

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**PRISCILA TEIXEIRA DE SOUZA**

**ESTRESSE TÉRMICO EM CABRAS SAANEN NOS PERÍODOS SECO  
E CHUVOSO CRIADAS EM CLIMA TROPICAL QUENTE E ÚMIDO  
NO ESTADO DO CEARÁ**

**FORTALEZA-CE**

**2010**

**PRISCILA TEIXEIRA DE SOUZA**

**ESTRESSE TÉRMICO EM CABRAS SAANEN NOS PERÍODOS SECO  
E CHUVOSO CRIADAS EM CLIMA TROPICAL QUENTE E ÚMIDO  
NO ESTADO DO CEARÁ**

Dissertação apresentada à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Airton Alencar de Araújo

**FORTALEZA – CE**

**2010**

**PRISCILA TEIXEIRA DE SOUZA**

**ESTRESSE TÉRMICO EM CABRAS SAANEN NOS PERÍODOS SECO  
E CHUVOSO CRIADAS EM CLIMA TROPICAL QUENTE E ÚMIDO  
NO ESTADO DO CEARÁ**

Dissertação apresentada à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

Aprovada em: 29 de janeiro de 2010.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Airton Alencar de Araújo (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Davide Rondina  
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

---

Prof. Dr. Genario Sobreira Santiago  
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

---

Prof. Dr. José Clielder Rebouças da Silva  
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

*Aos meus pais João Carlos Ribeiro e Marilene Teixeira pelo amor, dedicação,  
ensinamentos e tantas renúncias e sacrifícios em prol do alcance de meus objetivos.*

*Às minhas irmãs pelos momentos de descontração e amizade incondicional,*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida.

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará – UFC, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado em Zootecnia.

A CAPES, pelo apoio financeiro na forma de bolsa durante o mestrado.

Ao professor e orientador Airton Alencar de Araújo por sua orientação competente e segura, pela paciência, dedicação e ensinamentos não apenas técnicos, mas de vida.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Dr. Davide Rondina, Prof. Dr. Genário Sobreira Santiago e Prof. Dr. José Clielder Rebouças da Silva pelas importantes sugestões para este trabalho.

Ao Lar Antônio de Pádua pela concessão dos animais e instalações para nosso constante aprendizado técnico e pessoal.

À médica veterinária Maria Gorete Flores Salles pelo auxílio prestado a qualquer momento, pelos valiosos conselhos, pelo carinho e amizade.

A todos os funcionários do Lar Antônio de Pádua, em especial ao Gerinho, Lélío e Zé pela ajuda e disposição de sempre, durante a execução do trabalho.

Aos meus pais João Carlos Ribeiro e Marilene Teixeira pelo amor e esforço incondicional para meu crescimento profissional.

Às minhas irmãs Ravena Teixeira e Úrsula Teixeira pelo amor, carinho, amizade e torcida.

Ao meu amor, Alexandre Carneiro, pelo companheirismo, paciência e por tocar meu coração e ser a razão do meu sorriso.

Às minhas eternas amigas, confidentes e maravilhosas, Andréa Colares e Cynthia Levi, por estarem sempre dispostas a me ouvir quando preciso.

Ao Fabrício Furtado, meu querido cunhadinho, que tanto torce pelo meu sucesso.

A todos meus colegas do curso de Pós-graduação pela troca de conhecimentos e por tantos momentos de descontração e alegria.

À Roseane Madeira, Fabiane Sousa e Ariane Loudemila pela contribuição, pelos momentos de alegria e amizade.

À amiga Leonília Ferreira (*in memoriam*) pelas deliciosas conversas, pela ajuda sempre prestada, amizade e tantos momentos de satisfação.

A todos os animais experimentais, os quais são fundamentais para o nosso contínuo aprendizado.

***Minha Gratidão.***

## RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de avaliar a existência de estresse térmico em cabras Saanen, nos períodos seco e chuvoso, criadas em clima tropical quente e úmido no estado do Ceará. Para tanto, foram avaliados os elementos climáticos, temperatura do ar (TA) e umidade relativa do ar (URA), dentro e fora do galpão, das 8 às 16 h, utilizados no cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU), bem como o acompanhamento dos parâmetros fisiológicos (temperatura retal, temperatura superficial, frequência respiratória e frequência cardíaca) de 15 cabras lactantes, duas vezes por semana, nos turnos da manhã (9:00 h) e da tarde (14:00 h). O coeficiente de adaptabilidade (CA) foi estimado a partir do teste de Benezra. Os dados foram submetidos a análise de variância a 5% de probabilidade. Correlações entre as variáveis ambientais e os parâmetros fisiológicos foram realizadas através do método de Pearson ( $P < 0,01$ ). Os resultados mostraram que os maiores valores de temperatura ambiente, dentro e fora do galpão, foram registrados no período seco, quando as temperaturas máximas (TAmáx) e mínimas (TAmin) foram maiores fora do galpão (FG) que dentro do galpão (DG). Já no período chuvoso, só houve diferença significativa às 12 h para a TAmáx (FG – 30,4°C; DG – 28,5°C) e às 13 h para a TAmin (FG – 29,3; DG – 28,2°C). Para umidade relativa do ar (URA) constatou-se diferença estatística ( $P < 0,05$ ) em todos os horários entre os períodos quanto a URAmáx e URAmín, dentro e fora do galpão, sendo os valores sempre maiores no período chuvoso. O ITU máx foi mais elevado fora do galpão em todos os horários no período seco, enquanto que no período chuvoso somente entre 9 e 14 horas. Ao se comparar os períodos, o ITU máx foi maior no período chuvoso, havendo diferença significativa ( $P < 0,05$ ) dentro do galpão entre 9 e 12 horas e fora do galpão entre 9 e 11 horas. Para as médias de ITU mín, os maiores valores também foram observados no período chuvoso. Todos os parâmetros fisiológicos foram mais elevados à tarde e no período seco, exceto a temperatura retal (TR) que foi maior no período chuvoso. O ITU calculado no momento da coleta dos parâmetros fisiológicos, também foi maior no turno da tarde, contudo entre os períodos, foi mais elevado no período chuvoso. A TA e o ITU apresentou maior correlação com a temperatura retal ( $r = 0,501$  e  $r = 0,503$ ;  $P < 0,01$ ) e FR ( $r = 0,642$  e  $r = 0,578$ ;  $P < 0,01$ ) no período chuvoso e a temperatura superficial (TS) e do úbere (TSU) com a TA no período seco (TS -  $r = 0,873$  e TSU -  $r = 0,840$ ), mostrando que a temperatura ambiente é, isoladamente, o fator ambiental de maior impacto sobre o bem estar animal. Todas as correlações das variáveis ambientais com a frequência cardíaca foram baixas. O CA entre as cabras variou de 4,5 a 6,0 no período seco e de 4,0 a 5,0 no período chuvoso, estando esses valores bem acima do coeficiente padrão de adaptabilidade, cujo valor é 2,0. Nas condições ambientais do presente estudo, conclui-se que independente do período do ano, as cabras Saanen estão sujeitas a um ambiente hostil, sendo o período chuvoso o mais propício a causar estresse térmico, apresentando os maiores valores de ITU e, conseqüentemente, de temperatura retal.

