A. Botucatu, p.389-423, 2003.

VILLARES, J.B.; RAMOS, A.A.; ROCHA, G.P. As vias cutâneas e respiratórias na termólise de bubalinos sob extrema tensão térmica. In: RAMOS, A. de A.; VILLARES, J.B.; MOURA, J.C. de. **Bubalinos**. Campinas: Fundação Cargill, p.118-132, 1979a.

VILLARES, J.B.; MONTENEGRO, M.R. e RAMOS, A.A. As estruturas anexas à pele do búfalo Jafarabadi, Murrah e Mediterrâneo. **Bubalinos**. Campinas: Fundação Cargill, p.9-29. 1979b.

YANAGI JUNIOR, T. **Inovações tecnológicas na bioclimatologia animal visando aumento da produção animal: relação bem estar animal x clima**. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/ITBA/Index.htm>. Acesso em: 10 de janeiro de 2010.

YANAGI JUNIOR, T.; XIN, H.; GATES, R.S. Modeling partial surface evaporative cooling of chickens. **ASAE Paper**. No. 01-3011. St Joseph, MI: ASAE. 2001.

YOUSEF, M.K. e JOHNSON, H.D. Endocrine system and thermal environmet. In: **Stress physiology in livestock**. CRC Press, Inc. Boca Raton, Flórida. v.1 Basic principles. p.133-141. 1985.

CAPÍTULO 2

**Estresse Térmico e Variáveis Fisiológicas e Hematológicas de Búfalas
da Raça Murrah, Criadas ao Sol e à Sombra, em Clima Tropical
Quente e Úmido da Amazônia Oriental**

3. CAPÍTULO 2 - ESTRESSE TÉRMICO E VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E HEMATOLÓGICAS DE BÚFALAS DA RAÇA MURRAH, CRIADAS AO SOL E À SOMBRA, EM CLIMA TROPICAL QUENTE E ÚMIDO DA AMAZÔNIA ORIENTAL

RESUMO

Este trabalho avaliou os efeitos do estresse térmico nas respostas fisiológicas e hematológicas de búfalas, criadas ao sol e à sombra, na Unidade de Pesquisa Animal “Senador Álvaro Adolpho” (01°.26'.03” S e 48°.26'.03” W), Embrapa Amazônia Oriental, em Belém, Pará, em condições tropicais quentes e úmidas. Foram utilizadas 20 búfalas da raça Murrah, distribuídas de modo inteiramente casualizado, em dois grupos (grupo Sem Sombra - SS e grupo Com Sombra - CS). Todos os animais permaneceram em pastejo rotacionado, sendo os do grupo CS (n=10) mantidos em piquetes de sistema silvipastoril, sombreados pela leguminosa *Acacia mangium* e os do grupo SS (n=10), mantidos em piquetes sem acesso à sombra. A alimentação era a pasto, constituído pela gramínea *Brachiaria humidicola*, com acesso à água para beber e sal mineral *ad libitum*. As variáveis climáticas: temperatura do ar (TA), umidade relativa do ar (UR) e temperatura de globo negro, foram obtidas no microclima de cada tratamento. As variáveis fisiológicas estudadas foram: temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR), frequência cardíaca (FC) e temperatura da superfície corporal (TSC) e foram aferidas nos turnos da manhã (7h00) e tarde (13h00). As colheitas de sangue para realização do eritrograma e do número total de leucócitos foram realizadas no horário de pico de temperatura ambiente da região (13h00). Observa-se, nesta pesquisa, a existência de um período de transição do período mais chuvoso para o período menos chuvoso do ano. Através da análise de variância foram constatadas diferenças significativas ($P<0,05$) da TA, índice de temperatura e umidade (ITU) e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) entre os turnos e grupos, sendo mais elevados no período da tarde e no grupo SS. Os maiores valores de UR ocorreram no período mais chuvoso do ano, havendo diferenças estatísticas ($P<0,05$) entre os turnos, sendo a UR da manhã, com valores superiores. Resultados da análise de variância dos

parâmetros fisiológicos TR, TSC, FR e FC revelaram que houve diferenças significativas entre os turnos e grupos, sendo os valores do turno da tarde e grupo SS superiores ($P < 0,05$) aos da manhã. A TR, TSC e FR apresentaram correlação significativa ($P < 0,01$) e positiva com a TA, ITU e ITGU, e negativa com a UR, sendo essas correlações mais altas no período menos chuvoso. A FC, nos dois períodos do ano, apresentou correlações baixas, porém altamente significativas ($P < 0,01$) e positivas com a TA, ITU e ITGU, e significativa ($P < 0,05$) e negativa com a UR, somente no período mais chuvoso do ano. O número de leucócitos sofreu influência dos períodos do ano e dos tratamentos ($P < 0,05$), onde no período mais chuvoso, o grupo CS teve valores superiores. Nos períodos de transição e menos chuvoso, os maiores valores foram do grupo SS. Os valores de hemácias sofreram influência dos tratamentos ($P < 0,05$). No período menos chuvoso do ano, o grupo SS apresentou valores mais elevados. O teor de hemoglobina sofreu influência dos períodos, onde os maiores níveis ($P < 0,05$) ocorreram nos períodos de transição e menos chuvoso. Os leucócitos, hemácias e o volume globular não se correlacionaram com a TA, UR e ITGU. Somente a hemoglobina teve correlação significativa e negativa ($P < 0,05$) com a UR. Conclui-se então que a arborização da pastagem é eficiente para melhorar o conforto térmico e consequentemente a performance produtiva dos animais, principalmente pela tarde.

Palavras chave: fisiologia, hematologia, búfalos, bioclimatologia.

HEAT STRESS AND PHYSIOLOGY OF FEMALE MURRAH BUFFALOES RAISED IN THE SUN AND UNDER SHADE, UNDER THE HOT TROPIC WEATHER OF THE EASTERN AMAZON

ABSTRACT

This work aimed at evaluate the effects of heat stress on physiological responses of female buffaloes raised under full sun and shade at Embrapa Eastern Amazon, Belem, Para State, Brazil (01°.26'.03" S e 48°.26'.03" W). Twenty female Murrah buffaloes were used. They were randomly assigned into two groups (Non Shade Group – NS, and Shade Group – SG). All animals were kept under rotational grazing: the ones in the NS group (n=10) were maintained in paddocks under a silvopastoral system, shaded by the tree legume *Acacia mangium*, whereas the ones in the SG (n=10) were kept in paddocks with no shade access. All animals were grass fed with *Brachiaria humidicola*, and had free access to drinking water and mineral salt. The climate variables: air temperature (AT), relative humidity (RH) and black globe temperature (BGT) were measured on each treatment. The physiological variables studied were: rectal temperature (RT), respiratory rate (RR), heart rate (HR) and body surface temperature (BST). They were measured in the morning (7h00) and in the afternoon (13h00). Blood sampling, aiming erythrogram and leukocyte count was carried out at the time of the highest temperature in the region (13h00). It was observed in this study that there is a transition period from the rainy to the less rainy periods of the year. Analysis of variance showed that there were significant differences ($P<0.05$) in the AT, temperature humidity index (THI), and black globe humidity index (BGHI) between the distinct periods of the day and between groups. The highest rates were observed in the afternoon in the NS group. The highest RH values were observed during the rainy period. There were statistical differences ($P<0.05$) in RH between the periods of the day, and the highest values were measured in the morning. Results of the analysis of variance of the physiological parameters RT, BST, RR and HR revealed that there were significant differences between the periods of the day and groups, and the values observed in the group SS, during the afternoon, were higher ($P<0.05$) than the ones during the morning. RT, BST and RR presented a

significant and positive ($P<0.01$) correlation with AT, THI and BGHI, and a negative correlation with RH. These correlations were higher during the less rainy period. HR showed low, but relevant and positive ($P<0.01$) correlations with AT, THI and BGHI during the two other periods, and significant and negative ($P<0.05$) correlation with RH only in the rainy season. The erythrocytes count was influenced by the treatments ($P<0.05$), and the NS group showed the highest values in the less rainy period. Hemoglobin contents were not influenced by the treatments; however they were influenced by the periods of the year, and the highest levels ($P<0.05$) were observed during the transition and less rainy periods. Leukocytes, erythrocytes and the globular volume did not correlate with AT, RH and BGHI. Only hemoglobin presented a significant and negative ($P<0.05$) correlation with RH. It was concluded that forestation of pasture areas is sufficient to increase thermal comfort and consequently improve the productive performance of the animals, especially during the afternoon.

Keywords: physiology, hematology, buffaloes, bioclimatology.

3.1 INTRODUÇÃO

O rebanho bubalino brasileiro é de cerca de 3,5 milhões de animais, com taxa de crescimento anual entre 3 e 3,5% (BERNARDES, 2007), dos quais 63% são criados na Amazônia (IBGE, 2008), onde os efeitos climáticos ocasionam perdas significativas a animais menos adaptados (LOURENÇO JÚNIOR, 1998). O clima da Amazônia Oriental é quente e úmido, com temperatura do ar média anual de 27°C, umidade relativa do ar de 85% e precipitação pluviométrica de 3.001,3mm (BASTOS *et al.*, 2002). Nessas condições climáticas, a criação de búfalos vem se desenvolvendo de maneira satisfatória, tendo em vista que na região encontram-se ecossistemas de várzeas e áreas alagadiças, propícias aos bubalinos.

Quando os búfalos são submetidos à temperatura acima da sua zona de conforto térmico, utilizam os seus mecanismos fisiológicos evaporativos, para dissipação de calor, dando início à vasodilatação generalizada, seguida por sudorese e aumento do ritmo respiratório (NÄÄS, 1989). Nos bubalinos, a perda de calor pelo ar expirado é mais importante que pela transpiração (FAO, 1991), pois possuem baixa eficiência na perda de calor pelas vias cutâneas (CHIKAMUNE *et al.*, 1986), sendo a via respiratória de grande importância na dissipação de calor (VILLARES *et al.*, 1979; GUIMARÃES *et al.*, 2001).

Em condições de elevadas temperaturas e sob exposição à radiação solar direta, ocorre decréscimo no desempenho produtivo e reprodutivo desses animais. Assim, a adoção de sistemas de produção, como o silvipastoris (SSP), é de grande importância, pois o uso das árvores no pasto diminui a intensidade da radiação solar direta sobre os animais, o que proporciona maior conforto térmico e como consequência, melhor performance produtiva dos bubalinos (LOURENÇO JUNIOR *et al.*, 2006a).

Considerando-se que são praticamente inexistentes informações hematológicas relacionadas ao estresse térmico de bubalinos na região amazônica, e que ocorre alteração de sua fisiologia, quando expostos a ambientes quentes, o presente trabalho propôs estudar o quadro hematológico e fisiológico de bubalinos, criados em dois sistemas de produção, com e sem sombra, nas condições climáticas da Amazônia Oriental.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Período e Local do Experimento

Este experimento foi conduzido na Unidade de Pesquisa Animal “Senador Álvaro Adolpho” (01°.26’.03” S e 48°.26’.03” W), pertencente à Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará, Brasil, no período de janeiro a dezembro de 2009. O tipo climático é o Afi, segundo a classificação de Köppen, com precipitação pluviométrica média de 3.001,3 mm/ano, bem distribuída ao longo dos meses, com período mais chuvoso de janeiro a junho e menos chuvoso, de julho a dezembro. A temperatura média anual é de 27°C, com média de umidade relativa do ar em torno de 85% e insolação anual de 2.400 horas/ano (BASTOS *et al.*, 2002). O solo dessa área é do tipo Latossolo Amarelo, fase pedregosa I, de textura argilosa. A série de dados meteorológicos da Tabela 1 ilustra o clima local no ano de 2009, quando foi realizado o experimento.

Tabela 1. Dados meteorológicos médios do município de Belém, Pará, durante o ano de 2009.

Mês	Temperatura do Ar (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)	Precipitação Pluviométrica (mm)
Janeiro	26,4	88	354,5
Fevereiro	25,7	92	422
Março	25,9	91	582,3
Abril	26,1	90	469,9
Mai	25,9	91	456,6
Junho	26,7	85	317,3
Julho	27,3	80	193,1
Agosto	27,9	77	92,7
Setembro	27,6	77	134,1
Outubro	27,7	78	142,3
Novembro	28,1	74	45,1
Dezembro	27,2	84	253,7
Médias	26,9	84	288,6

Fonte: 2° DISME/INMET Belém, Pará.

3.2.2 Distribuição e Manejo dos Animais

Foram utilizadas 20 búfalas Murrah, entre quatro e cinco anos de idade, peso médio de 479,6 kg, cíclicas, não-gestantes, não-lactantes e clinicamente saudáveis. Foram distribuídas, casualmente, em dois grupos (grupo CS - com sombra e grupo SS - sem sombra). O grupo CS (n=10) permaneceu em pastejo rotacionado, em piquetes com sombra de árvores da leguminosa *Racosperma mangium*, em sistema silvipastoril. Essas árvores foram plantadas com quatro metros de espaçamento, entre as cercas perimetrais e divisórias, eletrificadas com dois fios de arame liso (MOURA CARVALHO *et al.*, 2001). O grupo SS (n=10) foi mantido sem acesso à sombra, também, em pastejo rotacionado. Os animais passaram por período de adaptação de 14 dias.

Para a formação desses grupos, foi mantida uniformidade quanto à idade dos animais, escore corporal e condição reprodutiva. As prerrogativas sanitárias para os animais, no tocante a vacinações e controle de parasitoses seguiram as indicações de Láu (1999). A alimentação era exclusivamente a pasto, com a gramínea *Brachiaria humidicola*, com acesso à água para beber e sal mineral *ad libitum*.

3.2.3 Coleta de Dados das Variáveis Ambientais

Durante o período experimental foram registrados os dados climatológicos com auxílio de um “Medidor de Stress Térmico”, INSTRUTERM, modelo TGD-300, que foi instalado no microclima de cada piquete, nos tratamentos experimentais (grupo CS e grupo SS). Esse equipamento possui termômetro de bulbo seco e de bulbo úmido para temperatura do ar, termohigrômetro para umidade relativa do ar e termômetro de globo negro. Foram registrados dados de temperatura do ar (máxima, média e mínima), umidade relativa do ar, temperatura de ponto de orvalho e temperatura de globo negro. As leituras das variáveis ambientais foram realizadas entre 6h00 e 7h00 e de 12h00 às 13h00, na ocasião das coletas das variáveis fisiológicas, quando os dados eram registrados em “data logger”, a cada minuto.

3.2.4 Cálculo dos Índices de Conforto Ambiental

A partir dos valores de variáveis ambientais, foram calculados índices de conforto ambiental:

- Índice de Temperatura e Umidade (ITU), proposto por Thom (1959), através da fórmula:

$$\mathbf{ITU_{Thom} = t_{bs} + 0,36t_{po} + 41,5}$$

Onde: t_{bs} = Temperatura de bulbo seco (°C), t_{po} = Temperatura do ponto de orvalho (°C)

- Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), proposto por Buffington *et al.* (1981), determinado pela fórmula:

$$\mathbf{ITGU = t_{gn} + 0,36t_{po} + 41,5}$$

Onde, t_{gn} = Temperatura de globo negro ao sol, (°C) e t_{po} = Temperatura do ponto de orvalho (°C).

3.2.5 Coleta de Dados das Variáveis Fisiológicas

As variáveis fisiológicas estudadas temperatura retal (TR), temperatura da superfície corporal (TSC), frequência respiratória (FR) e frequência cardíaca (FC) e foram aferidas duas vezes por semana, no período da manhã, entre 6h00 e 7h00, e à tarde, entre 12h00 e 13h00. Para obtenção da TR foi utilizado um termômetro clínico veterinário, com escala até 44°C, introduzido no reto do animal, durante um minuto, e o resultado da leitura expresso em graus centígrados. A TSC era obtida com auxílio de termômetro digital infravermelho (marca INSTRUTEMP, modelo TD-965, São Paulo, Brasil), acionado em distância máxima de um metro dos pontos de mensuração no animal, tais como frente, lado esquerdo do tórax e na direção do rúmen, obtendo-se a média desses valores. A FR foi obtida por inspeção e contagem dos movimentos tóraco-

abdominais, durante um minuto, e a FC foi determinada por auscultação e contagem, com auxílio de estetoscópio clínico veterinário, durante um minuto.

3.2.6 Determinação do Hemograma

As colheitas de sangue para realização do eritrograma e número total de leucócitos foram realizadas a cada 14 dias, no horário de pico de temperatura ambiente local (13h00). As colheitas foram feitas por punção da veia jugular externa, em tubos à vácuo, com anticoagulante etilenodi-aminotetracético sal dissódico (EDTA), a 5%. Tais amostras de sangue foram transportadas, imediatamente, ao Laboratório de Análises Clínicas da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), onde foram processadas. A determinação do eritrograma e do número total de leucócitos seguiram as recomendações de Birgel (1982).

3.2.7 Análise Estatística

Os dados das variáveis fisiológicas (temperatura retal, temperatura da superfície corporal, frequência respiratória e frequência cardíaca), hematológicas (hemácias, leucócitos, hemoglobina e volume globular) e climáticas (temperatura do ar, umidade relativa do ar, índice de temperatura e umidade e índice de temperatura de globo e umidade) foram expressos em médias e desvio-padrão.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Para as variáveis fisiológicas foi adotado um esquema fatorial 2 (tratamentos: com e sem sombra) x 3 (períodos mais chuvoso, de transição e menos chuvoso) x 2 (turnos: manhã e tarde). Para as variáveis hematológicas, o esquema fatorial foi 2 (tratamentos) x 3 (períodos do ano).

Foram feitas análises de variância (ANOVA) das variáveis fisiológicas, utilizando-se o modelo GLM (General Linear Model) do programa estatístico SYSTAT, versão 12, para verificar o efeito do tratamento (grupo CS e grupo SS), turno do dia (manhã e tarde), períodos do ano (mais chuvoso, transição e menos chuvoso), e da interação tratamento x turno, tratamento x período, turno x período e tratamento x turno x períodos do ano sobre as variáveis fisiológicas.

Para fazer as análises estatísticas das variáveis hematológicas, utilizou-se o programa estatístico NTIA, versão 4.2.2. Foram feitas análises de variância (ANOVA) para verificar o efeito do tratamento e períodos do ano e da interação tratamento x períodos do ano sob as variáveis hematológicas.

As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foram feitas correlações simples de Pearson para verificar a magnitude e direção da proporcionalidade das variáveis ambientais e as diversas variáveis fisiológicas e hematológicas, observando-se a independência das variâncias dos pares de observações utilizados.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Variáveis Climáticas

Ao analisar os dados climáticos do microclima de cada tratamento (grupo SS e grupo CS), observou-se uma época de transição entre os períodos mais e menos chuvoso do ano, principalmente no período da tarde, que engloba os meses de maio, junho e julho. Nesse período, no turno da tarde, observou-se que houve diminuição significativa da umidade relativa do ar, bem como um sensível aumento da temperatura do ar (Figuras 1 e 3, respectivamente). Dessa forma, os dados foram organizados em três períodos do ano: período mais chuvoso (janeiro a abril), período de transição (maio a julho) e período menos chuvoso (agosto a dezembro). A justificativa para essa divisão é para detectar se as condições climáticas desses períodos influenciam nas respostas fisiológicas dos búfalos.

3.3.1.1 Temperatura do Ar

A temperatura do ar (TA) é um elemento climático de grande importância e tem efeito direto sobre os animais, pois promove alterações endócrinas, fisiológicas e comportamentais, logo que aconteçam variações extremas nos seus valores (ROCHA, 2008). Nas Figuras 1 e 2 estão apresentados os valores médios e máximos de TA, nos

dois grupos experimentais (grupo CS e grupo SS), em dois turnos (manhã e tarde) e períodos do ano (mais chuvoso, de transição e menos chuvoso).

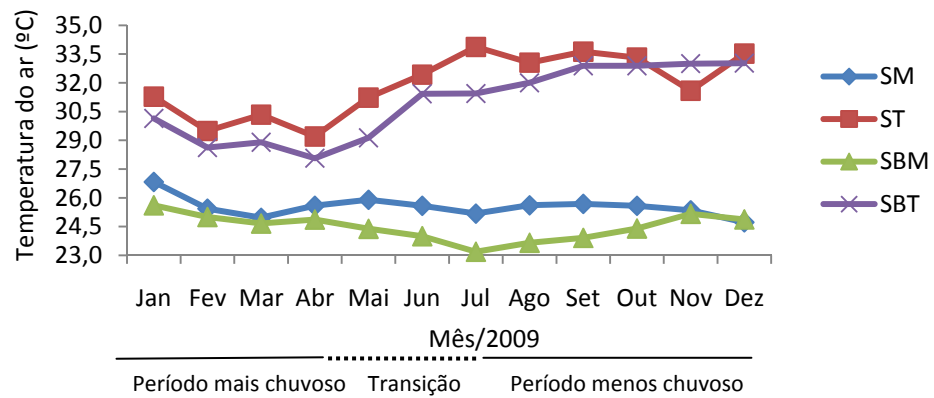


Figura 1. Variação da média da temperatura do ar, ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, em 2009, Belém/Pará (SM: grupo SS, manhã; ST: grupo SS, tarde; SBM: grupo CS, manhã, e SBT: grupo CS, tarde).