**Palavras-chave:** Parâmetros fisiológicos. Índice de temperatura e umidade. Adaptabilidade.

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the existence of heat stress in Saanen goats during the dry season and rainy in a hot humid tropical climate in the state of Ceara. For this, we assessed the climatic factors, air temperature (TA) and relative humidity (RH) inside and outside the shed, from 8 to 16 h, used to calculate the index of temperature and humidity (ITU) and as the monitoring of physiological parameters (rectal temperature, surface temperature, respiratory rate and heart rate) of 15 lactating goats twice a week, in the morning (9:00 am) and afternoon (14:00 h). The coefficient of adaptability (CA) was estimated by the test Benezra. The data were submitted to analysis of variance at 5% probability. Correlations between environmental variables and physiological parameters were performed using the method of Pearson ( $P < 0.01$ ). The results showed that the highest values of temperature inside and outside the shed, were recorded during the dry season, when the maximum temperatures (T<sub>Am</sub>) and minimum (T<sub>Amin</sub>) was more out of the shed (FG) than in the shed (DG). In the rainy season, only significant difference at 12 h for T<sub>Am</sub> (FG - 30.4 °C; DG - 28.5 °C) and 13 h for T<sub>Amin</sub> (FG - 29.3; DG - 28.2 °C). For relative humidity (RH) showed a statistical difference ( $P < 0.05$ ) at all times between the periods as the UR<sub>Am</sub> and UR<sub>Amin</sub> inside and outside the shed, and values are always higher in the rainy season. The ITU<sub>max</sub> was higher outside the shed at all times during the dry season, whereas in the rainy season only between 9 and 14 hours. Comparing the periods, ITU<sub>max</sub> was higher in the rainy season, significant difference ( $P < 0.05$ ) in the shed between 9 and 12 and out of the shed between 9 and 11. For the average ITU<sub>min</sub>, the highest values were also observed in the rainy season. All physiological parameters were higher in the afternoon and in the dry season, except for rectal temperature (RT) which was higher in the rainy season. The ITU estimated at the time of collection of physiological parameters was also higher in the afternoon, but between periods, was higher in the rainy season. The TA and the ITU had the best correlation with rectal temperature ( $r = 0.501$  and  $r = 0.503$ ,  $P < 0.01$ ) and FR ( $r = 0.642$  and  $r = 0.578$ ,  $P < 0.01$ ) in the rainy season and the surface temperature (TS) and the udder (TSU) with TA in the dry season (TS -  $r = 0.873$  and TSU -  $r = 0.840$ ), showing that temperature alone is the environmental factor with greatest impact on animal welfare. All correlations of environmental variables and the heart rate were low. The CA among the goats ranged from 4.5 to 6.0 in the dry season to 4.0 / 5.0 out rainy, and those well above the standard coefficient of adaptability, which equals 2.0. Environmental conditions of this study concluded that regardless of the period of the year, Saanen goats are exposed to a hostile environment, and the rainy season is the propitious period to cause heat stress, with higher rates of UTI and consequently high rectal temperature.

**Keywords:** Physiological parameters. Index temperature and humidity. Adaptability.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Variações de temperatura do ar máxima (TAm<sub>ax</sub>) e mínima (TA<sub>min</sub>) dentro do galpão (DG) e fora do galpão (FG), das 8 às 16 h, nos períodos seco (a) e chuvoso (b) em clima tropical quente e úmido..... **35**
- Figura 2.** Variações da umidade relativa do ar máxima (URAm<sub>ax</sub>) e mínima (URAm<sub>in</sub>) dentro do galpão (DG) e fora do galpão (FG), das 8 às 16 h, nos períodos seco (a) e chuvoso (b) em clima tropical quente e úmido..... **38**
- Figura 3.** Variações do índice de temperatura e umidade máximo (ITU<sub>max</sub>) e mínimo (ITU<sub>min</sub>) dentro do galpão (DG) e fora do galpão (FG), das 8 às 16 h, nos períodos seco (a) e chuvoso (b) em clima tropical quente e úmido..... **40**
- Figura 4.** Coeficiente de adaptabilidade (CA) das cabras, nos períodos seco e chuvoso em clima tropical quente e úmido..... **49**
- Figura 5.** Média da temperatura retal (TR) das cabras, utilizadas no teste de Benezra, nos períodos seco e chuvoso em clima tropical quente e úmido ..... **50**
- Figura 6.** Média da frequência respiratória (FR) das cabras, utilizadas no teste de Benezra, nos períodos seco e chuvoso em clima tropical quente e úmido..... **50**

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Médias $\pm$ erro-padrão, valor de máxima e mínima das variáveis fisiológicas e ITU coletados de cabras Saanen em clima tropical quente e úmido.....	<b>42</b>
<b>Tabela 2.</b> Correlação entre as variáveis fisiológicas e ambientais, nos períodos seco e chuvoso, em cabras Saanen criadas em clima tropical quente e úmido.....	<b>47</b>

**LISTA DE ABREVIATURAS**

CA = Coeficiente de adaptabilidade  
CTC = Coeficiente de tolerância ao calor  
DG = Dentro do galpão  
FC = Frequência cardíaca  
FG = Fora do galpão  
FR = Frequência respiratória  
IAPfc = Índice ambiental de produtividade para frangos de corte  
ITC = Índice de tolerância ao calor  
ITGU = Índice de temperatura de globo e umidade  
ITU = Índice de temperatura e umidade  
ITUmax = Índice de temperatura e umidade máxima  
ITUmin = Índice de temperatura e umidade mínima  
ITUV = Índice de temperatura, umidade e velocidade do ar  
TA = Temperatura do ar  
Tbs = Temperatura de bulbo seco  
Tgn = Temperatura de globo negro  
TAmáx = Temperatura do ar máxima  
TAmin = Temperatura do ar mínima  
Tpo = Temperatura do ponto de orvalho  
TR = Temperatura retal  
TRm = Temperatura retal média  
TS = Temperatura superficial  
TSU = Temperatura superficial do úbere  
URA = Umidade relativa do ar  
URAmáx = Umidade relativa do ar máxima  
UR Amin = Umidade relativa do ar mínima  
VV = Velocidade dos ventos

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>RESUMO</b>	vii
<b>ABSTRACT</b>	viii
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	ix
<b>LISTA DE TABELAS</b>	x
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b>	xi
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	14
<b>2. OBJETIVOS</b>	16
<b>2.1. Objetivo Geral</b>	16
<b>2.2. Objetivos específicos</b>	16
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b>	17
<b>3.1. Clima</b>	17
<b>3.2. Elementos climáticos relevantes na produção animal</b>	18
3.2.1. <i>Temperatura do ar</i>	18
3.2.2. <i>Umidade relativa do ar</i>	19
3.2.3. <i>Radiação Solar</i>	20
3.2.4. <i>Movimento do ar</i>	21
3.2.5. <i>Pluviosidade</i>	21
<b>3.3. Índices de conforto térmico</b>	22
<b>3.4. Estresse térmico</b>	23
<b>3.5. Efeito do estresse térmico sobre os parâmetros fisiológicos de caprinos</b>	26
<b>3.6. Medidas de adaptabilidade animal ao meio ambiente</b>	28
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b>	30
<b>4.1. Local do experimento</b>	30
<b>4.2. Animais experimentais</b>	30
<b>4.3. Procedimento experimental</b>	30
4.3.1. Variáveis climáticas	30
4.3.2. Cálculo do Índice de Temperatura e Umidade (ITU)	31
4.3.3. Parâmetros fisiológicos	31
4.3.3.1. Temperatura Retal	31
4.3.3.2. Temperatura Superficial	31

	<b>Página</b>
4.3.3.3. Frequência Respiratória	32
4.3.3.4. Frequência Cardíaca	32
4.3.4. Coeficiente de tolerância ao calor	32
<b>4.4. Análise Estatística</b>	32
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	34
<b>5.1. Variáveis climáticas</b>	34
5.1.1. Temperatura do ar	34
5.1.2. Umidade relativa do ar	36
<b>5.2. Índice de temperatura e umidade</b>	37
<b>5.3. Parâmetros fisiológicos</b>	41
<b>5.4. Coeficiente de tolerância ao calor</b>	48
<b>6. Conclusões</b>	52
<b>7. Perspectivas</b>	53
<b>8. Referências Bibliográficas</b>	54

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa o 16º lugar, em relação ao "ranking" internacional em número de cabeças caprinas, com 10.046.888 animais (<http://www.ematerce.ce.gov.br>), apresentando a região nordeste um efetivo de 6.452.373 cabeças (IBGE, 2006).

Apesar de numericamente expressivo, o rebanho caprino da região nordeste mantém índices de produtividade ainda baixos, principalmente em razão do baixo padrão tecnológico empregado na região, que é fruto do sistema de produção adotado pela maioria dos criadores (cultura de subsistência) e da falta de apoio governamental (Pimenta Filho et al., 2004). Apesar disso, a iniciativa privada vem investindo muito na caprinocultura de leite, e as raças exóticas, oriundas de clima temperado, predominam na maioria dos criatórios especializados.

As raças especializadas para produção de leite que foram importadas para o Brasil, como a Saanen, Parda Alpina e Toggenburg são originárias de regiões temperadas e excelentes produtoras nos seus países de origem. No entanto, não temos tido desempenhos similares com estas raças na região tropical, devido às diferenças climáticas marcantes entre o ambiente temperado e o tropical (Oliveira, 2007). Portanto, sendo o Brasil um país com quase dois terços do seu território na região tropical do planeta onde predominam altas temperaturas, consequência da elevada radiação solar incidente (Pires et al. 2002), esses animais passam a enfrentar uma situação para a qual não se acham geneticamente preparados, e os efeitos do ambiente provocam alterações nos parâmetros fisiológicos do animal (Medeiros et al., 2008).

Segundo Baêta & Souza (1997), os animais para terem máxima produtividade, dependem de uma faixa de temperatura adequada, também chamada de zona de conforto térmico, em que há gasto mínimo de energia para manter a homeotermia. Do ponto de vista da produção, este aspecto reveste-se de importância, pelo fato de que, dentro desses limites, os nutrientes ingeridos pelos animais serão quase na totalidade utilizados para desenvolvimento das funções produtivas.

Do ponto de vista bioclimático, apesar de caprinos serem considerados animais rústicos, a associação entre elevadas temperaturas, alta umidade do ar e radiação pode acarretar alterações comportamentais e fisiológicas, como aumento da temperatura da pele, elevação da temperatura retal, aumento da frequência respiratória, diminuição da ingestão de alimentos e redução do nível de produção (Lu, 1989).