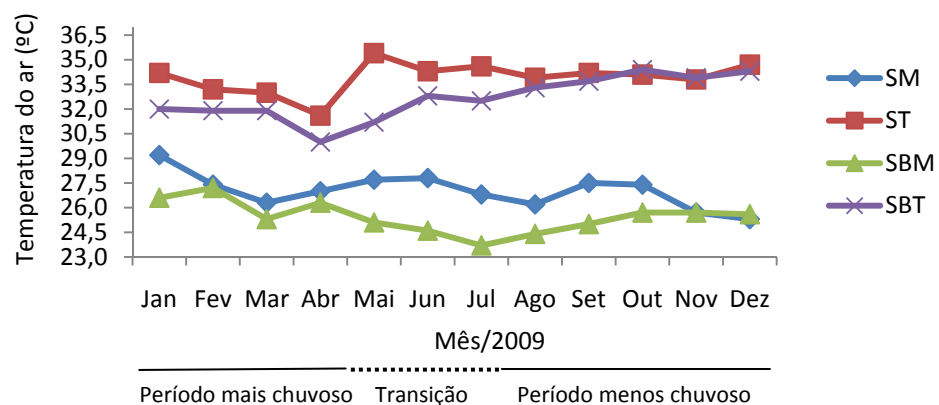


Figura 2. Variação dos valores máximos da temperatura do ar, ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, em 2009, Belém/Pará (SM: grupo SS, manhã; ST: grupo SS, tarde; SBM: grupo CS, manhã, e SBT: grupo CS, tarde).

Os valores médios e máximos da temperatura do ar, durante o período experimental, estão nas Tabelas 2 e 3. Não houve efeito da interação tripla (tratamento x período x turno). Entretanto, foi observada interação significativa entre período x turno e diferenças significativas entre tratamentos.

Tabela 2. Temperatura do ar (°C), máxima e média, e desvio padrão, pela manhã e tarde, na área experimental, nos períodos do ano de 2009, em Belém, Pará.

Período	Turno			
	Manhã		Tarde	
	Máxima	Média	Máxima	Média
Mais chuvoso	26,8	25,4 ± 0,7 ^{ab}	31,3	29,5 ± 1,0 ^{cA}
Transição	25,9	24,7 ± 1,0 ^{bB}	33,9	31,6 ± 1,6 ^{bA}
Menos chuvoso	25,7	24,9 ± 0,7 ^{abB}	33,6	32,9 ± 0,6 ^{aA}

^{ab} Médias dos períodos, dentro de cada turno, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes (P<0,05).

^{AB} Médias dos turnos, dentro de cada período, seguidas de letras maiúsculas distintas, na mesma linha são diferentes (P<0,05).

Tabela 3. Temperatura do ar (°C), máxima e média, e desvio padrão, ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém, Pará.

Tratamento	Temperatura do Ar (°C)	
	Máxima	Média
Grupo SS	30,4	28,7 ± 1,1 ^a
Grupo CS	29,3	27,7 ± 1,3 ^b

^{ab} Médias dos tratamentos, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes (P<0,05).

Observa-se que em todos os períodos do ano, houve diferenças significativas (P<0,05) da TA, entre os turnos, com a TA mais elevada no período da tarde, e diferenças maiores no período menos chuvoso do ano, o que mostra a influência da radiação solar sobre a temperatura ambiente, ao longo do dia. No decurso do dia existem momentos mais ou menos favoráveis ao conforto térmico dos animais, e esse processo é mediado pelo balanço de radiação, ou seja, pela contabilização entre o recebimento e devolução de radiação, que é muito variável ao longo do dia e do ano, o que promove alterações diárias e anuais na temperatura do ar. A elevação dos valores de temperatura ambiente ocorre quando há balanço positivo de radiação, quando o ar, em contato com o solo, é aquecido por condução. Por outro lado, no balanço de radiação negativo, é estabelecido um fluxo de calor, também, por condução do ar para a superfície, onde o ar é resfriado (TUBELIS e NASCIMENTO, 1992).

Nos turnos da manhã e tarde, em todos os períodos do ano, a TA esteve fora da zona de termoneutralidade, quando ultrapassou a temperatura crítica efetiva superior para bubalinos, que é de 24°C (GOSWAMI e NARIAN, 1962 citado por SHAFIE, 2000). Em Rondônia, Guimarães *et al.* (2001) não observaram elevação da temperatura retal de novilhos bubalinos confinados em galpão, cuja variação foi de 26,2 a 32,9°C. Para Misra *et al.* (1963) citado por Costa (2007), a temperatura crítica para êxito no ajustamento da homeotermia de bubalinos é de 36,1°C. Entretanto, Neiva (1998) relata que o ambiente ideal está em torno de 18°C e, fora deste limite, o animal terá suas funções produtivas prejudicadas, em favor da sua sobrevivência.

No turno da manhã, os maiores valores de TA ocorreram no período mais chuvoso, apesar da semelhança estatística com o período menos chuvoso. No turno da tarde, os valores mais elevados ocorreram no período menos chuvoso. Houve diferença significativa entre os grupos, pois no microclima do grupo SS a temperatura do ar foi mais elevada que no grupo CS. Pezo e Ibrahim (1998) afirmaram que a temperatura do ar, sob a copa de árvores, pode ser de 2 a 3°C inferior à observada a pleno sol, e interfere parcialmente na passagem da radiação solar, e contribui para reduzir o incremento calórico dos animais em pastejo. Em pesquisa realizada com búfalas leiteiras, as essências florestais mogno africano e nim indiano, em sistema silvipastoril, possibilitam sombra suficiente para promover maior conforto aos animais, o que elevou seu desempenho produtivo (LOURENÇO JÚNIOR *et al.*, 2006a).

A temperatura do ar é considerada como o fator climático isolado de maior relevância na produção animal (BACCARI JUNIOR, 2001). O conhecimento do comportamento anual e diário dessa variável climática é de fundamental importância, uma vez que a definição do período mais favorável ao animal é necessária para se aplicar estratégias de manejo mais adequadas ao seu bem-estar (ROCHA, 2008). Apesar disso, seus efeitos estão intimamente ligados e dependentes do nível de umidade relativa do ar (SILVA, 2000). Por isso, avaliar essa variável isoladamente não reflete os reais efeitos sobre o animal. Valores elevados de temperatura do ar, juntamente com alta radiação solar e elevada umidade relativa do ar, atuam negativamente na produção e reprodução animal (ROCHA, 2008).

3.3.1.2 Umidade Relativa do Ar

O curso diário médio da umidade relativa do ar (UR) é inverso ao da temperatura do ar (ROCHA, 2008). Os valores médios e máximos de UR, dos grupos experimentais (grupo CS e grupo SS), em dois turnos (manhã e tarde) e períodos do ano estão ilustrados nas Figuras 3 e 4. Observa-se a existência de período de transição, ao longo do ano, nos meses de maio, junho e julho, quando se percebe queda nos valores de umidade relativa do ar, no turno da tarde, provavelmente devido ao início do período de menor pluviosidade.

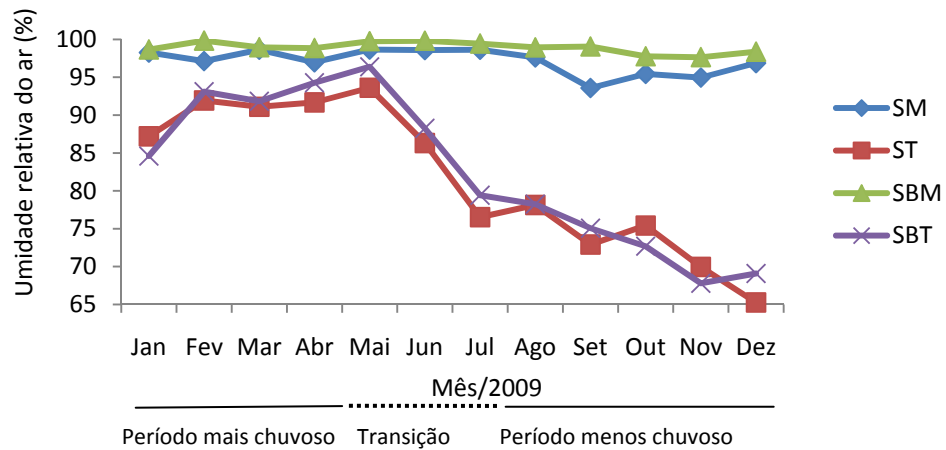


Figura 3. Variação da média da umidade relativa do ar, ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, em 2009, Belém/Pará. (SM: grupo SS, manhã; ST: grupo SS, tarde; SBM: grupo CS, manhã, e SBT: grupo CS, tarde).

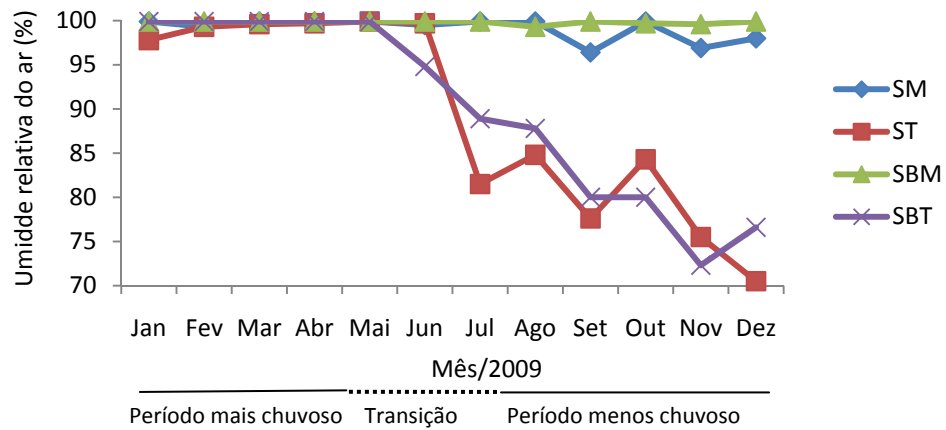


Figura 4. Variação dos valores máximos da umidade relativa do ar, ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, em 2009, Belém/Pará (SM: grupo SS, manhã; ST: grupo SS, tarde; SBM: grupo CS, manhã, e SBT: grupo CS, tarde).

De modo geral, os maiores valores médios e máximos de UR, em ambos os grupos, ocorreram nos meses de janeiro a maio, fato explicado por serem meses do período mais chuvoso. Conforme se aproximou o período menos chuvoso, a partir de maio, no turno da tarde, os valores de UR caíram, consideravelmente, provavelmente pela estiagem. A condição ambiental de elevada UR, quando aliada a altos valores de temperatura do ar, é prejudicial ao animal, no tocante à perda de calor, por evaporação (PEREIRA, 2005; SILVA, 2000).

Na presente pesquisa, a UR não apresentou interação significativa ($P < 0,05$) entre tratamento x período x turno. Também, não houve diferença significativa dessa variável entre os tratamentos (grupo SS e grupo CS), porém, observou-se efeito da interação entre período e turno. Os valores médios e máximos da umidade relativa do ar e sua interação período x turno estão na Tabela 4.

Tabela 4. Valores da umidade relativa do ar (%), máxima e média, e desvio padrão, na área experimental, pela manhã e tarde, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.

Período	Turno			
	Manhã		Tarde	
	Máxima	Média	Máxima	Média
Mais chuvoso	99,8	98,4 ± 1,0 ^{aA}	94,3	90,7 ± 3,2 ^{aB}
Transição	99,8	99,2 ± 0,6 ^{aA}	96,4	86,8 ± 7,8 ^{bB}
Menos chuvoso	99,1	97,0 ± 1,8 ^{bA}	78,2	72,5 ± 4,4 ^{cB}

^{a,b} Médias dos períodos, dentro de cada turno, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes (P<0,05).

^{AB} Médias dos turnos, dentro de cada período, seguidas de letras maiúsculas distintas, na mesma linha são diferentes (P<0,05).

Em todos os períodos do ano houve diferenças estatísticas (P<0,05), entre turnos, pois a UR do turno da manhã apresentou valores superiores aos da tarde. Analisando-se períodos do ano, no turno da manhã, a UR foi maior nos períodos mais chuvoso e de transição. No turno da tarde, os maiores valores foram observados no período mais chuvoso, seguidos do período de transição e, por fim, os menores valores foram encontrados no período menos chuvoso. Esses resultados comprovam o curso inverso da umidade relativa, com relação ao da temperatura do ar, pois de acordo com ROCHA (2008), quando há radiação solar direta ocorre diminuição nos valores de umidade relativa do ar.

3.3.1.3 Índice de Temperatura e Umidade

O conforto térmico dos animais depende em alto grau dos níveis de umidade relativa do ar, em associação com a temperatura do ar (SILVA, 2000). Diversos autores desenvolveram medidas ou índices de conforto térmico, baseados nas combinações de temperatura e umidade do ar, como o “Índice de Temperatura e Umidade” (ITU), desenvolvido por Thom (1959). Para Baccari Júnior *et al.* (1986) e Hugs-Jones (1994), o ITU, em torno de 75, proporciona maior tolerância ao calor dos trópicos. Acima desse limite, torna-se necessário manejo do ambiente físico, como forma de amenizar o desconforto animal. As médias e máximas do ITU estão apresentadas nas Figuras 5 e 6, respectivamente.

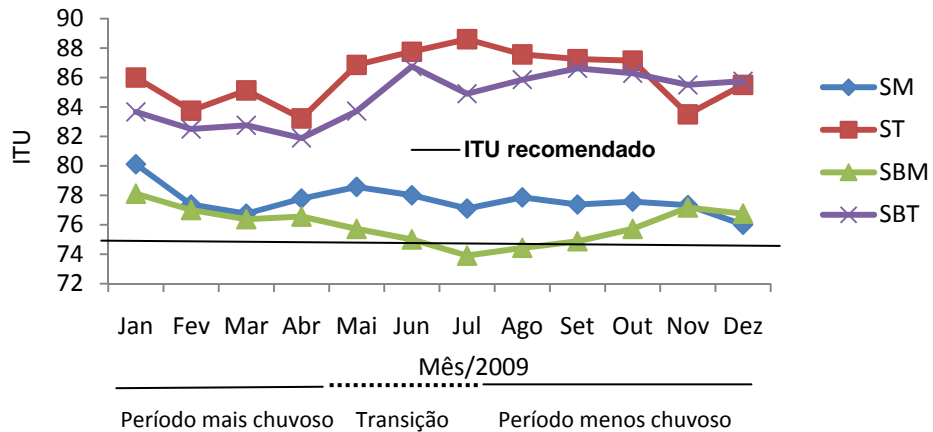


Figura 5. Variação da média do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, em 2009, Belém/Pará (SM: grupo SS, manhã; ST: grupo SS, tarde; SBM: grupo CS, manhã, e SBT: grupo CS, tarde).

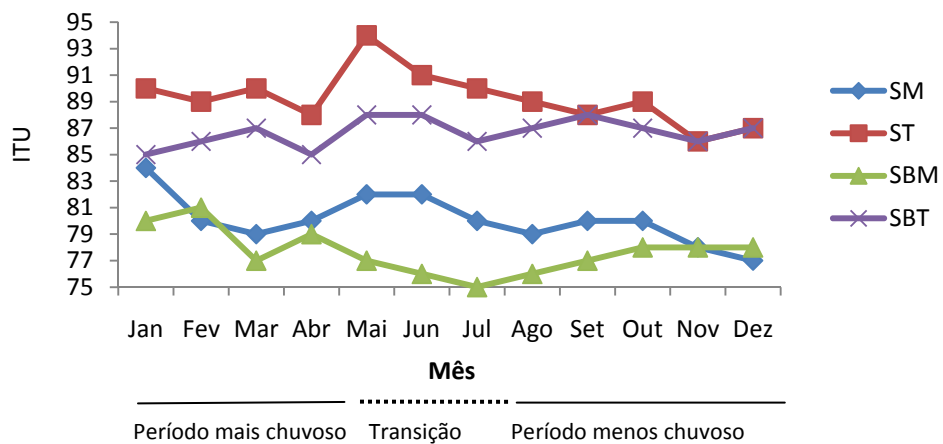


Figura 6. Variação dos valores máximos do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, em 2009, Belém/Pará (SM: grupo SS, manhã; ST: grupo SS, tarde; SBM: grupo CS, manhã, e SBT: grupo CS, tarde).

Observa-se que, em ambos os grupos estudados, os valores de ITU foram elevados, durante o período experimental, e permaneceram próximos ou superiores a 85, acima de 75, proposto por Baccari Júnior *et al.* (1986), quando os bubalinos mantêm boa tolerância ao calor. Lourenço Júnior (1998) observou índices semelhantes aos relatados nesse trabalho, entre 75 e 82.

Em trabalho de pesquisa sobre o efeito dos índices de temperatura e umidade (ITU) sobre bubalinos criados em sistema silvipastoril, em Belém, Pará, em ambos os períodos climáticos, os índices foram elevados, próximo ou superiores a 88, e chegaram a suplantarem o nível de emergência, o que impõe a necessidade de uso de práticas de manejo no ambiente físico, como sombreamento natural ou artificial, como os sistemas silvipastoris, com espécies de crescimento rápido, água e alimentos adequados, em quantidade e qualidade, além de bom manejo no rebanho, principalmente em regiões tropicais como a Amazônia (LOURENÇO JÚNIOR *et al.*, 2006b)

Nos resultados desta pesquisa, os horários entre 12h00 e 13h00 foram os mais negativos para o conforto térmico dos bubalinos. Através da análise de variância, constatou-se que não houve efeito da interação tripla (tratamento x período x turno) do ITU. Entretanto, observou-se interação entre período x turno (Tabela 5). No turno da manhã, notou-se diferença estatística entre os períodos do ano, onde o período mais chuvoso apresentou valores de ITU mais elevados que os dos períodos de transição e menos chuvoso. No turno da tarde, os maiores valores de ITU aconteceram nos períodos de transição e menos chuvoso, o que era de se esperar, devido a temperatura e umidade relativa continuarem elevadas, o que classifica o clima quente e úmido da região amazônica. Houve diferenças estatísticas ($P < 0,05$) entre turnos, durante os períodos do ano, onde o ITU, no turno da tarde, em todos os períodos do ano, foi mais elevado.

Tabela 5. Índice de temperatura e umidade (ITU), máximo e médio, e desvio padrão, na área experimental, pela manhã e tarde, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.

Período	Índice de Temperatura e Umidade			
	Manhã		Tarde	
	Máxima	Média	Máxima	Média
Mais chuvoso	80,1	77,5 ± 1,2 ^{aB}	86,0	83,6 ± 1,4 ^{bA}
Transição	78,6	76,4 ± 1,8 ^{bB}	88,6	86,4 ± 1,8 ^{aA}
Menos chuvoso	77,9	76,5 ± 1,2 ^{bB}	87,6	86,1 ± 1,2 ^{aA}

^{A,B} Médias dos turnos, dentro de cada período, seguidas de letras maiúsculas distintas, na mesma linha são diferentes ($P < 0,05$).

^{a,b,c} Médias dos períodos, dentro de cada turno, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes ($P < 0,05$).

Tabela 6. Índice de temperatura e umidade (ITU), máximo e médio, e desvio padrão, na área experimental, ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém/Pará.

Tratamento	Índice de Temperatura e Umidade	
	Máxima	Média
Grupo SS	84,4	81,8 ± 1,4 ^a
Grupo CS	82,4	80,3 ± 1,5 ^b

^{a,b} Médias de ITU, dentro de cada tratamento, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes (P<0,05).

Durante o período experimental houve diferença estatística (P<0,05), entre tratamentos, onde o grupo SS apresentou valores mais elevados (Tabela 6). Esses resultados indicam que os sistemas silvipastoris podem contribuir para proporcionar maior conforto animal e, conseqüentemente, melhor performance produtiva, por disponibilizarem ambiente com sombra e auxiliar na termorregulação dos búfalos, principalmente em regiões como a Amazônia (HUGH-JONES, 1994; TOWNSEND *et al.*, 2000; LOURENÇO JÚNIOR *et al.*, 2002).

3.3.1.4 Índice de Temperatura de Globo e Umidade

Os valores de ITGU, de até 74, definem situação de conforto, de 74 a 78, alerta, de 79 a 84, perigo, e acima de 84, emergência (SOUZA *et al.*, 2002). Os valores médios e máximos do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) estão apresentados nas Figuras 7 e 8. Os dados médios deste trabalho demonstram que as condições climáticas no período experimental levaram os animais à situação de alerta, no microclima de ambos os tratamentos (grupo CS e grupo SS), no turno da manhã, à situação de perigo, no microclima do grupo CS, à tarde, e à situação de emergência, no microclima do grupo SS.

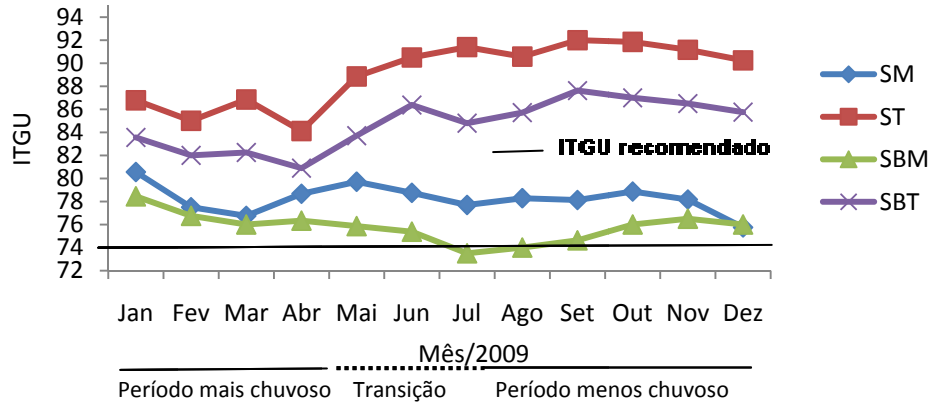


Figura 7. Variação da média do Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITU), ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, em 2009, Belém/Pará (SM: grupo SS, manhã; ST: grupo SS, tarde; SBM: grupo CS, manhã, e SBT: grupo CS, tarde).

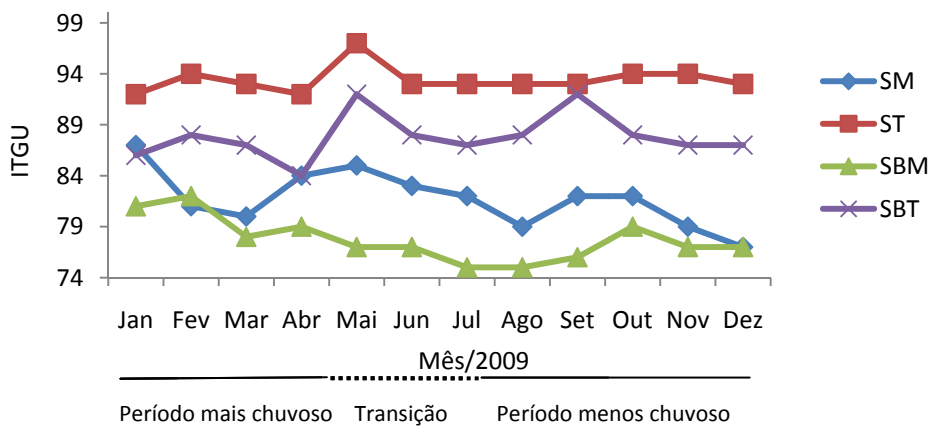


Figura 8. Variação dos valores máximos do Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITU), ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, em 2009, Belém/Pará (SM: grupo SS, manhã; ST: grupo SS, tarde; SBM: grupo CS, manhã, e SBT: grupo CS, tarde).

Os valores de ITGU revelam situação de desconforto animal. Encontrou-se condição térmica acima da considerada de conforto (ITGU = 74), o que sugere que os animais se encontravam em condições de estresse calórico, tanto os da sombra como do sol, embora a situação no sol tenha sido mais estressante. Não houve interações triplas do ITGU (tratamentos x período do ano x turno). Entretanto, observaram-se interações significativas ($P < 0,05$), entre períodos do ano e turnos e entre tratamentos e turnos (Tabelas 7 e 8, respectivamente).

Os turnos diferem significativamente ($P < 0,05$), dentro de cada período do ano, onde os maiores valores de ITGU ocorreram no turno da tarde. Ao longo dos meses, houve diferenças significativas ($P < 0,05$), entre períodos do ano, com ITGU maior no período mais chuvoso, pela manhã, e menos chuvoso, à tarde. Esse fato se deve, provavelmente, aos maiores valores de temperatura do ar, observados nesses turnos.

Tabela 7. Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), máximo e médio, e desvio padrão, na área experimental, pela manhã e tarde, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.

Período	Turno			
	Manhã		Tarde	
	Máxima	Média	Máxima	Média
Mais chuvoso	80,6	77,6 ± 1,5 ^{aB}	86,9	83,9 ± 2,2 ^{cA}
Transição	79,7	76,8 ± 2,3 ^{bB}	91,4	87,6 ± 3,1 ^{bA}
Menos chuvoso	78,9	76,6 ± 1,7 ^{bB}	92,0	88,8 ± 2,6 ^{aA}

^{A,B} Médias dos turnos, dentro de cada período, seguidas de letras maiúsculas distintas, na mesma linha são diferentes ($P < 0,05$).

^{a,b,c} Médias dos períodos, dentro de cada turno, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes ($P < 0,05$).

Tabela 8. Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), máximo e médio, e desvio padrão, na área experimental, ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), pela manhã e tarde, em 2009, Belém, Pará.

Tratamento	Turno			
	Manhã		Tarde	
	Máxima	Média	Máxima	Média
Grupo SS	80,6	78,2 ± 1,3 ^{aB}	92,0	89,1 ± 2,8 ^{aA}
Grupo CS	78,4	75,8 ± 1,3 ^{bB}	87,6	84,7 ± 2,2 ^{bA}

^{A,B} Médias dos turnos, dentro de cada tratamento, seguidas de letras maiúsculas distintas, na mesma linha são diferentes ($P < 0,05$).

^{a,b} Médias dos períodos, dentro de cada turno, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes ($P < 0,05$).

Houve diferença estatística ($P < 0,05$) entre tratamentos, em ambos os turnos, onde o grupo SS apresentou valores mais elevados. Esses resultados confirmam a

importância do uso de sistemas silvipastoris, pois a plantação de árvores pode contribuir para proporcionar maior conforto térmico aos animais, que respondem com aumento do desempenho produtivo e reprodutivo (LOURENÇO JÚNIOR *et al.*, 2002).

Os valores médios de ITGU, nos turnos da manhã e tarde, e em ambos os grupos, CS e SS, no período mais chuvoso do ano, estão próximos aos registrados por Santos *et al.* (2005), de 77,5 e 85,5, nos períodos da manhã e tarde, respectivamente, no clima semi-árido paraibano.

3.3.2 Variáveis fisiológicas

3.3.2.1 Temperatura Retal

Os valores médios e máximos da temperatura retal (TR) estão ilustrados nas Figuras 9 e 10. Observa-se que, mesmo no turno da manhã, com temperaturas mais amenas, os valores estão acima da faixa de variação normal para búfalos, de 37,4 a 37,9°C, de acordo Shafie (2000). A temperatura corporal é resultado da diferença entre energia térmica produzida mais a recebida pelo organismo animal e a energia térmica dissipada destes para o ambiente (CÉZAR, 2004). Para Johnson (1980), a temperatura retal é indicador dessa diferença e pode ser usada para avaliar a adversidade do ambiente térmico sobre os animais.

Pesquisas comprovam os efeitos da temperatura ambiente sobre a temperatura retal dos búfalos, o que causa estresse térmico nos animais (TITTO *et al.*, 1997; LOURENÇO JÚNIOR, 1998; TOWNSEND *et al.*, 2000; GUIMARÃES *et al.*, 2001). De acordo com McDowell *et al.* (1976), elevação de 1°C ou menos, na temperatura retal, é bastante para reduzir o desempenho produtivo na maioria das espécies de animais domésticos.

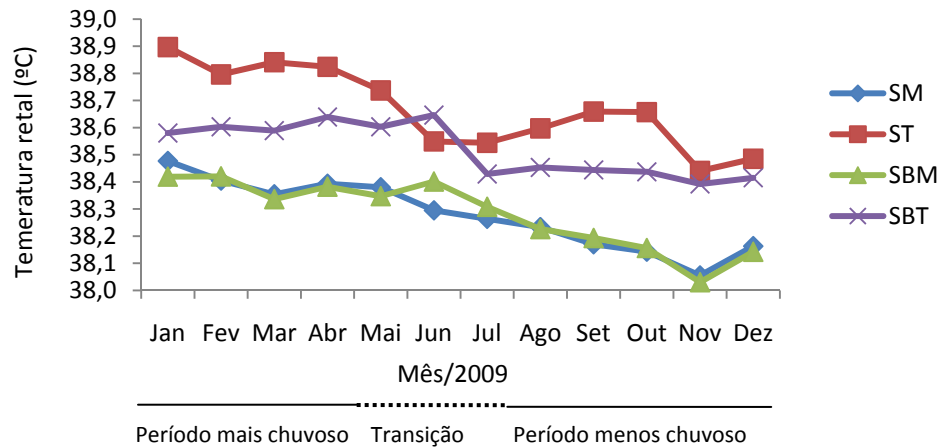


Figura 9. Variação da média da temperatura retal de búfalas criadas ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, na Amazônia Oriental, em 2009 (SM: grupo SS, manhã; ST: grupo SS, tarde; SBM: grupo CS, manhã, e SBT: grupo CS, tarde).

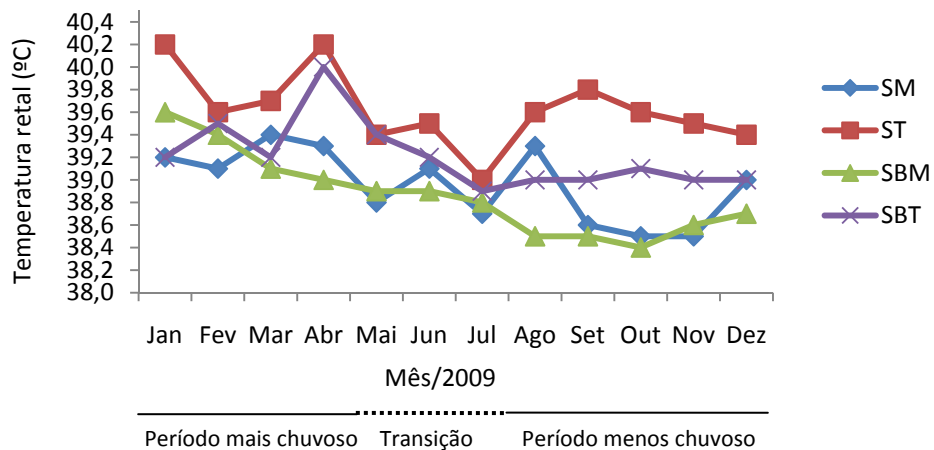


Figura 10. Variação dos valores máximos da temperatura retal de búfalas criadas ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, na Amazônia Oriental, em 2009 (SM: grupo SS, manhã; ST: grupo SS, tarde; SBM: grupo CS, manhã, e SBT: grupo CS, tarde).

Nas análises de variância foram constatados efeitos da interação tripla (tratamento x período do ano x turno), conforme pode ser observado na Tabela 9. Em todos os períodos do ano e tratamentos (grupos CS e SS), houve diferenças

significativas ($P < 0,05$) entre os turnos, sendo a TR da tarde superior à da manhã. Essa elevação da temperatura retal, em ambiente quente, indica que os mecanismos de liberação de calor se tornaram insuficientes para manter a homeotermia (ROBINSON, 2004). Este resultado é, provavelmente, atribuído à maior incidência da radiação solar, no período da tarde. Pesquisas realizadas por Magalhães *et al.* (2000), com bovinos e bubalinos, em condições climáticas similares, apresentaram resultados semelhantes, onde a TR dos bubalinos passou de 38,0°C para 39,3°C, pela manhã e tarde, respectivamente, o que demonstra que essa variável fisiológica é influenciada pela elevação da temperatura ambiente.

Temperaturas retais mais elevadas, no período da tarde, foram observadas também por Magalhães *et al.* (1998), em Porto Velho, Rondônia, Região Norte do Brasil, com búfalas mestiças Murrah x Mediterrâneo. Também, Magalhães *et al.* (2006), encontraram a TR (39,11 e 39,26°C) de bovinos e bubalinos pela tarde superiores às da manhã (38,10 e 38,05°C).

Tabela 9. Valores de temperatura retal (°C), máxima e média, e desvio padrão, de búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), pela manhã e à tarde, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.

Período	Grupo Sem Sombra (Grupo SS)			
	Manhã		Tarde	
	Máxima	Média	Máxima	Média
Mais chuvoso	38,6	38,4 ± 0,1 ^{aB1}	39,0	38,8 ± 0,1 ^{aA1}
Transição	38,4	38,3 ± 0,1 ^{bB1}	38,7	38,6 ± 0,1 ^{bA1}
Menos chuvoso	38,3	38,2 ± 0,1 ^{cB1}	38,8	38,6 ± 0,1 ^{bA1}
Período	Grupo Com Sombra (Grupo CS)			
	Manhã		Tarde	
	Máxima	Média	Máxima	Média
Mais chuvoso	38,7	38,4 ± 0,2 ^{aB1}	38,9	38,6 ± 0,1 ^{aA2}
Transição	38,6	38,4 ± 0,1 ^{aB1}	38,8	38,6 ± 0,1 ^{aA1}
Menos chuvoso	38,3	38,2 ± 0,1 ^{bB1}	38,6	38,4 ± 0,1 ^{bA2}

^{A,B} Médias dos turnos, dentro de cada período, seguidas de letras maiúsculas distintas, na mesma linha são diferentes ($P < 0,05$).

^{a,b,c} Médias dos períodos, dentro de cada turno, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes ($P < 0,05$).

¹² Médias dos períodos e turnos, dentro de cada tratamento (grupo CS e grupo SS), seguidas de números distintos, na mesma coluna, entre blocos (superior e inferior), são diferentes ($P < 0,05$).

Em todos os tratamentos e turnos, houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os períodos do ano. No grupo SS, no turno da manhã, os valores mais elevados da TR ocorreram no período mais chuvoso. Também, durante esse turno, no grupo CS, os

maiores valores ocorreram nos períodos mais chuvoso e de transição. No turno da tarde, observou-se a mesma tendência para ambos os grupos. Isso pode ter ocorrido devido à elevada umidade relativa do ar, combinada com a alta temperatura ambiente que ocorrem na região durante esses períodos, quando os animais apresentam dificuldades em trocar calor com o meio, levando-os à condição de estresse térmico (SWENSON, 1992). Além disso, esse comportamento pode estar associado ao fato de que as chuvas, com consequente elevação da umidade do ar, favorecem a ocorrência de ectoparasitas, como insetos hematófagos, que perturbam os animais, estressando-os, e interferem negativamente no processo metabólico (FAHIMUDDIN, 1975).

Houve diferenças significativas ($P < 0,05$) entre tratamentos, no turno da tarde, nos períodos mais e menos chuvoso, quando o grupo SS apresentou valores maiores de TR. Paranhos da Costa (2000) demonstrou que búfalos criados em pastagem sem acesso à sombra apresentam aumento significativo nos valores da temperatura retal ($38,3^{\circ}\text{C}$ a $39,1^{\circ}\text{C}$) e na frequência respiratória (22,6 mov./min. a 48,4 mov./min.), como forma de dissipar o excesso de calor corporal, em decorrência do estresse térmico, o que prejudica seu potencial produtivo. No turno da manhã, em todos os períodos, e no período de transição, no turno da tarde, não houve diferença significativa entre os grupos, provavelmente devido às temperaturas ambiente terem valores mais baixos.

3.3.2.2 Temperatura da Superfície Corporal

A TSC está relacionada, diretamente, com as condições ambientais de umidade relativa, temperatura do ar e vento, e das condições fisiológicas, como vascularização e evaporação, pelo suor. Em temperaturas do ar amenas, essa variável contribui para a manutenção da temperatura do corpo, mediante trocas de calor com o ambiente (ROBINSON, 2004). Os valores médios e máximos da temperatura da superfície corporal (TSC) estão ilustrados nas Figuras 11 e 12, respectivamente.

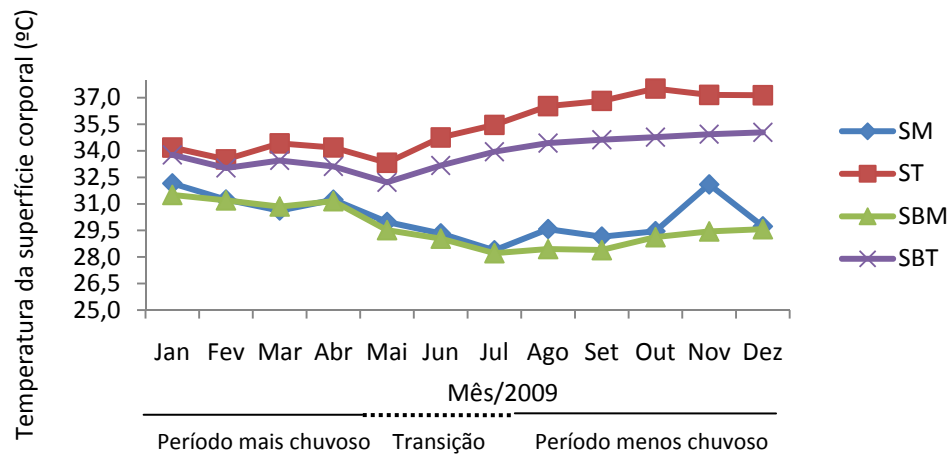


Figura 11. Variação da média da temperatura da superfície corporal de búfalas criadas ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, na Amazônia Oriental, em 2009 (SM: grupo SS, manhã; ST: grupo SS, tarde; SBM: grupo CS, manhã, e SBT: grupo CS, tarde).

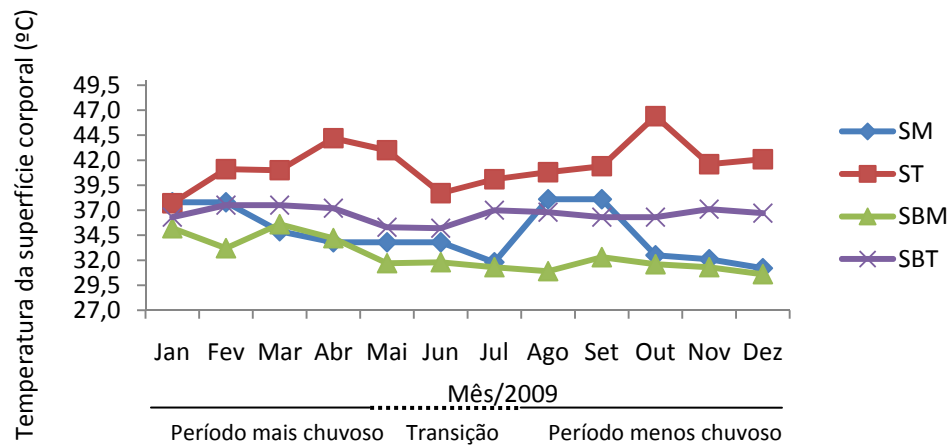


Figura 12. Variação dos valores máximos da temperatura da superfície corporal de búfalas criadas ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, na Amazônia Oriental, em 2009 (SM: grupo SS, manhã; ST: grupo SS, tarde; SBM: grupo CS, manhã, e SBT: grupo CS, tarde).

Na Tabela 10 estão apresentados os valores médios e máximos da TSC. Através da análise de variância foi constatado que houve efeito da interação tripla (tratamento x período do ano x turno).

Tabela 10. Temperatura da superfície corporal (°C), máxima e média, e desvio padrão, de búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), pela manhã e à tarde, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.

Período	Grupo Sem Sombra (Grupo SS)			
	Manhã		Tarde	
	Máxima	Média	Máxima	Média
Mais chuvoso	32,5	31,3 ± 0,4 ^{aB1}	34,3	34,1 ± 0,2 ^{cA1}
Transição	31,0	29,1 ± 0,7 ^{bB1}	35,1	34,6 ± 0,3 ^{bA1}
Menos chuvoso	31,1	29,4 ± 0,7 ^{bB1}	37,8	37,0 ± 0,3 ^{aA1}
Período	Grupo Com Sombra (Grupo CS)			
	Manhã		Tarde	
	Máxima	Média	Máxima	Média
Mais chuvoso	31,8	31,2 ± 0,5 ^{aB1}	33,7	33,35 ± 0,3 ^{bA2}
Transição	30,3	28,9 ± 0,9 ^{bB1}	33,7	33,22 ± 0,4 ^{bA2}
Menos chuvoso	30,1	28,9 ± 0,6 ^{bB2}	35,2	34,73 ± 0,4 ^{aA2}

^{A,B} Médias dos turnos, dentro de cada período, seguidas de letras maiúsculas distintas, na mesma linha são diferentes (P<0,05).