A ocorrência de estresse térmico pode ser observada, avaliando o ambiente térmico, seja de uma área sombreada ou não sombreada, por meio de índices de conforto térmico, associado à avaliação do animal através da determinação de sua capacidade fisiológica de tolerar melhor o calor.

Um dos índices de conforto térmico mais utilizado é o de Thom (1958), denominado de índice de temperatura e umidade (ITU), que associa temperatura e umidade relativa do ar. Este índice de conforto ambiental é prático e de baixo custo e pode ser avaliado com o uso de um termohigrômetro, aparelho que avalia a temperatura e a umidade do ar em qualquer momento do dia. Quando o objetivo é verificar a capacidade de tolerância ao calor do animal utilizam-se testes de tolerância ao calor que se baseia na capacidade de dissipação de calor pelos animais.

Desta forma, se faz necessário o conhecimento da interação entre o ambiente e o animal, e como este se comporta, através da avaliação das alterações fisiológicas em condições ambientais predisponentes a causarem estresse térmico no animal.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Geral

Avaliar a existência de estresse térmico em cabras Saanen criadas no estado do Ceará durante os períodos seco e chuvoso.

### 2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar a evolução dos elementos climáticos de temperatura e umidade relativa do ar, bem como o ITU durante o dia, dentro e fora do galpão, nos períodos seco e chuvoso;
- Avaliar se os elementos climáticos de temperatura e umidade relativa do ar influenciam na alteração dos parâmetros fisiológicos dos animais, nos períodos seco e chuvoso;
- Avaliar os parâmetros fisiológicos de cabras Saanen criadas em confinamento em dois turnos (manhã e tarde) nos períodos seco e chuvoso;
- Calcular o índice de temperatura e umidade (ITU) e correlacionar com os parâmetros fisiológicos;
- Calcular o coeficiente de tolerância ao calor – (Benezra) dos animais, comparando os dois períodos (seco e chuvoso).



### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Clima

O fluxo de energia solar incidente sobre o globo terrestre é respondido pela atmosfera, oceanos, criosfera e biosfera de várias maneiras, tais como pelo armazenamento, pela re-emissão ou redistribuição das ondas eletromagnéticas. As manifestações dinâmicas ou termodinâmicas causadas por esses processos naturais podem ser avaliadas instantaneamente (tempo) ou em um período mais longo (clima) (Blain et al., 2007).

Segundo definição pelo IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change ou Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, 1988), clima, num sentido restrito é geralmente definido como 'tempo meteorológico médio', ou mais precisamente, como a descrição estatística de quantidades relevantes de mudanças do tempo meteorológico num período de tempo, que vai de meses a milhões de anos. O período clássico é de 30 anos, definido pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM). Essas quantidades são geralmente variações de superfície como temperatura, precipitação e vento. Enquanto que num sentido mais amplo, clima é o estado, incluindo as descrições estatísticas do sistema global.

O clima é um dos componentes ambientais que exerce efeito mais pronunciado sobre o bem-estar animal e, por consequência, sobre a produção e produtividade, sendo, portanto, fator regulador ou mesmo limitador da exploração animal para fins econômicos (Pereira, 2005).

O clima predominante no Brasil é o tropical. A influência da continentalidade, maritimidade, latitude, relevo e massas de ar fazem com que, no Brasil, existam vários subtipos de clima tropical (continental, altitude e semi-árido), o subtropical e o equatorial. Mesmo dentro de uma mesma região geográfica do país, há uma diversidade climática. (Siqueira et al., 2005)

A região Nordeste do Brasil ocupa a posição norte-oriental do país entre 1° e 18° de latitude Sul e 34° 30' e 40° 20' de longitude Oeste de Greenwich. Compreende nove estados (Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia), ocupando uma área de 1.219.021,50 Km<sup>2</sup>, 53% dessa região, corresponde ao perímetro do semi-árido, que se caracteriza por longos períodos de estiagem com elevadas temperaturas durante todo o ano, o que torna inviável a agricultura local além de vir

contribuindo para uma redução de cerca de 9% na peruaria regional nos últimos anos (Pereira, 2008).

O estado do Ceará cobre uma área de 146.348 km<sup>2</sup> da região Nordeste do Brasil, onde segundo dados da Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME) apresenta uma diversidade de climas como o quente e úmido, semi-árido úmido nas regiões litorâneas bem como o semi-árido que também é um clima das regiões mais secas do nordeste, onde a temperatura média anual é de 27 °C e pluviosidade média inferior a 800 mm/ano (Pereira, 2005 citado por Rocha, 2008).

Na região litorânea do estado do Ceará está localizado o município de Pacatuba, onde se encontram pequenas propriedades de atividade pecuária, caracterizado por apresentar um clima tropical quente e úmido, pluviosidade anual de 1479,5 mm e temperatura média de 26 a 28 °C (FUNCEME/IPECE, 2009). Normalmente é difícil e dispendioso manter o bem-estar animal sob condições de clima quente e úmido (Darcan et al., 2007).

Para Head (1995) as condições climáticas das regiões de clima tropical e subtropical são os maiores desafios a serem vencidos pelos produtores, pois alteram os três processos vitais dos ruminantes: a reprodução, a produção de leite e a produção de carne.

Uma baixa produção dos animais é resultado dos múltiplos efeitos do ambiente tropical, promovendo um efeito direto do estresse ambiental, notadamente os elementos climáticos, como temperatura do ar, umidade e radiação solar, os quais frequentemente se encontram acima do ideal para ótimo desempenho do rebanho (Viana, 1990).

## **3.2. Elementos climáticos relevantes na produção animal**

O ambiente térmico, geralmente, engloba os efeitos da radiação solar, temperatura do ar (TA), umidade relativa (UR) do ar e velocidade do vento (VV) (Baeta & Souza, 1997), sendo a combinação TA - UR o principal condicionante para conforto térmico e o funcionamento geral dos processos fisiológicos (Oliveira et al., 2006).