^{a,b,c} Médias dos períodos, dentro de cada turno, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes (P<0,05).

^{1,2} Médias dos períodos e turnos, dentro de cada tratamento (grupo CS e grupo SS), seguidas de números distintos, na mesma coluna, entre tabelas, são diferentes (P<0,05).

Em todos os períodos do ano, houve diferenças (P<0,05) da TSC, nos tratamentos e turnos, quando o grupo SS e turno da tarde apresentaram os maiores valores. Foi observado que, no turno da tarde, os animais sem sombra aqueceram mais a superfície da pele, provavelmente por estarem mais expostos à radiação solar difusa.

Analisando-se os períodos do ano, os maiores valores de TSC, do turno da manhã, em ambos os grupos, foram observados no período mais chuvoso (P<0,05). Esse resultado pode ser devido ao aumento de UR nesse turno, que combinado com a elevação da TA, pode ter dificultado a eliminação de calor por evaporação (SWENSON, 1992). Entretanto, no turno da tarde, os maiores valores foram encontrados no período menos chuvoso do ano, quando a temperatura do ar era mais elevada, e sob essas condições, aumenta o fluxo sanguíneo, do núcleo central para a periferia corporal, na tentativa de eliminar calor e contribuir, assim, para elevar a TSC.

3.3.2.3 Frequência Respiratória

Os valores médios e máximos da frequência respiratória (FR) dos bubalinos experimentais estão ilustrados nas Figuras 13 e 14, respectivamente. Na avaliação dos dados médios, no turno da manhã, os valores observados estão dentro da faixa de variação normal para búfalos, de 18 a 30 mov./min. (SHAFIE, 1959 citado por

SHAFIE, 2000). Na Ilha do Marajó, Lourenço Júnior (1998) observou valores semelhantes, em machos bubalinos, que variaram de 19 a 30 mov./min. Por outro lado, os valores observados à tarde, para os dois grupos, suplantaram os indicados para situações de termoneutralidade da espécie bubalina, bem como quando se considera os valores máximos, o que já era esperado, uma vez que a combinação dos elementos climáticos ocasionou maior grau de desconforto aos animais, pois elevaram a frequência respiratória, a fim de manter a temperatura corporal, em níveis normais.

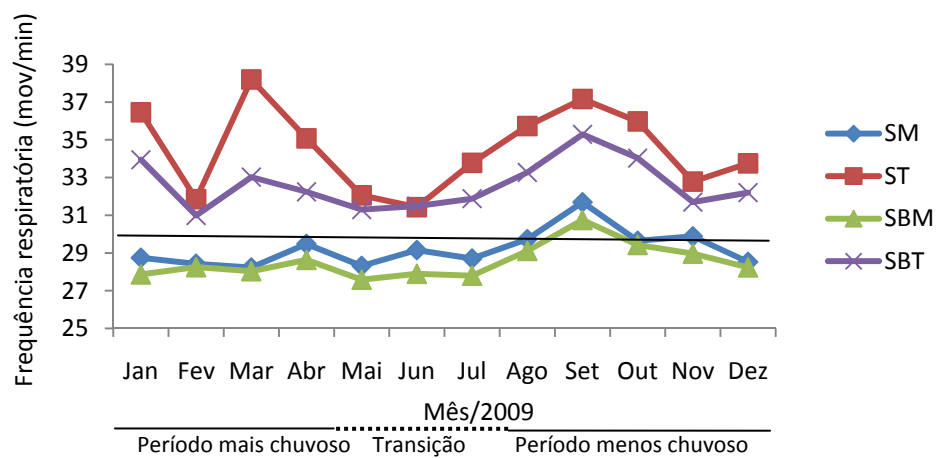


Figura 13. Variação da média da frequência respiratória de búfalas criadas ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, na Amazônia Oriental, em 2009 (SM: grupo SS, manhã; ST: grupo SS, tarde; SBM: grupo CS, manhã, e SBT: grupo CS, tarde).

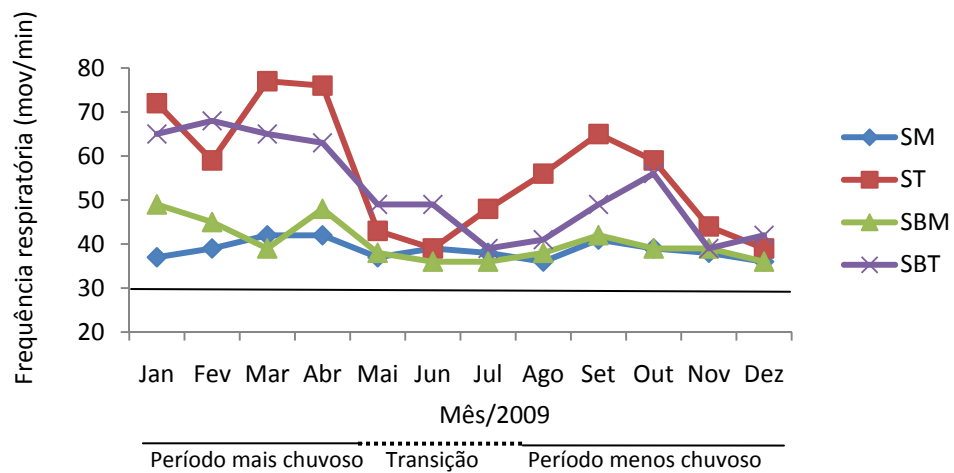


Figura 14. Variação dos valores máximos da frequência respiratória de búfalas criadas ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, na Amazônia Oriental, em 2009 (SM: grupo SS, manhã; ST: grupo SS, tarde; SBM: grupo CS, manhã, e SBT: grupo CS, tarde).

Através da análise de variância não houve efeito da interação tripla (tratamento x período do ano x turno) da FR. Entretanto, observou-se interação período x turno, período x tratamento e tratamento x turno (Tabelas 11, 12 e 13).

Tabela 11. Valores da frequência respiratória (FR), máxima e média, e desvio padrão, de búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), pela manhã e à tarde, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.

Período	Frequência Respiratória (mov./min.)			
	Manhã		Tarde	
	Máxima	Média	Máxima	Média
Mais chuvoso	32,1	28,5 ± 1,9 ^{bb}	42,6	34,0 ± 3,7 ^{aA}
Transição	31,0	28,3 ± 1,1 ^{bb}	36,1	32,1 ± 1,7 ^{bA}
Menos chuvoso	31,1	29,8 ± 1,1 ^{aB}	38,9	34,4 ± 1,8 ^{aA}

^{A,B} Médias dos turnos, dentro de cada período, seguidas de letras maiúsculas distintas, na mesma linha são diferentes (P<0,05).

^{a,b,c} Médias dos períodos, dentro de cada turno, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes (P<0,05).

Em todos os períodos do ano, houve diferenças significativas (P<0,05) entre os turnos, sendo a FR, à tarde, superior à da manhã, quando os animais acionaram a termólise evaporativa respiratória, a fim de manter a homeotermia. De acordo com Ferreira *et al.* (2006), em situações de estresse térmico, essa variável fisiológica

apresenta valores elevados (taquipnéia), antes mesmo de aumentar os valores da temperatura retal (hipertermia). Sob essa situação, o aumento do grau de resfriamento evaporativo-respiratório, reflete na elevação da frequência respiratória em bubalinos (LOURENÇO JUNIOR, 1998; GUIMARÃES *et al.*, 2001; MATOS, 2008).

Analisando-se os períodos do ano, pela manhã, os maiores valores da FR foram encontrados no período menos chuvoso. No turno da tarde, a FR esteve com valores elevados, tanto no período mais chuvoso, como no menos chuvoso, com valores menores no período de transição, o que indica que, provavelmente, esse período pode ser de maior conforto térmico para os animais.

Tabela 12. Frequência respiratória (mov./min.), máxima e média, e desvio padrão, de búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.

Período	Tratamento			
	Grupo SS		Grupo CS	
	Máxima	Média	Máxima	Média
Mais chuvoso	42,0	32,1 ± 4,2 ^{aA}	42,6	30,4 ± 3,8 ^{abB}
Transição	34,0	30,6 ± 2,3 ^{bA}	36,1	29,7 ± 2,5 ^{bA}
Menos chuvoso	39,0	32,7 ± 3,0 ^{aA}	37,3	31,5 ± 2,5 ^{aA}

^{A,B} Médias dos turnos, dentro de cada período, seguidas de letras maiúsculas distintas, na mesma linha são diferentes (P<0,05).

^{a,b,c} Médias dos períodos, dentro de cada turno, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes (P<0,05).

Durante o período experimental houve diferenças significativas (P<0,05) da FR, entre tratamentos, em cada período do ano. Essa diferença ocorreu no período mais chuvoso, onde se observou que o grupo SS apresentou valores maiores de FR, devido provavelmente, ao nível de estresse ao qual foram submetidos os animais, quando houve maior necessidade de termólise e, por não terem sombra disponível, esse efeito foi maior.

Dentro do grupo SS, nos períodos mais e menos chuvosos, os animais apresentaram os valores mais elevados de FR. O valor elevado do período mais chuvoso, provavelmente pode ser devido à dificuldade dos animais dissiparem calor por evaporação, considerando-se que, nesse período, a umidade relativa do ar é bastante elevada. Em búfalos, a perda de calor pelo ar expirado é mais importante que pela transpiração (FAO, 1991), pois possuem baixa eficiência na perda de calor pelas vias cutâneas (CHIKAMUNE *et al.*, 1986), sendo a via respiratória de grande importância na

dissipação de calor (VILLARES *et al.*, 1979; GUIMARÃES *et al.*, 2001). Além disso, a elevada pluviosidade desse período “limpa” o ar atmosférico e facilita o contato direto da radiação solar com os animais.

Por outro lado, o grupo CS apresentou maiores valores somente no período menos chuvoso do ano. Esses resultados estão de acordo com os observados em bubalinos por Titto *et al.* (1997) e Guimarães *et al.* (2001), os quais concluíram que à medida que a temperatura do ar aumenta, a frequência respiratória se eleva de 22 mov./min., para mais de 48 mov./min., em temperaturas de 28,3°C a 34,7°C, respectivamente. Esses dados foram confirmados por Magalhães *et al.* (1998) e Townsend *et al.* (2000), ao concluir que quando ocorre aumento da temperatura ambiente, o aumento da FR é uma resposta comum, como forma de dissipar o excesso de calor do animal e garantir a manutenção da temperatura corporal.

Tabela 13. Frequência respiratória (mov./min.), máxima e média, e desvio padrão, de búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém/Pará.

Tratamento	Turno			
	Manhã		Tarde	
	Máxima	Média	Máxima	Média
Grupo SS	31,2	29,2 ± 1,4 ^{ab}	42,0	34,4 ± 2,5 ^{aA}
Grupo CS	32,1	28,5 ± 1,6 ^{ab}	42,6	32,6 ± 2,7 ^{bA}

^{A,B} Médias dos turnos, dentro de cada tratamento, seguidas de letras maiúsculas distintas, na mesma linha são diferentes (P<0,05).

^{a,b,c} Médias dos tratamentos, dentro de cada turno, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes (P<0,05).

Em ambos os tratamentos houve diferença significativa (P<0,05) entre turnos, com maiores valores de FR, à tarde. Além disso, houve diferença significativa (P<0,05) entre tratamentos, no turno da tarde, onde o grupo SS apresentou maiores valores de FR. O fornecimento de sombra na pastagem contribuiu para a redução da FR, provavelmente por melhorar o conforto térmico no ambiente. Essa redução na FR indica que os animais empregaram menos os mecanismos termorreguladores, e isso pode fazer com que haja maior direcionamento de energia da dieta para o crescimento dos mesmos, conforme ressalta Silva (2000).

3.3.2.4 Frequência Cardíaca

Nas Figuras 15 e 16, respectivamente, observam-se os valores médios e máximos da frequência cardíaca (FC) dos animais, no período experimental. Em ambos os turnos e grupos, os valores observados estão mais elevados que a faixa de variação normal para búfalos, de 50 a 54 bat./min. (SHAFIE, 2000). Os resultados deste trabalho estão próximos aos observados por Lourenço Júnior (1998), ao avaliar a influência do clima da ilha de Marajó, Pará, sobre a fisiologia de bubalinos, e observar médias entre 66 e 70 batimentos/minuto.

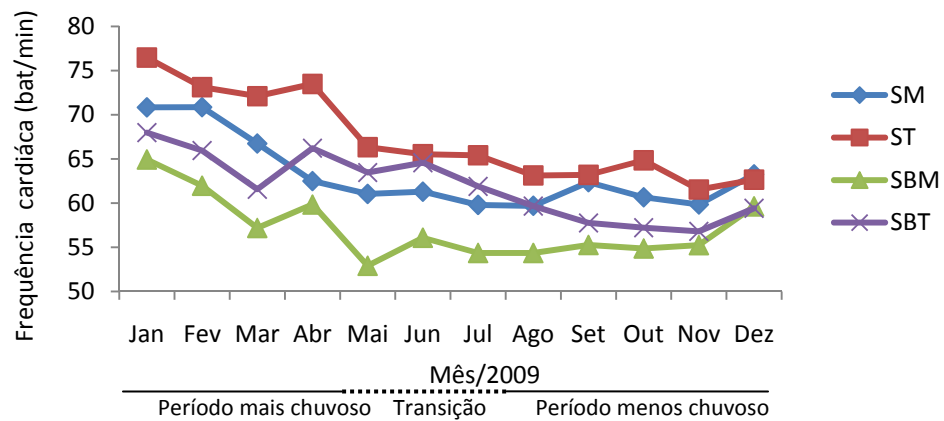


Figura 15. Variação da média da frequência cardíaca de búfalas criadas ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, na Amazônia Oriental, em 2009 (SM: grupo SS, manhã; ST: grupo SS, tarde; SBM: grupo CS, manhã, e SBT: grupo CS, tarde).

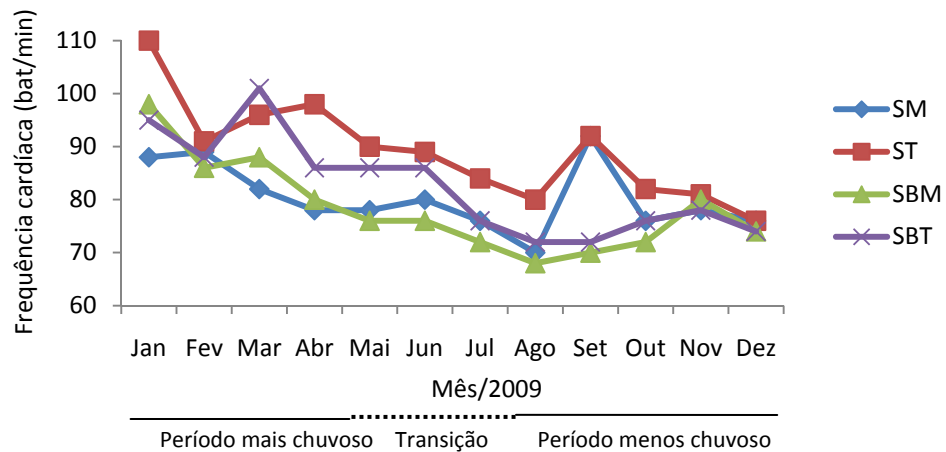


Figura 16. Variação dos valores máximos da frequência cardíaca de búfalas criadas ao sol e à sombra, durante manhã e tarde, na Amazônia Oriental, em 2009 (SM: grupo SS, manhã; ST: grupo SS, tarde; SBM: grupo CS, manhã, e SBT: grupo CS, tarde).

Na Tabela 14 estão apresentados os valores máximos e médios da FC, com interação tripla entre os fatores estudados.

Tabela 14. Frequência cardíaca (bat./min.), máxima e média, e desvio padrão, de búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), pela manhã e à tarde, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.

Período	Grupo Sem Sombra (Grupo SS)			
	Manhã		Tarde	
	Máxima	Média	Máxima	Média
Mais chuvoso	76,0	67,7 ± 5,0 ^{aB1}	81,0	73,9 ± 4,3 ^{aA1}
Transição	68,2	60,6 ± 3,7 ^{bB1}	75,1	65,7 ± 4,2 ^{bA1}
Menos chuvoso	65,7	61,0 ± 2,5 ^{bB1}	70,7	63,2 ± 3,0 ^{cA1}
Período	Grupo Com Sombra (Grupo CS)			
	Manhã		Tarde	
	Máxima	Média	Máxima	Média
Mais chuvoso	72,4	61,1 ± 5,6 ^{aB2}	78,6	65,5 ± 6,4 ^{aA2}
Transição	65,0	54,5 ± 5,5 ^{bB2}	74,6	63,2 ± 6,5 ^{bA1}
Menos chuvoso	61,8	55,5 ± 3,9 ^{bB2}	65,6	58,1 ± 4,3 ^{cA2}

^{A,B} Médias dos turnos, dentro de cada período, seguidas de letras maiúsculas distintas, na mesma linha são diferentes (P<0,05).

^{a,b,c} Médias dos períodos, dentro de cada turno, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes (P<0,05).

¹² Médias dos períodos e turnos, dentro de cada tratamento (grupo CS e grupo SS), seguidas de números distintos, na mesma coluna, entre blocos (superior e inferior), são diferentes (P<0,05).

Nos períodos do ano, através da análise de variância, constataram-se diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os turnos, nos dois grupos, sendo a FC, do turno da tarde, superior à da manhã. De acordo com Silva (2000), quando o organismo está em estresse térmico ocorre vasodilatação periférica, que resulta em queda da pressão sanguínea e, para compensar essa baixa pressão, há incremento no trabalho cardíaco. Por esse motivo, animais em ambientes quentes tendem a apresentar sensível elevação dos batimentos cardíacos.

Dentro dos turnos e grupos, observou-se superioridade nos valores de FC, no período mais chuvoso, que pode ter ocorrido pela excessiva umidade relativa do ar, que, quando combinada com elevada temperatura ambiente, dificulta a troca de calor do animal com o meio, levando-o a disparar seu sistema termo-regulatório, para manter a temperatura corporal em níveis normais (SWENSON, 1992).

Em todos os períodos do ano e turnos, houve diferenças significativas ($P < 0,05$) da FC entre os grupos, onde os animais do grupo SS apresentavam os maiores valores, exceto no período de transição, no turno da tarde. De acordo com Matos (2008), a disponibilidade de sombra no sistema silvipastoril, que protege os animais da incidência direta da radiação solar, confere sensação térmica de menor temperatura e, conseqüentemente, propicia maior conforto térmico.

3.3.3 Correlação entre Variáveis Climáticas e Fisiológicas

Considerando a divisão dos períodos do ano, tradicionalmente conhecidos em Belém, na Tabela 14, estão apresentadas as correlações entre as variáveis climáticas e fisiológicas de búfalas Murrah, nos períodos menos e mais chuvosos. Verifica-se que a TR apresentou, nos dois períodos, correlação altamente significativa ($P < 0,01$) e positiva com a TA, ITU e ITGU, e negativa com a UR, que foram mais altas no período menos chuvoso. Esses resultados indicam que os animais reagiram às elevações da TA, ITU e ITGU, com aumento da TR. Costa (2007), também, constatou correlação positiva e significativa ($r = 0,571$, $P < 0,01$), entre a TR e ITU e TR e ITGU ($r = 0,486$, $P < 0,01$), para novilhas bubalinas, no agreste de Pernambuco.

Tabela 15. Correlação entre as variáveis fisiológicas, de búfalas Murrah, e climáticas, nos períodos menos e mais chuvosos, em 2009, Belém, Pará.

Variável	Período							
	Menos chuvoso				Mais chuvoso			
	TA	UR	ITU	ITGU	TA	UR	ITU	ITGU
TR	0,59**	- 0,52**	0,58**	0,59**	0,52**	- 0,39**	0,51**	0,50**
TSC	0,89**	- 0,87**	0,87**	0,90**	0,77**	- 0,61**	0,76**	0,75**
FR	0,46**	- 0,42**	0,46**	0,48**	0,42**	- 0,40**	0,40**	0,40**
FC	0,27**	- 0,22*	0,29**	0,30**	0,37**	- 0,30*	0,36**	0,35**

TR – Temperatura retal; TSC – Temperatura superficial da pele; FR – Frequência respiratória; FC – Frequência cardíaca; TA – Temperatura do ar; UR – Umidade relativa do ar; ITU – Índice de temperatura e umidade máximo; ITGU – Índice de temperatura de globo e umidade. ** - significância à 1%; * - significância à 5%.

Para TSC, em ambos os períodos, foram observadas correlações positivas com a TA, ITU e ITGU e negativas com a UR ($P < 0,01$). No período menos chuvoso foram determinadas maiores associações, o que demonstra que em condições com temperaturas ambientes acima da zona de conforto térmico, o animal tenta dissipar o excesso de calor e aumenta o fluxo sanguíneo do núcleo central para a superfície corporal e, conseqüentemente, eleva a taxa de fluxo de calor, o que resulta em altas temperaturas superficiais. Quando a TA aumenta a UR diminui, ocorre correlação negativa da umidade com a TSC. Em Pernambuco, Costa (2007) encontrou resultados semelhantes, em novilhas bubalinas, com correlação positiva e significativa entre a TSC e ITU ($r = 0,453$, $P < 0,01$) e TSC e ITGU ($r = 0,440$, $P < 0,01$).

A FR apresentou correlação positiva com a TA, ITU e ITGU, porém negativa com a UR, em ambos os períodos. Contudo, todas as correlações foram altamente significativas ($P < 0,01$), o que pode indicar TA, ITU e ITGU como influenciadores nas alterações dessa variável fisiológica. Resultados semelhantes foram encontrados em novilhas bubalinas no agreste de Pernambuco, por Costa (2007), em correlação positiva e significativa entre a FR e ITU ($r = 0,466$, $P < 0,01$) e FR e ITGU ($r = 0,496$, $P < 0,01$).

A FC, nos dois períodos do ano, apresentou correlações altamente significativas ($P < 0,01$) e positivas com a TA, ITU e ITGU, e significativa ($P < 0,05$) e negativa com a UR, somente no período mais chuvoso do ano.

A TSC foi altamente correlacionada com as variáveis climáticas, que demonstra ser bom indicador para se determinar estresse pelo calor em bubalinos. Os valores de

coeficiente de correlação, entre TR e variáveis climáticas, foram maiores que aqueles obtidos nas correlações entre FR e FC e tais variáveis. Esse fato evidencia ser a TR um melhor indicador de estresse térmico que a FR e FC. Costa (2007) encontrou resultados discordantes, ao concluiu que a FR de novilhas bubalinas foi mais correlacionada com o ITU e ITGU que a TR.

3.3.4 Perfil Hematológico

3.3.4.1 Hemácias

O eritograma é bastante usado para avaliação da capacidade adaptativa de raças animais, uma vez que o sangue está diretamente envolvido nos mecanismos de perda de calor (MEYER e HARVEY, 1998). Observa-se, na Figura 17, que o número de hemácias, de ambos os grupos, está próximo daqueles citados na literatura por Silva (1986), Jain (2000) e Ciaramella *et al.* (2005), ao referenciarem valores iguais a $6,03 \times 10^6/\text{mm}^3$, $6,34 \times 10^6/\text{mL}$ e $6,82 \times 10^{12}/\text{L}$, respectivamente.

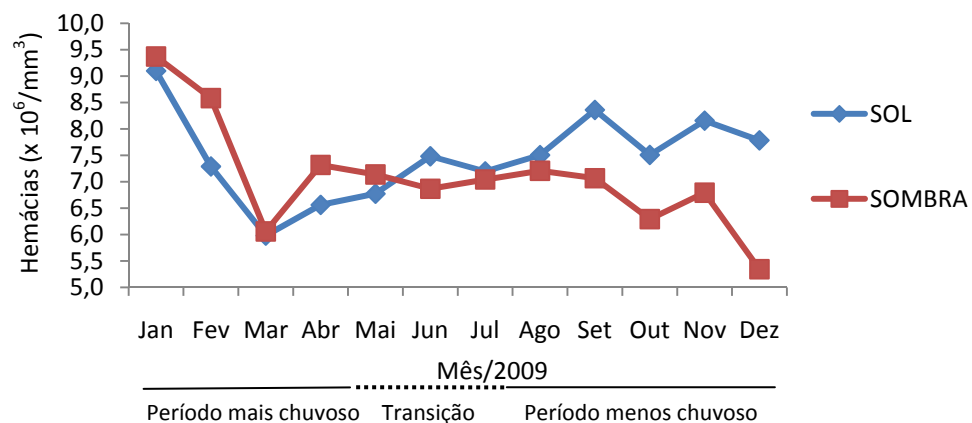


Figura 17. Variação dos valores médios das hemácias de búfalas, criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém/Pará.

As médias e máximas de hemácias nos dois tratamentos (grupo CS e grupo SS) estão apresentadas na Tabela 16. Os valores de hemácias sofreram influência dos

tratamentos ($P < 0,05$), no período menos chuvoso, quando o grupo SS apresentou valores mais elevados. Esse fato pode ser explicado pela influência do ambiente, em temperatura do ar mais alta, no período menos chuvoso, com elevação do número de hemácias, em animais sem acesso à sombra, devido à hemoconcentração, em função da perda de água por evaporação (SILVA *et al.*, 2003).

Tabela 16. Valores de hemácias ($\times 10^6/\text{mm}^3$), máxima e média, e desvio padrão, de búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.

Período	Tratamento			
	Grupo Sem Sombra (Grupo SS)		Grupo Com Sombra (Grupo CS)	
	Máxima	Média	Máxima	Média
Mais chuvoso	10,0	$7,2 \pm 1,3$ ^{aA}	9,8	$7,8 \pm 1,2$ ^{aA}
Transição	7,9	$7,2 \pm 0,5$ ^{aA}	8,2	$7,0 \pm 0,9$ ^{bA}
Menos chuvoso	9,1	$7,9 \pm 0,7$ ^{aA}	8,3	$6,7 \pm 1,1$ ^{bB}

^{a,b} Médias dos turnos, dentro de cada período, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma linha são diferentes ($P < 0,05$).

^{ABC} Médias dos períodos, dentro de cada turno, seguidas de letras maiúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes ($P < 0,05$).

Esses resultados corroboram com os de Barcelos *et al.* (1989), pois ao encontrarem níveis mais elevados no número de hemácias, em temperatura ambiente elevada, concluíram que nos búfalos há maior capacidade de perda de calor, por sudoração, que promove hemoconcentração. Entretanto, Vieira (1995) não observou diferenças estatísticas entre os grupos Controle e Estressado para as hemácias ($7,42 \times 10^6/\text{mm}^3$ vs. $7,68 \times 10^6/\text{mm}^3$, respectivamente), em novilhas bubalinas submetidas a estresse térmico.

Houve interação entre tratamento e períodos do ano, no número de hemácias, com maiores valores no grupo CS, no período mais chuvoso. Provavelmente, esse fato se deve à elevada umidade relativa do ar na área experimental, o que pode ter causado desconforto térmico nos animais, pela dificuldade em eliminar calor por evaporação. De acordo com Pereira (2005), a condição ambiental de elevada UR, quando aliada a altos valores de temperatura do ar, pode ser prejudicial ao animal, no tocante à perda de calor, por evaporação. Nos períodos de transição e menos chuvoso, conforme a umidade relativa do ar foi diminuindo, os animais que tinham acesso à sombra, tiveram menores quantidades de hemácias. Para o grupo SS, não houve diferença significativa entre períodos do ano.

3.3.4.2 Leucócitos

Os valores médios e máximos de leucócitos estão ilustrados na Figuras 18. Nota-se que, em ambos os tratamentos (grupo CS e grupo SS), o número de leucócitos está acima dos descritos por Silva (1986), Jain (2000) e Ciaramella *et al.* (2005), que descreveram valores iguais a 8.200 leucócitos/mm³, 9.676 leucócitos/mm³ e 7.220/mm³, respectivamente.

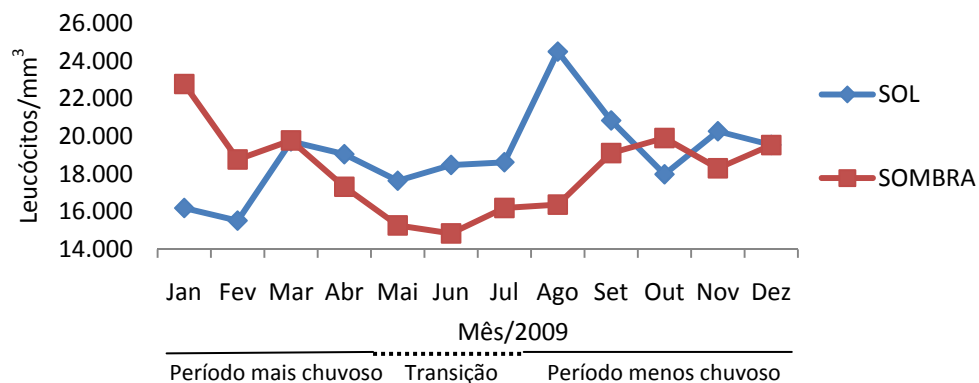


Figura 18. Variação dos valores médios dos leucócitos de búfalas, criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém, Pará.

Os valores médios e máximos de leucócitos nos tratamentos experimentais estão apresentados na Tabela 17. Pode-se inferir que houve efeito da interação significativa entre tratamentos e períodos do ano.

Tabela 17. Valores de leucócitos/mm³, máximo e médio, e desvio padrão, de búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.

Período	Tratamento			
	Grupo SS		Grupo CS	
	Máxima	Média	Máxima	Média
Mais chuvoso	22.738	17.621 ± 3.499 ^{cB}	32.356	19.661 ± 6.290 ^{aA}
Transição	22.323	18.278 ± 3.379 ^{bA}	22.621	15.351 ± 4.487 ^{cB}
Menos chuvoso	29.967	20.743 ± 5.633 ^{aA}	26.456	18.546 ± 4.864 ^{bB}

^{A,B} Médias dos tratamentos, dentro de cada período, seguidas de letras maiúsculas distintas, na mesma linha são diferentes (P<0,05).

^{a,b,c} Médias dos períodos, dentro de cada tratamento, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes (P<0,05).

O número de leucócitos sofreu influência dos períodos do ano e tratamentos ($P < 0,05$). No período mais chuvoso, os animais do grupo CS apresentaram valores mais elevados que os do grupo SS, fato que pode ser explicado pela maior pluviosidade, que favorece a dissipação de calor dos animais do grupo SS, que, por não ter acesso à sombra, aproveitaram a água da chuva e da armazenada em poças, onde deitavam para se termorregular. Pesquisas de Ablas *et al.* (2006) comprovam que, quando não há disponibilidade de água e sombra, os búfalos têm preferência pela água. Esse comportamento pode ser devido à maior eficiência de perda de calor, por condução através da água, considerando-se que a evaporação pelas vias respiratórias fica prejudicada, pois o ar fica saturado de vapor, devido à elevada umidade relativa.

Por outro lado, nos períodos de transição e menos chuvoso, o grupo SS teve os valores de leucócitos mais altos, fato que pode ser explicado pela influência do ambiente, quando a temperatura mais elevada pode ter influenciado nesses níveis sanguíneos, nos animais sem acesso à sombra. Também, no grupo SS, o número de leucócitos foi maior, no período menos chuvoso. Ferreira Neto (1978) afirma que em situações de estresse térmico, em virtude da secreção endógena de corticosteróides, o número de leucócitos totais pode estar aumentado (leucocitose). Entretanto, para Shafie (2000), a contagem total de leucócitos, nos búfalos, não mostra nenhuma resposta às circunstâncias climáticas sazonais.

3.3.4.3 Hemoglobina

Na Figura 19 estão ilustradas as médias do teor de hemoglobina, em ambos os tratamentos experimentais, em 2009. Em bubalinos, os valores de referência de hemoglobina são de 11,1 g/dL (JAIN, 2000), 13,5 g/dL (CIARAMELLA *et al.*, 2005) e 11,37 g/dL (TERZANO *et al.*, 2005). Nota-se que, em ambos os grupos experimentais da presente pesquisa, os valores de hemoglobina estão acima dos de referência para bubalinos. Entretanto, segundo Jain (1993), vários fatores devem ser considerados (raça, espécie, idade, sexo, hora do dia e estado fisiológico), pois podem interferir na interpretação desses valores de referência.

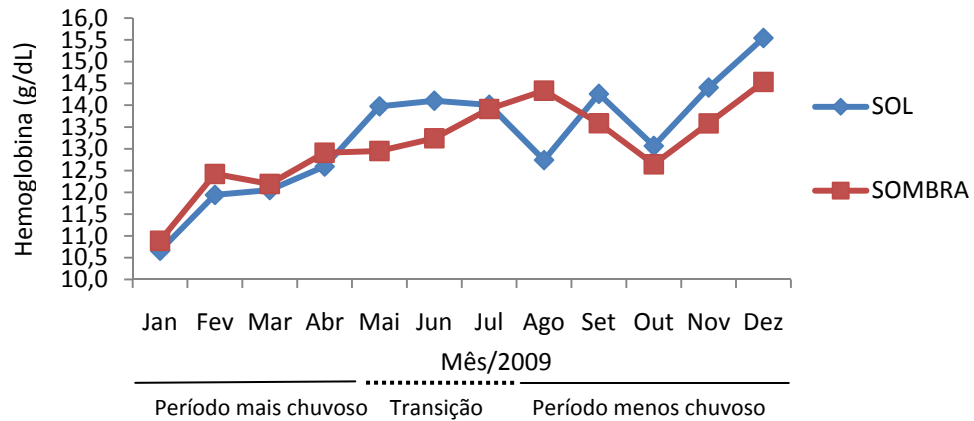


Figura 19. Variação dos valores médios do teor de hemoglobina de búfalas, criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém, Pará.

Houve interação significativa entre tratamentos e períodos do ano, nos teores de hemoglobina (Tabela 18). Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, nos três períodos do ano. Esses resultados são semelhantes aos mencionados por Vieira (1995), em novilhas bubalinas submetidas a estresse térmico, onde os teores de hemoglobina foram, respectivamente, 12,81 e 13,02 g/dL, nos grupos Controle e Estressado.

Tabela 18. Valores de hemoglobina (g/dL), máximo e médio, e desvios padrão, em búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.

Período	Tratamento			
	Grupo Sem Sombra (Grupo SS)		Grupo Com Sombra (CS)	
	Máxima	Média	Máxima	Média
Mais chuvoso	13,7	11,8 ± 1,1 ^{bA}	14,4	12,1 ± 1,7 ^{bA}
Transição	15,6	14,0 ± 0,9 ^{aA}	15,3	13,3 ± 1,5 ^{aA}
Menos chuvoso	14,8	13,8 ± 0,7 ^{aA}	16,4	13,6 ± 1,7 ^{aA}

^{a,b} Médias dos turnos, dentro de cada período, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma linha são diferentes (P<0,05).

^{AB} Médias dos períodos, dentro de cada turno, seguidas de letras maiúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes (P<0,05).

Por outro lado, em ambos os tratamentos, o teor de hemoglobina sofreu efeito dos períodos do ano, onde níveis mais elevados (P<0,05) ocorreram nos períodos de

transição e menos chuvoso, fato que pode ser explicado pela influência do ambiente, com temperaturas mais elevadas nesses meses. De acordo com Schmidt-Nielsen (1996), a hemoglobina é responsável pelo transporte de oxigênio dos pulmões para os diferentes tecidos, e durante situação de estresse, a liberação do oxigênio se dá de forma mais rápida, o que contribui para aumentar a taxa de seu consumo e, conseqüentemente, elevação do teor de hemoglobina.

Também, Barcelos *et al.* (1989) encontraram níveis mais elevados no teor de hemoglobina em búfalos, em elevada temperatura ambiente. Mullick (1960) citado por Shafie (2000) relatou valores mais elevados para búfalos indianos, em comparação com bovinos indianos, 12,3 e 10,4 g/dL, em clima quente e seco (33°C, 33% UR), e 10,8 e 9,8, em clima quente e úmido (28°C, 82% UR), respectivamente.

Por outro lado, de acordo com Shafie (2000), a concentração da hemoglobina de búfalos é correlacionada negativamente com a temperatura do ar. Segundo o autor, em bubalinos e bovinos, o estresse térmico provocado pela exposição à radiação solar direta causa diminuição na taxa de hemoglobina. Entretanto, os búfalos sempre tiveram maiores valores de hemoglobina, do que os bovinos.

3.3.4.4 Volume Globular

Nos bubalinos, os valores de referência do volume globular são de 31% (JAIN, 2000), 34% (CIARAMELLA *et al.*, 2005) e 41% (TERZANO *et al.*, 2005). Na Figura 20 estão ilustradas as médias do volume globular de búfalas, criadas ao sol e à sombra, em 2009, Belém, Pará. Constatou-se que os valores obtidos oscilaram próximos àqueles descritos na literatura.

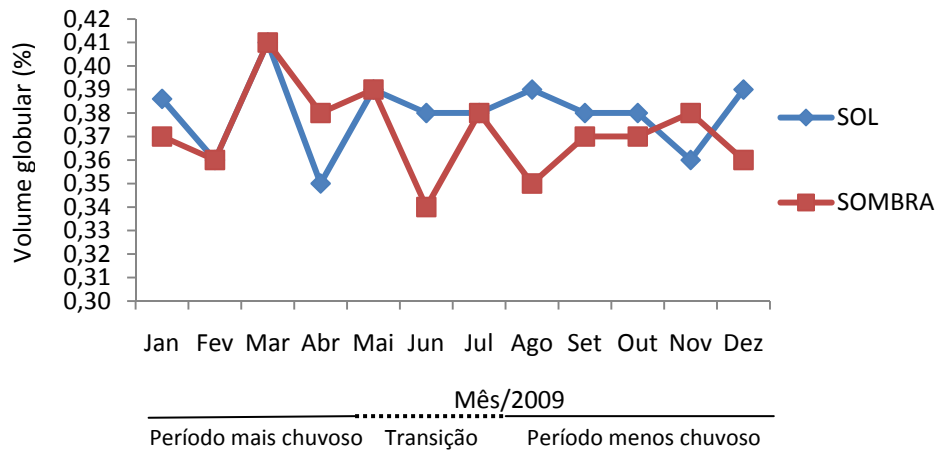


Figura 20. Variação dos valores médios do volume globular de búfalas, criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém, Pará.

O volume globular não sofreu influência dos tratamentos e períodos do ano, nem da sua interação (Tabelas 19 e 20). Vieira (1995) corrobora com esses resultados, que não observou diferenças estatísticas entre o volume globular dos grupos Controle e Estressado (37,59 vs. 38,09%, respectivamente), em novilhas bubalinas submetidas a estresse térmico.

Tabela 19. Volume globular (VG), máxima e média, e desvios padrão, em búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém, Pará.

Tratamento	Volume Globular (%)	
	Máxima	Média
Grupo SS	41,5	37,8 ± 2,2 ^a
Grupo CS	43,0	36,6 ± 4,5 ^a

^{a,b} Médias do VG, dentro de cada tratamento, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes (P<0,05).

Tabela 20. Valores do volume globular (VG), máximo e médio, e desvios padrão, em búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.

Período	Volume Globular (%)	
	Máxima	Média
Mais chuvoso	42,1	37,4 ± 3,6 ^a
Transição	42,1	37,3 ± 3,1 ^a
Menos chuvoso	42,7	37,1 ± 3,4 ^a

^{a,b} Médias do VG, dentro de cada período, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes (P<0,05).

Na Paraíba, segundo Souza *et al.* (2007), os menores valores foram encontrados na estação seca. De acordo com Silva *et al.* (2003), o estresse pelo calor de longa duração pode diminuir o volume globular, que leva a hemoconcentração, em função da perda de água por evaporação, enquanto Barcelos *et al.* (1989) encontraram níveis mais elevados no volume globular em búfalos, quando submetido em temperatura ambiente elevada.

3.3.5 Correlação entre Variáveis Climáticas e Perfil Hematológico

Na Tabela 21 estão apresentadas as correlações entre as variáveis climáticas e hematológicas de búfalas, nas condições climáticas de Belém, Pará, em 2009.

Tabela 21. Correlação entre variáveis hematológicas e climáticas de búfalas criadas nas condições climáticas de Belém, Pará, em 2009.

Variável	TA	UR	ITGU
Leucócitos	0,36 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	0,33 ^{ns}
Hemácias	0,14 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,27 ^{ns}
Hemoglobina	0,36 ^{ns}	-0,57**	0,23 ^{ns}
Volume Globular Médio	0,21 ^{ns}	0,033 ^{ns}	0,27 ^{ns}

TA – Temperatura do ar; UR – Umidade relativa do ar; ITU – Índice de temperatura e umidade máximo; ITGU – Índice de temperatura de globo e umidade. Ns – não significativo; ** - significativo à 1%.