### *3.2.1. Temperatura do Ar*

A temperatura do ar é considerada o elemento climático com influência mais importante sobre o ambiente físico do animal (McDowell, 1974), apresentando-se como o principal elemento a ser considerado nos aspectos de produção animal em confinamento (Sampaio et al., 2004).

Altas temperaturas do ar, principalmente quando associadas a umidades relativas do ar também elevadas, afetam a produção de leite, a reprodução, aumentam a mortalidade, a susceptibilidade às mais variadas doenças e causam notáveis prejuízos econômicos à atividade pecuária (Pereira, 2005).

Os parâmetros fisiológicos, temperatura retal e frequência respiratória sofrem influências climatológicas, principalmente, da temperatura ambiente, seguidas em ordem de importância, pela radiação solar, umidade relativa do ar e o movimento do ar (Lee et al., 1974).

Rocha (2008) em um trabalho realizado no município de Pacatuba-CE, objetivando-se avaliar a existência de estresse térmico em vacas leiteiras mestiças (*Bos taurus* x *Bos indicus*), registrou temperaturas máximas do ar mensais, variando de 30,0 °C a 34,9 °C durante o ano de 2006, o que ocasionou, em determinado momento do dia, a ocorrência de temperatura retal máxima de 43 °C nos meses de junho e julho.

Ferreira et al. (2006), estudando as respostas fisiológicas de bovinos cruzados ( $1/2$  Gir x  $1/2$  Holandês) submetidos ao estresse térmico, observaram no período da tarde, independente da época do ano (verão ou inverno), temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido com valores de 43 °C e 36 °C, respectivamente. Essa temperatura do ar encontra-se fora da zona de conforto térmico para maioria dos ruminantes, que segundo Nääs (1989) varia de 13 a 18 °C, ultrapassando, ainda, a temperatura crítica superior de 24 a 27 °C para bovinos leiteiros (Fuquay, 1981). O aumento da temperatura ambiente nesse estudo foi acompanhado pela elevação da temperatura retal média dos bovinos de  $38,02 \pm 0,05$  °C no turno da manhã para  $40,86 \pm 0,05$  °C no turno da tarde.

Em muitos outros estudos, a variação diurna, manhã e tarde, da temperatura do ar tem sido a origem de maior variabilidade na temperatura retal, bem como de outras variáveis fisiológicas de caprinos em clima tropical (Santos et al., 2005; Silva et al., 2006; Darcan et al., 2007; Medeiros et al., 2007; Medeiros et al., 2008; Souza, B. et al., 2008)

### 3.2.2. Umidade Relativa do ar

A umidade atmosférica é um elemento que influencia marcadamente o balanço calórico em ambientes quentes em que a perda de calor por evaporação é crucial à homeotermia (Young, 1988 citado por Neiva et al., 2004). Quando a temperatura ambiente supera o valor máximo de conforto para o animal, a umidade relativa do ar passa a ter importância fundamental nos mecanismos de dissipação de calor (Pires & Campos, 2009).

O conteúdo de vapor de água ou umidade afeta de modo significativo o ritmo de perda de calor do animal (Pereira, 2005). A taxa de resfriamento pela evaporação da pele e do trato respiratório depende, acentuadamente, da umidade do ar. A evaporação se processa rapidamente quando há menor pressão de vapor, como no caso de clima quente e seco. Quando a pressão de vapor é alta, devido à umidade relativa do ar elevada, como ocorre nas regiões quentes e úmidas, a evaporação se processa lentamente e esta limita a capacidade de perda de calor corporal para o meio ambiente, pondo em risco o equilíbrio térmico (McDowell, 1974; Pereira, 2005).

Umidade do ar com valores de 55 a 70%, segundo Sampaio et al. (2004), é uma característica desejável nas horas mais quentes, quando o animal dispõe de processos evaporativos para perda de calor, um dos principais recursos de regulação homeotérmica dos suínos em altas temperaturas.

### 3.2.3. *Radiação solar*

A radiação solar, energia emitida pelo sol, é a fonte de fenômenos meteorológicos e é constituída de vibração do éter de comprimentos de ondas distintos. Essa emissão pode ser de raios ultravioletas ou químicos, raios luminosos ou visíveis e raios infravermelhos ou térmicos (Pereira, 2005). É uma fonte de energia com muita influência nos processos atmosféricos. As variações no balanço de radiação são fundamentais nos processos atmosféricos e terrestres alterando, por exemplo, a temperatura à superfície (Souza, J. et al., 2008).

A intensidade da radiação solar está relacionada com a temperatura do ambiente onde o animal vive e influencia os tecidos que revestem seu corpo. A radiação solar direta, na faixa ultravioleta, luz visível e infravermelha, é, em parte, refletida de acordo com a cor e outras propriedades do pelame do animal, sendo a parte restante, absorvida sob a forma de calor (Starling et al., 2002).

Medeiros et al. (2008) estudando as reações fisiológicas de caprinos das raças Anglo-nubiana e Saanen mantidos à sombra, ao sol e ambiente parcialmente sombreado, constataram que as cabras expostas ao sol apresentaram temperatura retal média (41,88 °C) mais elevada que as submetidas à sombra (40,11 °C) e sombra parcial (40,23 °C). Esse resultado pode ser explicado pelo fato de a carga térmica acrescentada, recebida da radiação solar direta, resultou em aumento da quantidade de calor interno do animal.

#### 3.2.4. *Movimento do ar*

O vento atua sobre os animais domésticos através de sua influência sobre a eliminação do calor corporal na superfície do corpo. O vento, efetuando essa eliminação por convecção e, principalmente, favorecendo a evaporação, contribui para a eliminação do excesso de calor em ambiente de temperatura elevada (Medeiros & Vieira, 1997).