Verifica-se que leucócitos, hemácias e volume globular não se correlacionaram com TA, UR e ITGU. Esses resultados são discordantes dos encontrados por Shafie (2000), que afirmam que a concentração da hemoglobina de búfalos estão correlacionadas negativamente com a temperatura do ar. Segundo o autor, em bubalinos e bovinos, o estresse térmico provocado por exposição à radiação solar direta causa diminuição na taxa de hemoglobina. Por outro lado, na presente pesquisa, a hemoglobina apresentou correlação significativa e negativa com a UR ($P < 0,05$), o que demonstra que, quando aumenta a UR, a hemoglobina diminui. Essa variável climática, portanto, pode ser considerada como influenciadora nas alterações dessa variável hematológica.

3.4 CONCLUSÕES

Nas condições ambientais da presente pesquisa, conclui-se que, independente do período do ano, as búfalas Murrah estão sujeitas a ambiente hostil, constituindo-se o período menos chuvoso como o mais propício a causar estresse térmico, com maiores valores de ITU e ITGU, no turno da tarde. Nesse período, o teor de hemoglobina, nos dois grupos experimentais, com sombra e sem sombra, estavam aumentados, provavelmente devido às condições climáticas de elevadas temperaturas do ar.

Entretanto, quando são consideradas as variáveis fisiológicas TR, FC, FR, em ambos os turnos e TSC, no turno da manhã, e as variáveis hematológicas hemácias e leucócitos dos animais com acesso à sombra, o período mais chuvoso do ano foi o mais prejudicial, e causou estresse térmico nos animais, devido à dificuldade de dissipação de calor, pela elevada umidade relativa do ar, que dificulta a liberação do calor por evaporação.

O turno influenciou em todas as variáveis fisiológicas estudadas, cujos valores foram superiores à tarde, onde a temperatura do ar é mais elevada. No grupo CS, os valores de TA, ITU e ITGU foram mais baixos, assim as variáveis fisiológicas foram menores, o que demonstra maior conforto térmico dos bubalinos com acesso à sombra.

As correlações das variáveis climáticas com as fisiológicas confirmam que a temperatura ambiente é, isoladamente, o fator ambiental de maior impacto sobre o bem-estar animal, porém, quando associada à umidade relativa do ar elevada, esse efeito é mais significativo, o que se confirma pela correlação de ITU e ITGU, com as variáveis fisiológicas. A única variável hematológica associada ao ambiente foi a hemoglobina, que se correlacionou, de forma significativa e negativa, com a umidade relativa do ar. A arborização da pastagem é eficiente para melhorar o conforto térmico dos búfalos, e resulta em menores valores das variáveis fisiológicas.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABLAS, D.S.; TITTO, E.A.L.; PEREIRA, A.M.F.; TITTO, C.G.; RAINERI, C.; GATTO, E.G.; LEME, T.M.C. Comportamento de bubalinos a pasto frente à disponibilidade de sombra e água para imersão. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA - MUDANÇAS CLIMÁTICAS: IMPACTO SOBRE HOMEM, PLANTAS E ANIMAIS, 2006, Ribeirão Preto/SP. **Anais**. São Paulo, 2006.

BACCARI JÚNIOR, F.; POLASTRE, R.; FRÉ, C.A.; ASSIS, P.S. Um novo índice de tolerância ao calor para bubalinos. Correlação com ganho de peso. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 23, Campo Grande, MS, 1986. **Anais**. Campo Grande, p. 274, 1986.

BACCARI JÚNIOR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: UEL, 2001, 142p.

BARCELOS, A.F.; GARCIA, J.A.; CARDOSO, R.M. *et al.*. Reações fisiológicas de bubalinos, zebuínos, taurinos e seres mestiços sob efeito de clima e dieta. II - Componentes sanguíneos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. v.12, p.42-47, 1989.

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, 31 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 128).

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

BIANCA, W.; KUNZ, P. Physiological reactions of three breeds of goats to cold, heat and high altitude. **Livestock Production Science**, v.5, n.1, p.57-69, 1978.

BIRGEL, E.H. Hematologia clínica veterinária. In: BIRGEL, E.H.; BENESI, F.J. (Eds). **Patologia clínica veterinária**. 2.ed. São Paulo: SPMV, 1982. 260p.

BIRGEL JÚNIOR, E.H.; D'ANGELINO, J.L.; BENESI, F.J.; BIRGEL, E.H. Valores de referência do eritrograma de bovinos da raça Jersey criados no estado de São Paulo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.53, n.2, p.164-171, 2001.

BLACKSHAW, J.K.; BLACKSHAW, A.W. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behavior: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.34, p.285-295, 1994.

BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CATON, G.H. Black globe humidity comfort index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the American Society Agricultural Engineering**, v.24, n.4, p.711-714, 1981.

CÉZAR, M.F. **Características de carcaça e adaptabilidade fisiológica de ovinos durante a fase de cria**. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2004. Tese (Doutorado).

CHIKAMUNE, T.; KANAI, Y.; SHIMIZU, H. Comparison of the effects of seasonal-climatic changes on thermoregulatory responses and plasma concentrations of thyroid hormones in swamp buffaloes and cattle. **Japanese Journal Zootechny Science**. v.57, n.9. p.778-784. 1986.

CIARAMELLA, M.; CORONA, M.; AMBROSIO, R.; CONSALVO, F.; PERSECHINO, A. Hematological 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.

COSTA, L.A.B. **Índices de Conforto Térmico e Adaptabilidade de Fêmeas Bubalinas em Pastejo no Agreste de Pernambuco**. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2007. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

FAHIMUDDIN, M. **Domestic water buffalo**. New Delhi: Oxford e IBH Publishing Co., 1975. 422p.

FAO (Roma, Itália). **O búfalo**. Brasília: Ministério da Agricultura/São Paulo: Associação Brasileira de Criadores de Búfalos, 1991. 320p. (FAO. Série Produção Animal e Saúde, 4).

FERREIRA, F.; PIRES, M.F.A.; MARTINEZ, M.L.; COELHO, S.G.; CARVALHO, A.U.; FERREIRA, P.M.; FACURY FILHO, E.J.; CAMPOS, E.W. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.5, p.732-738, 2006.

FERREIRA NETO, J.M.; VIANA, E.S.; MAGALHÃES, L.M. **Patologia clínica veterinária**. Sl: Rabelo e Brasil.1978, 293p.

GUIMARÃES, C.M.C.; FALCO, J.E.; TITTO, E.A.L.; FRANZOLIN NETO, R.; MUNIZ, J.A. Termorregulação em bubalinos submetidos a duas temperaturas de ar e duas proporções de volumoso:concentrado. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.25. n.2, p. 437-443, 2001.

HEMSWORTH, P.H.; BARNETT, J.L.; BEVERIDGE, L. The welfare of extensively managed dairy cattle: a review. **Applied Animal Behaviour Science**, v.42, p.161-182, 1995.

HUGS-JONES, M.E. **Livestock: Management and decision making**. In: GRIFFITHS, J. F. Handbook of agricultural meteorology. Oxford: Oxford University Press, p. 291-298, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=paetema=pecuaria2008> . Acesso em: 20 de janeiro de 2010.

JAIN, N.C. **Essentials of veterinary hematology**. Philadelphia: Lea e Febiger, 1993, 417p.

JAIN, N.C. **Scham's Veterinary Haematology**. 5° Ed. Philadelphia. Ed. Lea e Febiger, 2000.

JOHNSON, H.D. Depressed chemical thermogenesis and hormonal functions in heat. **Environmental Physiology: Aging, Heat, and Altitude**. Amsterdam: Elsevier, p. 3 - 9, 1980.

LÁU, H.D. **Doenças em búfalos no Brasil: diagnóstico, epidemiologia e controle**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 1999, v.1, 202 p.

LOUREÇO JÚNIOR, J.B. **Variáveis produtivas, fisiológicas e de comportamento de zebuínos e bubalinos e fatores do ambiente físico em pastagem cultivada da ilha de Marajó**. 1998. 127 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Pará, Belém - PA, 1998.

LOURENÇO JÚNIOR, J.B.; TEIXEIRA NETO, J.F.; COSTA, N.A.; BAENA, A.R.C.; MOURA CARVALHO, L.O.D. Alternative systems for feeding buffaloes in Amazon Region. In: 1ST BUFFALO SYMPOSIUM OF THE AMERICAS, 2002, Belém. **Proceedings**, p. 31-42, 2002.

LOURENÇO JÚNIOR, J.B.; CASTRO, A.C.; DANTAS, J.A.S.; SANTOS, N.F.A.; ALVES, O.S.; MONTEIRO, E.M.M. Efeitos das Variáveis Climáticas sobre a Fisiologia de 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**. São Paulo, 2006a.

LOURENÇO JÚNIOR, J.B.; CASTRO, A.C.; DANTAS, J.A.S.; SANTOS, N.F.A.; ALVES, O.S.; MONTEIRO, E.M.M. Efeito dos Índices de Temperatura - Umidade (ITU) sobre Bubalinos Criados em Sistema Silvopastoril, em Belém, Pará. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA - MUDANÇAS CLIMÁTICAS: IMPACTO SOBRE HOMEM, PLANTAS E ANIMAIS, 2006, Ribeirão Preto/SP. **Anais**. São Paulo, 2006b.

MAGALHÃES, J.A., TAKIGAWA, R.M.; TAVARES; A.C.; TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. L.; PEREIRA, R. G. A. **Tolerância de bovídeos a temperatura e umidade do trópico úmido**. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF Rondônia, 1998. 4 p. (EMBRAPA-CPAF Rondônia. Comunicado Técnico, 147).

MAGALHAES, J.A.; TAKIGAWA, R.M.; TOWNSEND, C.R.; COSTA, N.L.; PEREIRA, R.G.A. Tolerância de bovídeos à Temperatura e Umidade do Trópico Úmido. **Revista Científica de Produção Animal**, v.2, n.2, p. 162-167. 2000.

MAGALHÃES, J.A.; TOWNSEND, C.R.; COSTA, N.L.; PEREIRA, R.G.A. Determinação da tolerância de bovinos e bubalinos ao calor do trópico úmido. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA - MUDANÇAS CLIMÁTICAS: IMPACTO SOBRE HOMEM, PLANTAS E ANIMAIS, 2006, Ribeirão Preto/SP. **Anais**. São Paulo, 2006.

MATOS, L.B. **Conforto térmico e eficiência da inseminação artificial em tempo fixo em búfalas leiteiras mantidas em sistemas silvipastoris na Amazônia Oriental**. Universidade Federal do Pará, Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Belém, PA, 2008. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal).

McDOWELL, R.E.; HOOVEN, N.W.; CAMOENS, J.K. Effect of climate on performance of Holsteins in first lactation. **Journal of Dairy Science**, v.59, p. 965-973, 1976.

MEYER, D.J.; HARVEY, J.W. Laboratory medicine testing: specimen interferences and clinical enzymology. In: MEYER, D.J.; HARVEY, J.W. (Ed). **Veterinary laboratory medicine: interpretation and diagnosis**. Philadelphia: Saunders. cap. 1, p. 3-21, 1998.

MOURA CARVALHO, L.O.D.; COSTA, N.A.; LOURENÇO JÚNIOR, J.B.; BAENA, A.R.C. **Cerca elétrica para contenção de animais**. Belém: Emater, 2001. v. 1. 22p.

NÄÄS, I. A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Ed. Ícone, 1989. 183 p.

NEIVA, S, R. **Produção de Bovinos Leiteiros**. Lavras: UFLA. 1998, 534 p.

PAES, P.R.; BARIONI, G.; FONTEQUE, J.R. Comparação dos valores hematológicos entre caprinos fêmeas da raça Parda-Alpina de diferentes faixas etárias. **Veterinária Notícias**, v.6, n.1, p.43-49, 2000.

PARANHOS DA COSTA, M.J.R. Ambiência na produção de bubalinos destinados ao abate. In: ENCONTRO ANUAL DE ETOLOGIA, 2000, Florianópolis, SC. **Anais**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Etologia, v.18, p.26-42, 2000.

PEREIRA, J.C.C. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005. 195p.

PEZO, D.; IBRAHIM, M. **Sistemas silvipastoriles**. Costa Rica: CATIE, Proyecto Agroflorestal CATIE/GTZ, 1998. 12p. (Materialies de Enseñanza/CATIE, 40).

ROBINSON, N.E. Homeostase – Termorregulação. In: Cunningham JG. **Tratado de fisiologia veterinária**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.550-560, 2004.

ROCHA, D.R. **Avaliação de estresse térmico em vacas leiteiras mestiças (*Bos taurus* x *Bos indicus*) criadas em clima tropical quente subúmido no estado do Ceará.** Programa de Pós-graduação em Zootecnia. Universidade Federal do Ceará. 2008. 70p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

SANTOS, F.C.B.; SOUZA, B.B.; ALFARO, C.E.P.; CÉZAR, M. F.; PIMENTA FILHO, E.C.; ACOSTA, A.A.A.; SANTOS, J.R.S. Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima semi-árido do Nordeste brasileiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.1, p.142-149, 2005.

SHAFIE, M.M. Physiology responses and adaptation of water buffalo. In: YOUSEF, M.K. **Stress physiology in livestock**. v.2, UNGULATES. Ed. CRS PRESS. 2000, 260p.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.

SILVA, M.B. **Contribuição ao quadro eritrocitário de bubalinos (*Bubalus bubalis*, Linnaeus, 1758) fêmeas das raças Jafarabadi, Murrah e Mediterrânea criados no Estado de São Paulo**. 1986. Dissertação (Mestrado em Patologia Experimental e Comparada) - Universidade de São Paulo.

SILVA, R.M.N.; SOUZA, B.B.; ARCOVERDE, M.C.P.; TAVARES, G.P.; MARINHO, M.L.; BENÍCIO, T.M.A. Efeito da época do ano sobre os parâmetros hematológicos de bovinos Sindi no Semi-Árido. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 40, 2003, Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: SBZ, 2003. CD Rom.

SCHMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia animal - Adaptação e meio ambiente**. 5.ed. São Paulo: Santos, 1996. 546p.

SOUZA, C.F.; TINÔCO, I.F.F.; BAÊTA, F.C. *et al.* Avaliação de materiais alternativos para confecção de termômetro de globo. **Revista Ciência e Agrotecnologia**. v.26, n.1, p.157-164, 2002.

SOUZA, B.B.; SILVA, R.M.N.; MARINHO, M.L.; SILVA, G.A.; SILVA, E.M.N.; SOUZA, A.P. Parâmetros fisiológicos e índice de tolerância ao calor de bovinos da raça Sindi no semi-árido paraibano. **Ciências Agrotécnicas**, v.31, n.3, p. 883-888, 2007.

SWENSON, M.J. **Dukes Fisiologia dos Animais Domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara, 10 ed., 1992. 799p.

THOM, E.C. The discomfort index. **Weatherwise**. v.12, 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. **Actas**. Lisboa: APEZ, v.1, p.15-18, 1997.

TOWSEND, C.R.; MAGALHÃES, J.A.; COSTA, N.L.; PEREIRA, R.G.A. **Condições térmicas ambientais sob diferentes sistemas silvipastoris em Presidente Médici – Rondônia**. EMBRAPACPAF Rondônia, 2000. 4p. (EMBRAPA-CPAF Rondônia. Comunicado Técnico, 188).

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F.J.L. **Meteorologia descritiva: Fundamentos e Aplicações Brasileiras**. Ed. Nobel – SP. 1a Ed. - 7a reimpressão. 1992.

VIEIRA, R.J. **Respostas fisiológicas e hormonais de novilhas bubalinas submetidas a estresse térmico** (Tese de Doutorado), FMVZ/UNESP, Botucatu, p.148, 1995.

VILLARES, J.B.; RAMOS, A.A.; ROCHA, G.P. As vias cutâneas e respiratórias na termólise de bubalinos sob extrema tensão térmica. In: RAMOS, A. de A.; VILLARES, J.B.; MOURA, J.C. de. **Bubalinos**. Campinas: Fundação Cargill, p.118-132, 1979.

CAPÍTULO 3

**Estresse Térmico e Perfil Hormonal de Búfalas da Raça Murrah,
Criadas ao Sol e à Sombra, em Clima Tropical Quente e Úmido da
Amazônia Oriental**

4 CAPÍTULO 3 – ESTRESSE TÉRMICO E PERFIL HORMONAL DE BÚFALAS DA RAÇA MURRAH, CRIADAS AO SOL E À SOMBRA, EM CLIMA TROPICAL QUENTE E ÚMIDO DA AMAZÔNIA ORIENTAL

RESUMO

Este trabalho avaliou os efeitos do estresse térmico nas respostas hormonais de búfalas, criadas ao sol e à sombra, na Unidade de Pesquisa Animal “Senador Álvaro Adolpho” (01°.26’.03” S e 48°.26’.03” W), Embrapa Amazônia Oriental, em Belém, Pará, em condições tropicais quentes e úmidas. Utilizou-se 20 búfalas Murrah, distribuídas de modo inteiramente casualizado, em dois grupos (grupo Sem Sombra - SS e grupo Com Sombra - CS). Todos os animais permaneceram em pastejo rotacionado, sendo os do grupo CS (n=10) mantidos em piquetes de sistema silvipastoril, sombreados pela leguminosa *Acacia mangium*, e os do grupo SS (n=10) mantidos em piquetes sem sombra. A alimentação era a pasto, com acesso à água para beber e sal mineral *ad libitum*. No microclima de cada tratamento foram obtidas as variáveis climáticas, temperatura do ar (TA), umidade relativa do ar (UR) e temperatura de globo negro. As colheitas de sangue para realização da determinação quantitativa de cortisol, triiodotironina (T₃) e tiroxina (T₄) foram realizadas no horário de pico de temperatura ambiente da região (13h00). Foram considerados os períodos do ano, mais chuvoso (janeiro a abril), de transição (maio a julho) e menos chuvoso (agosto a dezembro). A TA e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) foram diferentes (P<0,05), sendo os valores mais elevados no grupo SS. A UR não apresentou diferença significativa entre tratamentos, somente entre períodos do ano, onde o período mais chuvoso do ano teve valores mais elevados. O cortisol sofreu influência dos tratamentos (P<0,05), onde o grupo SS apresentou os maiores valores. As maiores médias do cortisol foram registradas nos períodos mais e menos chuvosos do ano (P<0,05), enquanto que as de T₃ e T₄ foram registradas nos períodos mais chuvoso do ano (P<0,05). O cortisol não se correlacionou com a TA, UR e ITGU. O T₃ e T₄ se correlacionaram negativamente (P<0,05) com a TA e ITGU, e positivamente (P<0,05) com a UR. Conclui-se que as condições climáticas foram críticas para as búfalas Murrah

durante os três períodos do ano, sendo o período menos chuvoso o mais propício a causar estresse térmico.

Palavras chave: bioclimatologia, cortisol, hormônios tireoideanos, búfalos.

HEAT STRESS AND HORMONAL PROFILE OF FEMALE MURRAH BUFFALOES RAISED IN THE SUN AND UNDER SHADE, UNDER THE HOT TROPIC WEATHER OF THE EASTERN AMAZON

ABSTRACT

This work aimed at evaluate the effects of heat stress on hormonal responses of female buffaloes raised under full sun and shade at Embrapa Eastern Amazon, Belem, Para State, Brazil (01°.26'.03" S e 48°.26'.03" W). Twenty female Murrah buffaloes were used. They were randomly assigned into two groups (Non Shade Group – NS, and Shade Group – SG). All animals were kept under rotational grazing: the ones in the NS group (n=10) were maintained in paddocks under a silvopastoral system, shaded by the tree legume *Acacia mangium*, whereas the ones in the SG (n=10) were kept in paddocks with no shade access. All animals were grass fed with *Brachiaria humidicola*, and had free access to drinking water and mineral salt. The climate variables: air temperature (AT), relative humidity (RH) and black globe temperature (BGT) were measured on each treatment. Blood sampling, in order to perform the quantitative determination of cortisol, triiodothyronine (T₃) and thyroxine (T₄), was carried out at the time of the highest temperature in the region (13h00). Three distinct climatic periods of the year were considered: rainy (January to April), transition (May to July) and less raint (August to December). AT and black globe humidity index (BGHI) were different (P<0.05), and their highest values were reported with the NS group. The RH didn't present significant difference between treatments, however, the rainy period of the year had raised values. Cortisol was influenced by the treatments (P<0.05), and the NS group showed the highest values. The highest mean rates of cortisol were reported during the rainy and less rainy periods of the year (P<0.05), and transition period presented the lowest cortisol values. The highest average levels of T₃ and T₄ were recorded during the rainy period (P<0.05). Cortisol did not correlate with AT, RH and BGHI. T₃ and T₄ correlated negatively with AT and BGHI, and positively with RH. We concluded that the climatic conditions were critical for the female Murrah buffaloes during the three

distinct periods of the year, and that the less rainy period is the most conducive to cause heat stress.

Keywords: bioclimatology, cortisol, thyroid hormones, buffaloes.

4.1 INTRODUÇÃO

As variáveis climáticas, como temperatura e umidade do ar, quando estão em níveis elevados, bem como a intensa radiação solar, desencadeiam estresse térmico nos animais, o que prejudica seu potencial produtivo, fato que ocorre, em geral, nas regiões tropicais. Assim, espera-se que animais mais adaptados às condições de clima tropical tenham melhor produtividade, por possuírem características fisiológicas, morfológicas e comportamentais mais adequadas. A intensidade dos efeitos negativos das temperaturas ambientais elevadas depende da eficiência dos mecanismos termorreguladores dos animais (URIBE-VELASQUEZ *et al.*, 1998).

Os búfalos, apesar da divulgação na literatura sobre sua adaptabilidade às mais variadas condições de ambiente, possuem particularidades estruturais específicas, como forte concentração de melanina na pele e no pelo, baixa quantidade e reduzida eficiência de glândulas sudoríparas, baixa densidade de pelos e pele escura, sendo sensíveis à radiação solar (BARBOSA *et al.*, 2007). O sistema termorregulador desses animais é eficiente, porém, quando submetidos à temperatura ambiente de 36°C ou mais, apresentam estresse térmico (GUIMARÃES *et al.*, 2001).

As glândulas tireóide e adrenais desempenham importantes funções no mecanismo de adaptação dos animais. Em situações de estresse térmico, além de ocorrer diminuição na concentração dos hormônios tireoideanos, há redução da taxa de produção de calor metabólico (RENAUDEAU *et al.*, 2003; STARLING *et al.*, 2005; MORAIS *et al.*, 2008), e aumento da concentração sanguínea de cortisol (McFARLANE *et al.*, 1995).

Dessa forma, o estudo das variações nas concentrações de hormônios da tireóide e das adrenais é de extrema importância para determinar a influência do estresse térmico no metabolismo animal (DICKSON, 1996; BREUNER e ORCHINIK, 2002; FRANDSON *et al.*, 2005; BRISTOW e HOLMES, 2007). Dentro desse contexto, a presente pesquisa visa estudar os efeitos do estresse térmico sobre o perfil hormonal de búfalas Murrah, criadas ao sol e à sombra, nas condições climáticas da Amazônia Oriental.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Período e Local do Experimento

Conforme descrito no item 3.2.1 do Capítulo 2, esta pesquisa foi conduzida na Unidade de Pesquisa Animal “Senador Álvaro Adolpho”, pertencente à Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará, Brasil, no período de janeiro a dezembro de 2009.

4.2.2 Distribuição e Manejo dos Animais

A distribuição e manejo dos animais experimentais estão descritos no item 3.2.2 do Capítulo 2.

4.2.3. Coleta de Dados das Variáveis Ambientais

Foi utilizado um “Medidor de Stress Térmico” INSTRUTERM, modelo TGD-300, instalado nos piquetes de cada tratamento experimental (grupo CS e grupo SS), para registrar dados de temperatura do ar (máxima, média e mínima), umidade relativa do ar, temperatura de ponto de orvalho e temperatura de globo negro, às 13h00, duas vezes por semana, onde os dados eram registrados em “data logger”, a cada minuto. O ano experimental foi dividido em três períodos: mais chuvoso, de janeiro a abril, de transição, de maio a julho, e menos chuvoso, de julho a dezembro.

4.2.4. Cálculo do Índice de Conforto Ambiental

Foi calculado o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), a partir dos valores de variáveis ambientais. Esse índice, proposto por Buffington *et al.* (1981), é determinado pela fórmula $ITGU = T_{gn} + 0,36T_{po} + 41,5$, onde, T_{gn} : Temperatura de globo negro ao sol, (°C) e T_{po} : Temperatura do ponto de orvalho (°C).

4.2.5 Determinação do Perfil Hormonal

Foram determinados os hormônios cortisol, triiodotironina (T_3) e tiroxina (T_4), em amostras de sangue colhidas a cada 14 dias, no horário de pico de temperatura ambiente da região (13h00). As colheitas foram feitas por punção da veia jugular externa, em tubos à vácuo, sem anticoagulante. As amostras foram centrifugadas a 2.500 rpm, por 20 minutos. O plasma foi aliquoteado e armazenado, a -20°C , até o momento das dosagens hormonais, realizadas no Laboratório de Análises Clínicas da Universidade de Fortaleza (UNIFOR).

A determinação quantitativa dos hormônios foi realizada com kits comerciais, analisados pelo sistema AXSYM® (Abbott). Para determinação do T_3 , utilizou-se a tecnologia de Imunoensaio Enzimático por Micropartículas (MEIA), com sensibilidade analítica do método de $\leq 0,3$ ng/dL. Os níveis de T_4 e cortisol foram determinados através da tecnologia de Imunoensaio de Fluorescência por Polarização (FPIA), com sensibilidade analítica de 1,1 $\mu\text{g/dL}$ para cortisol, e 1,05 $\mu\text{g/dL}$ para T_4 .

4.2.6 Análise Estatística

Os dados dos hormônios (cortisol, triiodotironina - T_3 e tiroxina - T_4) e variáveis climáticas (temperatura do ar, umidade relativa do ar e índice de temperatura e umidade) foram expressos em médias e desvio-padrão. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Foi adotado um esquema fatorial 2 (tratamentos: com e sem sombra) x 3 (períodos: mais chuvoso, de transição e menos chuvoso).

Para fazer as análises estatísticas utilizou-se o programa estatístico NTIA, versão 4.2.2. Foram feitas análises de variância (ANOVA) para verificar o efeito do tratamento (grupo CS e grupo SS) e períodos do ano e da interação tratamento x períodos do ano sobre as variáveis hormonais. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foram feitas correlações simples de Pearson para verificar a magnitude e direção da proporcionalidade das variáveis ambientais e variáveis hormonais, observando-se a independência das variâncias dos pares de observações utilizados.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Variáveis Climáticas

4.3.1.1 Temperatura do ar

Os valores médios e máximos da temperatura do ar, no microclima da área experimental, no horário de pico de temperatura (13h00), em 2009, estão nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Temperatura do ar (TA), máxima e média, e desvio padrão, na área experimental, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.

Período	Temperatura do ar (°C)	
	Máxima	Média
Mais chuvoso	31,3	29,5 ± 1,0 ^c
Transição	33,9	31,6 ± 1,6 ^b
Menos chuvoso	33,6	32,9 ± 0,6 ^a

^{a,b} Médias dos períodos, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes (P<0,05).

Tabela 2. Temperatura do ar (TA), máxima e média, e desvio padrão, na área experimental, ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém, Pará.

Tratamento	Temperatura do ar (°C)	
	Máxima	Média
Grupo SS	30,4	28,7 ± 1,1 ^a
Grupo CS	29,3	27,7 ± 1,3 ^b

^{a,b} Médias da TA, dentro de cada tratamento, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes (P<0,05).

Em todos os períodos do ano, a temperatura do ar esteve fora da zona de termoneutralidade e chegou a ultrapassar a temperatura crítica para bubalinos, de 24°C (GOSWAMI e NARIAN, 1962 citado por SHAFIE, 2000). Através da análise de variância foram constatadas diferenças significativas (P<0,05) entre os períodos do ano, com temperatura do ar mais elevada, no período menos chuvoso, e entre tratamentos, onde o grupo SS apresentou temperatura do ar mais elevada.

Sob a copa das árvores, a temperatura do ar pode ser de 2 a 3°C inferior a observada a pleno sol, e interfere, parcialmente, na passagem da radiação solar e contribui para redução do incremento calórico dos animais em pastejo (PEZO e

IBRAHIM, 1998). Pesquisas com búfalas leiteiras, em Belém, Pará, indicaram que as essências florestais, mogno africano e nim indiano, em sistema silvipastoril, possibilitam sombra suficiente para promover maior conforto aos animais e elevam seu desempenho produtivo (LOURENÇO JÚNIOR *et al.*, 2006).

4.3.1.2 Umidade Relativa do Ar

Os valores médios e máximos da umidade relativa do ar estão apresentados na Tabela 3. O curso diário médio da umidade relativa do ar (UR) é inverso ao da temperatura do ar (ROCHA, 2008) e a condição ambiental de elevada UR, quando aliada a altos valores de temperatura do ar, é prejudicial ao animal, no tocante à perda de calor, por evaporação (PEREIRA, 2005; SILVA, 2000). Nesta pesquisa não houve diferença significativa da UR, entre os tratamentos (grupo SS e grupo CS), entretanto, foram observados efeitos dos períodos do ano.

Tabela 3. Umidade relativa do ar (UR), máxima e média, e desvio padrão, na área experimental, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.

Período	Umidade relativa do ar (%)	
	Máxima	Média
Mais chuvoso	94,3	90,7 ± 3,2 ^a
Transição	96,4	86,8 ± 7,8 ^b
Menos chuvoso	78,2	72,5 ± 4,4 ^c

^{a,b} Médias dos períodos, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes (P<0,05).

4.3.1.3 Índice de Temperatura de Globo e Umidade

As médias do índice de temperatura e umidade (ITGU) estão apresentadas nas Tabelas 4 e 5. Todos os valores de ITGU encontrados neste trabalho revelam situação de desconforto ambiental e demonstram condição térmica acima da considerada de conforto (ITGU = 74). De acordo com Souza *et al.* (2002), valores de ITGU de até 74 definem situação de conforto, de 74 a 78, alerta, de 79 a 84, perigo, e acima de 84, emergência.

Tabela 4. Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), máxima e média, e desvio padrão, na área experimental, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.

Período	Índice de Temperatura de Globo e Umidade	
	Máxima	Média
Mais chuvoso	86,9	83,9 ± 2,2 ^c
Transição	91,4	87,6 ± 3,1 ^b
Menos chuvoso	92,0	88,8 ± 2,6 ^a

^{a,b} Médias do ITGU, dentro de cada período, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes (P<0,05).

Tabela 5. Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), máxima e média, e desvio padrão, na área experimental, ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém, Pará.

Tratamento	Índice de Temperatura de Globo e Umidade	
	Máxima	Média
Grupo SS	92,0	89,1 ± 2,8 ^a
Grupo CS	87,6	84,7 ± 2,2 ^b

^{a,b} Médias dos ITGU, dentro de cada tratamento, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes (P<0,05).

No período mais chuvoso do ano, o ITGU está próximo ao registrado por Santos *et al.* (2005), no semi-árido paraibano, de 85,5 no turno da tarde. Entretanto, nos períodos de transição e menos chuvoso do ano, os valores do presente trabalho estão acima dos citados por esses autores. Pode-se inferir que houve diferenças significativas entre os períodos do ano, onde o ITGU apresentou maiores valores no período menos chuvoso do ano. Isso ocorreu, provavelmente, devido à ocorrência de elevada temperatura do ar, que proporcionou condições estressantes aos animais.

O ITGU sofreu influência significativa (P<0,05) dos tratamentos, onde o grupo SS apresentou valores mais elevados, o que, mais uma vez, confirma a importância do uso da árvore em sistemas de manejo para proporcionar maior conforto térmico aos animais e melhorar seu desempenho produtivo (LOURENÇO JÚNIOR *et al.*, 2002).

4.3.2 Perfil Hormonal

4.3.2.1 Cortisol

O cortisol tem sido o hormônio de eleição em pesquisas sobre estresse e bem-estar animal. Esse fato é devido ao fato da alta concentração plasmática de cortisol

acarretar quebra da homeostase, presença de estresse ou ausência de bem-estar (GOYMANN *et al.*, 2003). A Figura 1 ilustra o comportamento dos níveis de cortisol de búfalas, criadas ao sol e à sombra, em 2009, em Belém/Pará. Não houve efeito significativo da interação (tratamento x período), entre as variáveis estudadas. Entretanto, houve diferença significativa entre tratamentos e períodos, como pode ser observado nas Tabelas 6 e 7, respectivamente.

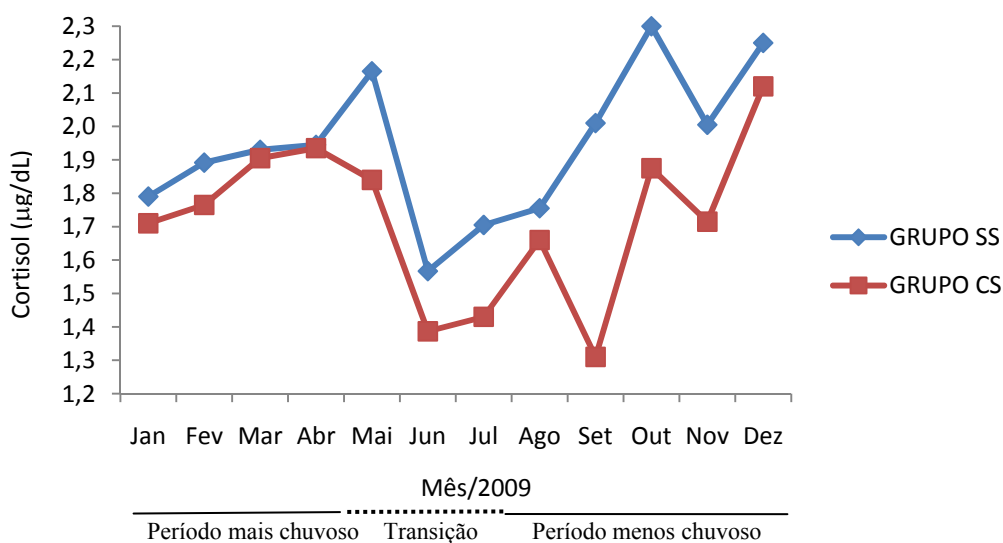


Figura 1. Médias dos níveis de cortisol ($\mu\text{g/dL}$) de búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém/Pará.

Tabela 6. Dados de cortisol, máximo e médio, e desvio padrão, de búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém/Pará.

Tratamento	Cortisol ($\mu\text{g/dL}$)	
	Máximo	Médio
Grupo SS	2,4	1,9 \pm 0,2 ^a
Grupo CS	2,2	1,7 \pm 0,3 ^b

^{a,b} Médias de cortisol, dentro de cada tratamento, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes ($P < 0,05$).

Os valores de cortisol sofreram influência dos tratamentos ($P < 0,05$), onde o grupo SS apresentou valores mais elevados. Esse fato, provavelmente, se deve à maior exposição aos raios solares que os animais desse grupo eram submetidos. Pesquisas demonstraram que, sob altas temperaturas, os animais sofrem estresse térmico e como consequência, a concentração sanguínea de cortisol é aumentada (ALNAIMY *et al.*,

1992; McFARLANE *et al.*, 1995). Entretanto, Vieira (1995), estudando respostas fisiológicas e hormonais em novilhas bubalinas submetidas a estresse térmico, não encontrou diferenças significativas de cortisol entre os grupos Controle e Estressado.

Tabela 7. Dados de cortisol, máximo e médio, e desvio padrão, de búfalas, criadas ao sol e à sombra, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.

Período	Cortisol ($\mu\text{g/dL}$)	
	Máximo	Médio
Mais chuvoso	2,1	$1,8 \pm 0,2^a$
Transição	2,2	$1,7 \pm 0,3^b$
Menos chuvoso	2,3	$1,9 \pm 0,3^a$

^{a,b} Médias de cortisol, dentro de cada período, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes ($P < 0,05$).

As maiores médias do cortisol foram registradas nos períodos mais e menos chuvosos, com valores significativamente maiores que os do período de transição ($P < 0,05$). Durante o período mais chuvoso ocorrem as maiores médias de umidade relativa do ar, o que poderia ter influenciado a concentração sanguínea de cortisol, pois favorecem a ocorrência de ectoparasitas, como insetos hematófagos, que perturbam os animais, estressando-os, e interferem negativamente no processo metabólico (FAHIMUDDIN, 1975).

No período menos chuvoso, a elevação dos níveis de cortisol se deve, provavelmente, à elevação da temperatura do ar que ocorreu nesse período do ano, o que pode ter provocado estresse térmico nos animais. A elevação dessa variável climática se constitui em estímulo estressor, que atua, via sistema nervoso central (SNC), sobre as células neuro-secretoras do hipotálamo, para secretar corticotropina (CRH), que, por sua vez, estimula a hipófise a liberar o hormônio adrenocorticotrófico (ACTH), que atua à distância e provoca liberação de hormônios das glândulas supra-renais ou adrenais. Na porção cortical das adrenais são produzidos os corticosteróides, principalmente o cortisol (TRAINER *et al.*, 1998; COLLETA, 2000; CARLSON, 2002).

No período de transição observa-se que os animais estavam em conforto térmico, quando comparados aos níveis de cortisol dos outros períodos. Esse resultado indica que as condições climáticas desse período são adequadas à criação dos búfalos.

4.3.2.2 Triiodotironina (T₃)

Os hormônios da tireóide exercem um papel importante no controle da produção de calor em animais homeotérmicos (McNABB, 1995). Em caso de estresse, há desequilíbrio do sistema endócrino, quando a hipófise secreta menos hormônios tireotróficos (ENCARNAÇÃO, 1992). Na Figura 2 está apresentado o comportamento dos níveis de T₃, em ambos os tratamentos experimentais, em 2009.

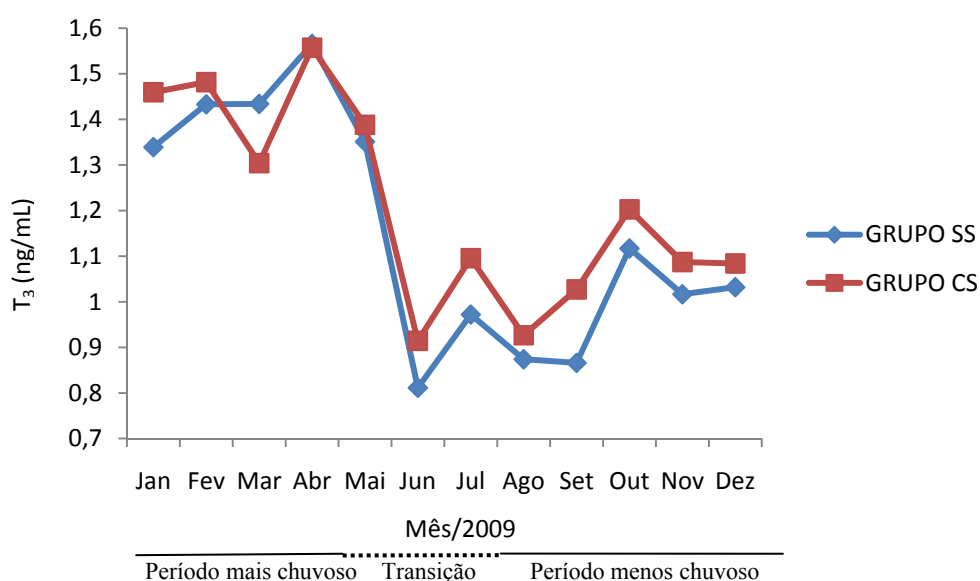


Figura 2. Médias de T₃ (ng/mL) de búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém/Pará.

Não houve interação significativa entre tratamentos e períodos. Os níveis de T₃ não sofreram efeitos dos tratamentos, somente dos períodos do ano (Tabela 8).

Tabela 8. Dados de triiodotironina (T₃), máximo e médio, e desvio padrão, de búfalas criadas ao sol e à sombra, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.

Período	Triiodotironina (T ₃) (ng/mL)	
	Máximo	Médio
Mais chuvoso	1,7	1,4 ± 0,2 ^a
Transição	1,3	1,1 ± 0,2 ^b
Menos chuvoso	1,2	1,0 ± 0,1 ^b

^{a,b} Médias de T₃, dentro de cada período, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes (P<0,05)

As maiores médias de T_3 foram registradas no período mais chuvoso do ano, com valores significativamente maiores que os dos períodos de transição e menos chuvoso ($P < 0,05$), provavelmente, devido aos valores mais elevados da temperatura do ar, neste último período. Segundo De Bragança *et al.* (1998), o decréscimo das concentrações de T_3 , em resposta ao estresse calórico, pode atuar como mecanismo adaptativo para reduzir a produção de calor. Esse fato pode ser confirmado por Oliveira (1998) que, em estudos sobre níveis séricos de T_3 , em novilhas bubalinas Mediterrâneo, submetidas a estresse térmico, durante o ciclo estral, concluíram que sucessivos dias de estresse térmico causam diminuição nos níveis séricos de T_3 .