A velocidade com que o ar se move sobre a pele do animal tem importante ação na perda de energia. A velocidade do vento influi na maior ou menor possibilidade do animal perder calor pelo contato de sua pele com o ar. Esse mecanismo é mais notável quando a temperatura do ar é mais baixa que a do animal. Supõe-se que a velocidade do vento de 5 a 8 Km/hora seja mais adequada para termorregulação de bovinos, ovinos e búfalos nos trópicos (Pereira, 2005).

Vários estudos reportam o uso de ventilação natural ou artificial, associada ou não a outros métodos, na tentativa de reduzir a carga térmica animal (Perdomo et al., 1999; Nääs & Arcaro Júnior, 2001; Carvalho et al., 2004; Darcan & Güney, 2008), ressaltando a importância da movimentação do ar na melhoria do conforto térmico dos animais de produção.

#### 3.2.5. *Pluviosidade*

O índice pluviométrico, que mede a intensidade das chuvas, usualmente medido em mm/ano, varia grandemente nas diferentes regiões, e mesmo dentro de uma mesma região.

É importante que o regime de chuvas tenha distribuição uniforme ao longo do ano, o que raramente se verifica nos trópicos (Pereira, 2005).

Analisando o elemento precipitação, pode-se dizer que é benéfico enquanto refresca a superfície do animal, mas sob o ângulo de maior umidade relativa do ar, passa a ser maléfico para o animal sob estresse térmico. A condução causada pela chuva é mais eficiente do que a evaporação pulmonar e superficial. Portanto após a chuva mesmo com umidade maior, o animal molhado perde calor para o ambiente sendo assim beneficiado (Medeiros & Vieira, 1997).

### 3.3. Índices de conforto térmico

Vários índices têm sido desenvolvidos e usados para avaliar o conforto térmico de determinado ambiente (Pires & Campos, 2009). Normalmente, estes índices consideram os parâmetros ambientais de temperatura e umidade relativa do ar, sendo alguns acrescidos do vento e radiação. No entanto, cada parâmetro possui um determinado peso dentro do índice, conforme sua importância relativa ao animal (Sampaio et al., 2004).

Os índices de conforto térmicos mais utilizados são o de Thom (1958), denominado de índice de temperatura e umidade (ITU) que associa a temperatura e umidade relativa do ar, e o desenvolvido por Buffington et al. (1981), que propuseram o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), onde considera-se os efeitos da temperatura de bulbo seco, da umidade do ar, do nível de radiação e da movimentação do ar. Segundo muitos autores (Oliveira & Esmay, 1981 citado por Biaggioni et al., 2008; Barbosa & Silva, 1995; Sampaio et al., 2004; Neves, 2008), o ITGU é o índice que melhor caracteriza o ambiente térmico do animal, pois incorpora em um único índice o efeito de quatro elementos distintos. No entanto, para o cálculo desse índice é necessário o valor da temperatura de globo negro que é obtida a partir de um 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 externamente com tinta preta fosca. O ITGU é 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 (Buffington et al., 1981).

Uma desvantagem do uso do ITGU para se fazer o diagnóstico bioclimático de uma determinada região é a inexistência de medições da temperatura de globo negro nas estações meteorológicas distribuídas ao longo do país (Abreu et al., 2008), não sendo fácil de utilizar a nível de produtor (Rocha, 2008). Dessa forma, o ITU destaca-se por apresentar-se como método mais simples e acessível na tentativa de caracterizar o ambiente térmico, por considerar apenas os valores de temperatura e umidade relativa do ar, obtidas facilmente nas estações meteorológicas (Silanikove, 2000).

O ITU pode se calculado pelas seguintes fórmulas: de acordo com a equação desenvolvida originalmente por Thom (1958):  $ITU = T_{bs} + 0,36 T_{po} + 41,2$ , em que  $T_{bs}$  é a temperatura de bulbo seco (°C), e  $T_{po}$  é a temperatura do ponto de orvalho (°C);  $ITU = T_{bs} - 0,55 (1 - UR) (T_{bs} - 58)$ , onde  $T_{bs}$  = temperatura do ar (°F) e UR = umidade relativa do ar em decimais, segundo proposto por Kelly & Bond (1971); e  $ITU = 0,8 T_{bs} + UR (T_{bs} - 14,3) / 100 + 46,3$ , onde UR = umidade relativa (%), segundo Pires et al. (2002);

Para Hahn (1985), o cálculo do ITU é válido para animais domésticos em geral e um valor inferior ou igual a 70 indica condição normal, não estressante; entre 71 e 78 é considerado crítico; entre 79 e 83, indica perigo e acima de 83 constitui uma situação de emergência, quando calculado a partir da fórmula proposta por Thom (1958). Armstrong (1994) classificou o ambiente como capaz de promover estresse térmico no animal de acordo com a avaliação de ITU, em ameno ou brando (72 a 78), moderado (79 a 88) e severo (89 a 98), com base no cálculo do ITU proposto por Kelly & Bond (1971). Azevedo et al. (2005) baseado na temperatura retal estimaram valores críticos superiores de ITU iguais a 80, 77 e 75 para os animais dos grupos genéticos  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$  Holandês - zebu, respectivamente. Lemerle & Goddard (1986), trabalhando com gado leiteiro relataram que, a temperatura retal só aumentou quando ITU foi maior que 80, enquanto que a frequência respiratória já se mostrava elevada com valor de ITU igual a 73 e mais acentuada acima de 80. Sugere-se, portanto, que mecanismos de termorregulação, incluindo aumento na taxa de respiração, podem prevenir um aumento na temperatura retal até o valor de 80 do ITU (Silanikove, 2000).

Diversas instituições disponibilizam serviço on-line de consulta das condições climáticas como a NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) e a Universidade de Kentucky nos Estados Unidos, a qual disponibiliza um formulário para cálculo do ITU mostrando as diferentes condições do ambiente (sem estresse, perigo e emergência) para consulta de técnicos e produtores rurais (Rocha, 2008).

Outros índices também têm sido propostos e adotados para caracterizar um ambiente térmico como, por exemplo: índice de temperatura, umidade e velocidade do ar (ITUV) para galinhas poedeiras e frangos de corte, (Tao & Xin, 2003); o índice ambiental de produtividade para frangos de corte (IAPfc) (Medeiros, 2001); e o índice desenvolvido especificamente para ovinos, Índice de Conforto Térmico (ICT) estimado por Barbosa & Silva (1995).

### **3.4. Estresse térmico**

Um ambiente é considerado confortável quando o animal está em equilíbrio térmico com o mesmo, ou seja, o calor produzido (termogênese) pelo metabolismo animal é perdido (termólise) para o meio ambiente sem prejuízo apreciável ao seu rendimento. Quando isso não ocorre, caracteriza-se estresse por calor e o uso de artifícios capazes de manter o equilíbrio térmico entre o animal e o ambiente faz-se necessário (Pires & Campos, 2009).

O estresse térmico nos animais pode causar redução na ingestão e eficiência dos alimentos, e em casos extremos pode levar a morte. Essas perdas somam milhões de dólares a

cada ano. Em julho de 1999, uma onda de calor, matou acima de cinco mil cabeças de gado no norte do estado de Nebraska (Darcan et al., 2007). A resistência de um animal às altas temperaturas é definida pela sua maior ou menor capacidade em dissipar o calor corporal excessivo, conseguindo assim manter a sua temperatura corporal média dentro dos limites da homeotermia (Medeiros et al., 2007).

Um ambiente estressante provoca várias respostas, dependendo da capacidade do animal para adaptar-se. Em determinadas situações ambientais, o animal pode manter todas as suas funções vitais (manutenção, reprodução e produção) e, em outras, estabelece prioridades. É importante mencionar que a função vital prioritária do animal é a manutenção (sobrevivência). Mas tanto a manutenção quanto a reprodução e a produção estão sendo suprimidas à medida que o ambiente torna-se mais severo (Muller, 1989).

Os animais para terem máxima produtividade, dependem de uma faixa de temperatura adequada, também chamada de zona de conforto térmico ou zona de termoneutralidade, em que não há gasto de energia ou atividade metabólica para aquecer ou esfriar o corpo (Baêta & Souza, 1997; Neiva et al., 2004). Para Silanikove (2000), o conceito mais apropriado de zona de termoneutralidade implica em descrever esta interrelação entre animal e ambiente.

A zona de conforto térmico é limitada pela temperatura mínima inferior, ou seja, pela temperatura ambiental abaixo da qual o animal aciona seus mecanismos termorregulatórios no sentido de produzir calor para balancear a dissipação de calor para o ambiente frio, e pela temperatura máxima superior, que é a temperatura ambiental acima da qual ocorre a termorregulação no sentido de auxiliar o animal na dissipação de calor corporal para o ambiente (Sampaio et al., 2004). Quando a temperatura ambiente ultrapassa esses limites, ocorre redução gradativa na eficiência dos processos de ganho e perda de calor, e o animal entra em estresse pelo frio e calor, respectivamente, que é o somatório de forças externas que atuam no animal homeotérmico, a fim de deslocar sua temperatura corporal do estado de repouso (Hansen & Arechiga, 1999).

Na zona de termoneutralidade, a homeotermia é mantida pelos processos de produção e perda de calor, como radiação, convecção, condução e evaporação (Azevedo et al., 2005). Esses métodos de estimativa de transferência de calor são afetados diretamente pela temperatura do ar (Sampaio et al., 2004). Quando a temperatura ambiente se encontra abaixo da temperatura crítica inferior, a perda de calor na forma sensível (não evaporativa) predomina. Porém, quando a temperatura ambiente excede a temperatura crítica superior, predomina a dissipação de calor latente (evaporativo) (Oliveira, 2007).



O fluxo de calor sensível depende da diferença de temperatura entre o animal e o ambiente em que vive, ou seja, depende do gradiente de temperatura entre o animal e o meio. Na radiação ocorre transferência de calor sob a forma de ondas eletromagnéticas para o espaço sem que esse se aqueça (Pereira, 2005). Quando o ar frio encontra o corpo quente, a camada de ar ao redor da superfície do corpo é aquecida e sobe, afastando-se do corpo, carregando o calor, e assim resfriando o corpo por processo de convecção. Ao contrário, se a temperatura do ar é maior que a temperatura da pele, então o movimento do ar promoverá o direcionamento do calor para o animal até a temperatura do ar se igualar a temperatura da pele, quando a transferência de calor é cessada. Na condução a troca de calor (transferência) se dá pela comunicação entre dois corpos em contato direto, do mais quente para o mais frio até atingir o equilíbrio (Silanikove, 2000). Já as perdas por evaporação, pela superfície respiratória e cutânea, consistem na troca de calor mediante a mudança do estado da água de líquido para gasoso (Pereira, 2005).

Em um ambiente quente e seco, a principal via de termólise dos animais é a evaporação, tanto a cutânea como a respiratória. A vantagem da evaporação é que não depende de um diferencial de temperatura, tal como a condução, a convecção e a radiação, mas sim do diferencial de pressão de vapor entre a atmosfera e a superfície em questão (Oliveira, 2007).

O estresse térmico excessivo promove alterações na homeostase e potencial mudança das variáveis fisiológicas (temperatura retal, frequência respiratória e concentrações hormonais), podendo até mesmo ser quantificado por estas, causando grande impacto econômico na produção animal (Ferreira et al., 2006; Al-Tamimi, 2007). Sob longos períodos de exposição ao calor, os animais desenvolvem certos mecanismos para produzir menos calor (Marai, et al., 2007).

De acordo com Curtis (1983) as formas de termorregulação podem ser físicas (alterações no fluxo sanguíneo, isolamento da camada de cobertura, sudorese/ transpiração e ofegação) ou químicas (respostas músculo-esqueléticas involuntárias, respostas metabólicas por meio dos hormônios da tireóide, glicocorticóides e hormônio do crescimento, respostas simpato-adrenais, com liberação de catecolaminas).