A redução na atividade do eixo hipotálamo-hipófise-tireóide, com diminuição das concentrações de T_3 , se deve ao fato da glândula tireóide ser sensível ao estresse térmico, pois seus hormônios estão ligados à termogênese, uma vez que elevam a taxa metabólica e potencializam a liberação de catecolaminas (BIANCO e KIMURA, 1999). Dessa forma, T_3 pode apresentar baixas concentrações em animais expostos a elevadas temperaturas do ar, associadas à menor produção de calor metabólico. Na Índia, respostas similares foram relatadas por Ibrahim (1968) citado por Shafie (2000), que afirmam que a composição média de hormônio T_3 no soro sanguíneo de búfalos adultos, durante o verão e inverno, foi de $1,01 \pm 0,11$ e $0,85 \pm 0,10$ ng/mL, respectivamente.

4.3.2.3 Tiroxina (T_4)

Durante a exposição ao estresse térmico crônico, a hipofunção da tireóide pode estar associada à necessidade de redução da taxa metabólica. Na fase aguda do estresse térmico ocorre diminuição na concentração dos hormônios tireoideanos, que reduz a taxa de produção de calor metabólico (RENAUDEAU *et al.*, 2003; STARLING *et al.*, 2005; MORAIS *et al.*, 2008). Na Figura 3 está apresentado o comportamento dos níveis de T_4 de búfalas submetidas ao sol e à sombra, durante o período experimental.

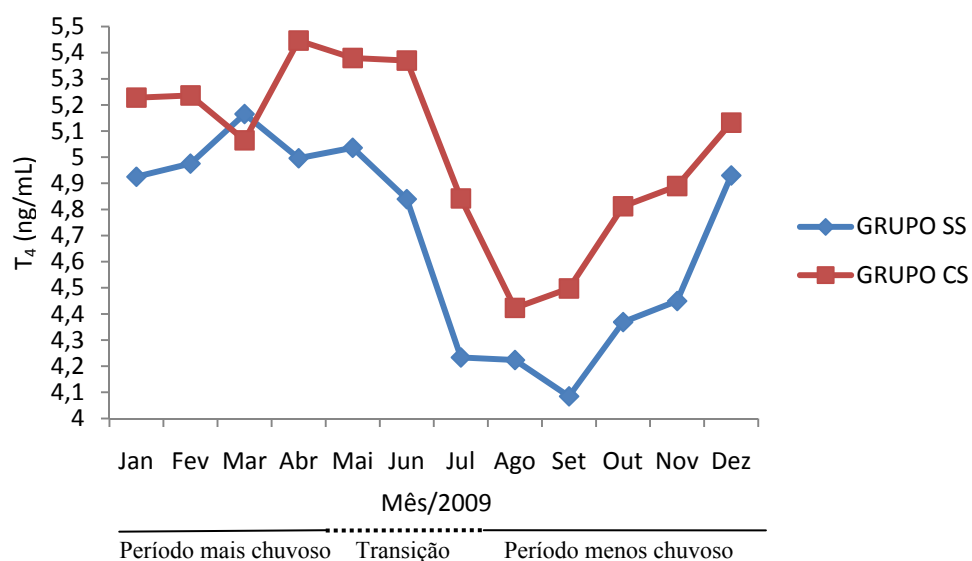


Figura 3. Médias dos níveis de T_4 (ng/mL) de búfalas criadas ao sol (grupo SS) e à sombra (grupo CS), em 2009, Belém/Pará.

Não houve efeito da interação entre tratamentos e períodos. Os níveis de T_4 não sofreram efeito dos tratamentos, entretanto, tiveram influência dos períodos do ano (Tabela 9).

Tabela 9. Dados de tiroxina (T_4), máximo e mínimo, e desvio padrão, de búfalas criadas ao sol e à sombra, nos períodos do ano de 2009, Belém, Pará.

Período	Tiroxina (T_4) (ng/mL)	
	Máximo	Médio
Mais chuvoso	6,3	5,1 ± 0,9 ^a
Transição	6,0	5,0 ± 0,9 ^a
Menos chuvoso	5,5	4,5 ± 0,7 ^b

^{a,b} Médias de T_4 , dentro de cada período, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna são diferentes ($P < 0,05$).

Os maiores valores de T_4 ocorreram nos períodos mais chuvoso e de transição. A explicação provável para esse resultado é que, no período menos chuvoso, para contribuir na redução da produção de calor endógeno, ocorre diminuição no consumo de alimentos e na concentração de hormônios tireoideanos no plasma (YOUSEF e JOHNSON, 1985).

Em situações de estresse pelo calor, a função da tiróide mostrou depressão em búfalos. Em temperatura do ar de 22°C, a taxa hormonal de búfalos foi de 10,13 ng/mL.

Quando a temperatura do ar se elevou para 35°C, os valores eram 8.91 ng/mL (KAMAL *et al.*, 1972 citado por SHAFIE, 2000).

Respostas similares foram relatadas na Índia, por Ibrahim (1968) citado por Shafie (2000), que observaram a composição média de hormônio T₄ no soro sanguíneo de búfalos adultos, durante o verão e inverno, na Índia, de 11,16 ± 2,04 ng/mL e 11,36 ± 1,55 ng/mL, respectivamente.

4.3.3 Correlações entre Variáveis Climáticas e Perfil Hormonal

Na Tabela 10 estão apresentadas as correlações entre as variáveis climáticas e o perfil hormonal de búfalas Murrah, nas condições climáticas da Amazônia Oriental.

Tabela 10. Correlação entre as variáveis hormonais e climáticas de búfalas Murrah, na Amazônia Oriental.

Variáveis	Variáveis Climáticas		
	TA	UR	ITGU
Tiroxina (T ₄)	- 0,70**	0,64**	- 0,65**
Triiodotironina (T ₃)	- 0,70**	0,65**	- 0,48*
Cortisol	0,22 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	0,35 ^{ns}

TA – Temperatura do ar; UR – Umidade relativa do ar; ITU – Índice de temperatura e umidade máximo; ITGU – Índice de temperatura de globo e umidade. T₄ – Tiroxina, T₃ – Triiodotironina, ns – não significativo; ** - significativo à 1%.

Verifica-se que o hormônio cortisol não se correlacionou com a TA, UR e ITGU. Entretanto, os hormônios tireoidianos T₃ e T₄ apresentaram correlação altamente significativa e negativa (P<0,01) com a TA e ITGU, o que indica que conforme os valores da temperatura do ar e do índice de conforto térmico se elevam, os níveis dos hormônios tireoidianos na circulação sanguínea diminuem marcadamente. A glândula tireóide é sensível ao estresse térmico, pois seus hormônios estão ligados à termogênese, uma vez que aumentam a taxa metabólica. Assim, T₃ e T₄ podem apresentar níveis reduzidos em animais expostos a elevadas temperaturas, associados à menor produção de calor metabólico (BIANCO e KIMURA, 1999). Por outro lado, houve correlação significativa e positiva dos hormônios T₃ e T₄ com a UR, demonstrando que, quando aumenta a UR, o valor desses hormônios também se eleva.

4.4 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados da presente pesquisa pode-se concluir que os valores médios de ITGU registrados apontam condições críticas de conforto térmico para búfalas Murrah, durante os três períodos do ano, sendo o período menos chuvoso o mais propício a estresse térmico.

Os maiores valores de cortisol nos períodos mais e menos chuvoso do ano, bem como a redução plasmática dos níveis de T_3 e T_4 no período menos chuvoso, indicam que tanto a temperatura do ar, como sua combinação com a umidade relativa promovem estresse térmico a esses animais. Esse fato ainda é potencializado se os búfalos não tiverem acesso à sombra, no período menos chuvoso do ano. Por outro lado, de acordo com os resultados dos níveis de cortisol, pode-se concluir que o período de transição entre os períodos mais e menos chuvosos do ano é onde os búfalos estão em maior conforto.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALNAIMY, A.; HABEEB, M.; FAYAZ, I. Heat stress. In: PHILLIPS, C.; PIGGINS, D. (Eds.) **Farm animals and the environment**. Wallingford: CAB International, . p.27-47, 1992.

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, 44., 2007, Jaboticabal - SP. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, 2007. CD.

BIANCO, A.C.; KIMURA, E.T. **Fisiologia da glândula tireóide**. In: AIRES, M.M. (Ed.) **Fisiologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.812-828, 1999.

BREUNER, C.W.; ORCHINIK, M. Plasma binding proteins as mediators of corticosteroid in vertebrates. **Journal Endocrinology**, v.175, p.99-112, 2002.

BRISTOW, D.J., HOLMES, D.S. Cortisol levels and anxiety-related behaviors in cattle. **Physiology e Behavior**. v.90, p.626-628, 2007.

BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CATON, G.H., *et al.* Black globe humidity comfort index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the American Society Agricultural Engineering**, v.24, n.4, p.711-714, 1981.

CARLSON, N.R. **Fisiologia do comportamento**. 7. ed. Barueri-SP: Manole, 2002, 699p.

COLLETA, A.M.D. **Eixo hipotálamo-hipófise-adrenal e secreção de vasopressina e ocitocina em ratos submetidos à adrenalectomia e ao estresse de imobilização**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2000. Dissertação (Mestrado).

DE BRAGANÇA, M.M.; MOUNIER, A.M.; PRUNIER, A. Does feed restriction mimic the effects of ambient temperature in lactating sows? **Journal of Animal Science**, v.76, p.2017-2024, 1998.

DICKSON, W.M. Endocrinologia, reprodução e lactação. Glândulas endócrinas In: SWENSON, M.J.; REECE, W.O. (Eds.) **Dukes fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara, p.572-614, 1996.

ENCARNAÇÃO, R.O. Estresse e produção animal. 2. reimp. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1992. 32p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 34).

FRANDSON, R.D.; LEE WILKE, W.; FAILS, A.D. **Anatomia e fisiologia dos animais de fazenda**. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005. 188p.

GOYMANN, W.; EAST, M. L.; WACHTER, B. *et al.* Social status does not predict corticosteroid levels in postdispersal male spotted hyenas. **Hormones and Behavior**. v.43, p.474-479, 2003.

GUIMARÃES, C.C.C.; FALCO, J.E.; TITTO, E.A.L.; FRANZOLIN NETO, R.; MUNIZ, J.A. Termorregulação em bubalinos submetidos a duas temperaturas de ar e duas proporções de volumoso: concentrado. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 25, n. 2, p. 437-443, 2001.

LOURENÇO JÚNIOR, J.B.; TEIXEIRA NETO, J.F.; COSTA, N.A.; BAENA, A.R.C.; MOURA CARVALHO, L.O.D. Alternative systems for feeding buffaloes in Amazon Region. In: 1ST BUFFALO SYMPOSIUM OF THE AMERICAS, 2002, Belém. **Proceedings**. p. 31-42, 2002.

LOURENÇO JÚNIOR, J.B.; CASTRO, A.C.; DANTAS, J.A.S.; SANTOS, N.F.A.; ALVES, O.S.; MONTEIRO, E.M.M. Efeitos das Variáveis Climáticas sobre a Fisiologia de Bubalinos Criados em Sistema Silvopastoril, em Belém, Pará. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA - MUDANÇAS CLIMÁTICAS: IMPACTO SOBRE HOMEM, PLANTAS E ANIMAIS, 2006, Ribeirão Preto/SP. **Anais**. São Paulo, 2006.

McFARLANE, A.; COGHLAN, J.; TRESHAM, J. *et al.* Corticotropin-releasing factor alone, but not arginine vasopressin alone, stimulates the release of adrenocorticotropin in the conscious intact sheep. **Endocrinology**, v.136, n.5, p.1821-1827, 1995.

McNABB, A.F.M. Thyroid hormones, their activation, degradation and effects on metabolism. In: CONFERENCE METABOLIC MODIFIERS, 1995, Amsterdam. **Proceedings**. Amsterdam: Elsevier, p.1773-1776, 1995.

MORAIS, D.A.E.F.; MAIA, A.S.C.; SILVA, R.G.; VASCONCELOS, A.M.; LIMA, P.O.; GUILHERMINO, M.M. Variação anual de hormônios tireoideanos e características termorreguladoras de vacas leiteiras em ambiente quente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.538-545, 2008.

OLIVEIRA, M.R. **Níveis séricos de triiodotironina T₃ e tiroxina T₄ em novilhas bubalinas da raça Mediterrânea submetidas a estresse térmico durante o ciclo estral.** (Dissertação de Mestrado), FMVZ/UNESP, Botucatu 1998, 50p.

PEREIRA, J.C.C. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal.** Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005. 195p.

PEZO, D.; IBRAHIM, M. **Sistemas silvipastoriles.** Costa Rica: CATIE, Proyecto Agroflorestal CATIE/GTZ, 1998. 12p. (Materialies de Enseñanza/CATIE, 40).

RENAUDEAU, D.; NOBLET, J.; DOURMAD, J.Y. Effect of ambient temperature on mammary gland metabolism in lactating sows. **Journal Animal Science**, v.81, p.217-231, 2003.

RENAUDEAU, D.; NOBLET, J.; DOURMAD, J.Y. Effect of ambient temperature on mammary gland metabolism in lactating sows. **Journal of Animal Science**, v.81, p.217-231, 2003.

ROCHA, D.R. **Avaliação de estresse térmico em vacas leiteiras mestiças (*bos taurus* x *bos indicus*) criadas em clima tropical quente subúmido no estado do Ceará**. Programa de Pós-graduação em Zootecnia. Universidade Federal do Ceará. 2008. 70p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

SANTOS, F.C.B.; SOUZA, B.B.; ALFARO, C.E.P.; CÉZAR, M. F.; PIMENTA FILHO, E.C.; ACOSTA, A.A.A.; SANTOS, J.R.S. Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima semi-árido do Nordeste brasileiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.1, p.142-149, 2005.

SHAFIE, M.M. Physiology responses and adaptation of water buffalo. In: YOUSEF, M.K. **Stress physiology in livestock**. v.2, UNGULATES. Ed. CRS PRESS. 2000, 260p.

SILVA, R.G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.

SOUZA, C.F.; TINÔCO, I.F.F.; BAÊTA, F.C. *et al.* Avaliação de materiais alternativos para confecção de termômetro de globo. **Revista Ciência e Agrotecnologia**. v.26, n.1, p.157-164, 2002.

STARLIN, J.M.C.; SILVA, R.G.; NEGRÃO, J.A.; MAIA, A.S.C.; BUENO, A.R. Variação Estacional dos Hormônios Tireoideanos e do Cortisol em Ovinos em Ambiente Tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.34, n.6, p. 2064-2073, 2005.

TRAINER, P.J.; WOODS, R.J.; KORBONITS, M.; POPOVIC, V.; STEWART, P.M.; LOWRY, P.; GROSSMAN, A.B. The pathophysiology of circulating corticotrophin-releasing hormone-binding protein levels in the human. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**. v.83, n.5, p.1611-1614, 1998.

URIBE-VELÁSQUEZ, L.F.; OBA, E.; BRASIL, L.H.A. Concentrações plasmáticas de cortisol, hormônios tireoidianos, metabólitos lipídicos e temperatura de cabras Pardo-Alpinas submetidas ao estresse térmico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.1123-1130, 1998.

VIEIRA, R.J. **Respostas fisiológicas e hormonais de novilhas bubalinas submetidas a estresse térmico** (Tese de Doutorado), FMVZ/UNESP, Botucatu 1995, 148p.

YOUSEF, M.K. e JOHNSON, H.D. Endocrine system and thermal environmet. In: **Stress physiology in livestock**. CRC Press, Inc. Boca Raton, Flórida. v.1 Basic principles. p.133-141. 1985.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

No decorrer da tese, foi assinalada a importância da avaliação dos efeitos de variáveis climáticas sobre as variáveis fisiológicas, hematológicas e hormonais de búfalas Murrah, criadas nas condições climáticas da Amazônia Oriental. No capítulo 2 foi possível concluir que o turno da tarde, representado pelo horário de pico de temperatura local (13h00), é o mais estressante que o da manhã, representado pelo horário de temperatura mais amena (07h00). Esse resultado se deve ao fato das variáveis fisiológicas terem apresentado valores mais elevados, durante esse turno, fato que pode estar relacionado com o aumento da temperatura do ar, ITU e ITGU, ocorridos durante esse turno, que proporcionaram condições desfavoráveis aos animais, os quais entraram em estresse térmico.

Em situação de estresse térmico ocorre elevação da temperatura corporal e, conseqüentemente, aumento da evaporação respiratória e cutânea e fluxo sanguíneo periférico, que eleva a temperatura da superfície corporal. Com aumento do fluxo sanguíneo para a periferia do corpo, há vasodilatação periférica, que resulta em queda da pressão sanguínea e, para compensar essa baixa pressão, aumenta o trabalho cardíaco, com conseqüente elevação da frequência cardíaca.

Quando considera-se os tratamentos experimentais, observa-se que os animais do grupo sem sombra (grupo SS) apresentaram maiores valores das variáveis fisiológicas, no turno da tarde. Esse resultado confirma e enfatiza a importância do uso de sistemas que proporcionem sombra aos animais, principalmente nos horários mais quentes do dia. Os valores das variáveis climáticas do grupo CS foram mais baixos, o que indica que o fornecimento de sombra pelos sistemas silvipastoris é tão eficiente quanto o acesso à água para banho, na manutenção da homeotermia, além de não impactar os ecossistemas aquáticos amazônicos.

Essas conclusões foram confirmadas através dos parâmetros hematológicos. Os animais do grupo sem acesso à sombra (grupo SS) tiveram os valores de leucócitos e hemácias mais elevados, no período menos chuvoso do ano. De acordo com a literatura em situações de estresse térmico, o número de leucócitos pode estar elevado. Além disso, o estresse pelo calor pode levar a uma hemoconcentração, em função da perda de água, por evaporação, que aumenta os valores de hemácias. O teor de hemoglobina, em

ambos os grupos, foi maior nos períodos menos chuvoso e de transição, quando a temperatura do ar é mais alta. A hemoglobina é responsável pelo transporte de oxigênio dos pulmões para os diferentes tecidos, e em situação de estresse, a liberação do oxigênio é mais rápida, o que contribui para aumentar a taxa de consumo de oxigênio, e como consequência, aumentar o valor da hemoglobina.

Os dados hormonais (Capítulo 3), também, estão conectados com os resultados supracitados, pois o hormônio do estresse, o cortisol, apresentou níveis elevados durante o período menos chuvoso, o que demonstra que os animais apresentaram estresse térmico. As búfalas tiveram os níveis dos hormônios da tireóide (triiodotironina - T_3 e tiroxina - T_4) mais baixos nesse período, o que era de se esperar, pois, de acordo com a literatura, a glândula tireóide é sensível ao estresse térmico, e seus hormônios estão ligados à termogênese, que elevam a taxa metabólica e potencializam as catecolaminas. Dessa forma, T_3 e T_4 podem apresentar baixas concentrações em animais expostos a elevadas temperaturas do ar, de forma a produzir menos calor metabólico.

Entretanto, os resultados apontam que, no período mais chuvoso do ano, os animais podem apresentar estresse térmico, nas condições climáticas estudadas. Nesse período do ano, as variáveis fisiológicas TR, FR e FC, em ambos os turnos, e TSC, no turno da manhã, foram mais elevadas. Além disso, durante esse período, os animais com acesso à sombra (grupo CS) apresentaram aumento do número de leucócitos e hemácias e, em ambos os grupos, houve aumento do cortisol. Esse fato pode estar relacionado às condições ambientais, onde a umidade relativa do ar estava elevada, e aliada à alta temperatura do ar, pode ter dificultado a troca de calor dos animais com o ambiente, que causou estresse térmico.

Os resultados da variável fisiológica frequência respiratória e do hormônio do estresse, cortisol, apontam que o período de transição, entre o período mais e menos chuvoso do ano, foi o que apresentou condições mais adequadas aos animais, pois a pluviosidade e umidade relativa do ar diminuem, enquanto a temperatura do ar apresenta leve aumento, o que provavelmente proporcionou conforto térmico aos búfalos.

Finalmente, foi possível comprovar que as variáveis fisiológicas, hematológicas e hormonais sofrem influência das variáveis climáticas e, portanto, são indicadoras de

estresse térmico em búfalas Murrah, criadas nas condições climáticas da Amazônia Oriental.

Além disso, através dos resultados desta pesquisa comprova-se a eficiência dos sistemas silvipastoris (SSP) para proporcionar maior conforto térmico aos búfalos. Estes sistemas incorporam o uso de essências florestais às pastagens e reduzem o efeito negativo de condições climáticas estressantes aos animais, uma vez que as árvores interferem na passagem da radiação solar direta. Dessa forma, ao estarem protegidos do calor, os animais pastam por períodos mais longos, o que contribui para melhor eficiência e desempenho produtivo.