As cabras, como outros organismos vivos, são sistemas termodinâmicos abertos, trocando energia e matéria com o ambiente. Durante o estresse térmico, o ambiente animal interno ajusta-se fisiologicamente em função das condições ambientais externas. No entanto, se os mecanismos fisiológicos, em resposta ao estresse, não forem suficientes para prevenir a hipertermia, que leva a um aumento de entropia nos processos biológicos, os animais

domésticos geralmente diminuem a ingestão alimentar e a taxa metabólica na tentativa de manter a homeotermia (Baccari et al., 1997).

### **3.5. Efeito do estresse térmico sobre os parâmetros fisiológicos de caprinos**

As adversidades climáticas alteram as condições fisiológicas dos animais e ocasionam o declínio da produção. Os parâmetros fisiológicos de temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR), temperatura superficial da pele (TS) e frequência cardíaca (FC) sofrem influência do turno do dia, uma vez que à tarde, a temperatura do ar (TA) é geralmente bem mais elevada que durante a manhã, promovendo uma elevação dessas variáveis fisiológicas (Acharya et al., 1995; Nunes et al., 2003; Silva et al., 2006; Medeiros et al., 2008; Souza, B. et al., 2008). Segundo Medeiros et al. (2007), nos animais que são normalmente ativos durante o dia, há uma variação da TR que é mínima, pela manhã e máxima no período da tarde. Porém, sob estresse térmico, principalmente no período da tarde, a variação da TR é marcante, evidenciando neste período uma hipertermia. Tal fato faz com que a TA à tarde venha a ser a origem da TR elevada nos trópicos, principalmente no verão.

Dessa forma, a temperatura retal é um importante indicador do balanço térmico animal podendo ser utilizada para avaliar o impacto do estresse térmico (Oliveira et al., 2005; Darcan et al., 2007). A FR é também comumente usada como parâmetro para medir o estresse térmico (Souza et al., 2005).

De acordo com Reece (1996) a TR normal em caprinos oscila de 38,5 a 39,7 °C, mas segundo Medeiros et al. (2007) a temperatura corporal média em caprinos dita normal é de 39 °C, observada comumente em zona de termoneutralidade. Vários fatores são capazes de causar variações na TR, tais como, temperatura do ar e umidade do ar elevadas (Magalhães et al., 1998; Darcan & Güney, 2008), bem como exposição direta do animal à radiação solar (Medeiros et al., 2008). Quando ocorre uma elevação acentuada na TA, os mecanismos termorregulatórios são acionados, aumentando a perda de calor na forma insensível através da sudorese, e aumento da FR (Oliveira et al., 2005).

Silva et al. (2005), avaliando caprinos no semi-árido paraibano, relataram um aumento da TR, FR e TS de 38,9 °C, 30,3 mov/min e 29,5 °C no turno da manhã, para 39,3 °C, 49,5 mov/min e 33,3 °C no turno da tarde, respectivamente. Esse resultado coincidiu com variação da temperatura de bulbo seco (TBS) e ITU entre os turnos da manhã (TBS = 30,03 °C e ITU = 78,23) e tarde (TBS = 35,71 e ITU = 83,52). Nesse mesmo estudo foi observado efeito do período do ano (estação fria/seca e quente/seca) apenas para TS. O redirecionamento do fluxo

sanguíneo para a superfície corporal e a vasodilatação, aumentando a temperatura da pele, facilita a dissipação de calor por mecanismos não evaporativos (condução, convecção e radiação) (Habeeb et al., 1992 citado por Souza et al., 2005). Quando a TA se eleva o gradiente térmico entre a superfície do corpo e o meio, decresce, dificultando a dissipação de calor, tendo o animal que lançar mão de mecanismos evaporativos (sudorese e/ou frequência respiratória) para perder calor (Souza, B. et al., 2008).

A frequência respiratória para caprinos é considerada normal quando apresenta valor médio de 15 movimentos respiratórios por minuto, podendo esses valores, variar entre 12 e 25 mov/min (Reece, 1996). Os animais utilizam o aumento da FR como uma forma de manter a temperatura corporal dentro do patamar fisiológico, através da evapotranspiração pulmonar (Martins Jr. et al., 2007b). A FR alta pode ser uma maneira eficiente de perder calor por curtos períodos, mas caso mantido por várias horas poderá resultar em sérios problemas para os animais. A respiração acelerada e contínua pode interferir na ingestão de alimentos e ruminação, adicionar calor endógeno a partir da atividade muscular e desviar a energia que poderia estar sendo utilizada em outros processos metabólicos e produtivos (Souza et al., 2005).

A frequência cardíaca (FC) é influenciada pela espécie, raça, idade, trabalho muscular e temperatura ambiente (Kolb, 1987). Mediros et al. (2007) analisando o efeito da idade e da cor do pelame sobre as características fisiológicas de caprinos sem padrão racial definido, à sombra, verificaram efeito do turno nos batimentos cardíacos, sendo mais elevado no período da tarde. A FC é controlada pela interação dos centros cardioinibidor e cardioacelerador na medula oblonga, os quais, por sua vez, estão sob a influência do sistema nervoso central, incluindo o hipotálamo e o sistema límbico. A temperatura ambiental, além de outras variáveis fisiológicas, pode alterar o tônus vagal intensificando a atividade do centro cardioacelerador e vasoconstritor, elevando, portanto a FC (Souza et al., 2007). Presumivelmente, o calor excessivo aumenta a permeabilidade iônica da membrana celular, resultando em aceleração do processo de auto-excitação (Guyton & Hall, 2002). Para Al-Tamimi (2007), o aumento da FC pode ser atribuído a duas causas potenciais. Primeiro, devido ao aumento da atividade muscular para controlar o aumento simultâneo da FR. Segundo, porque ocorre uma redução na resistência vascular periférica que promove uma maior perfusão periférica para dissipar calor através da pele.

### 3.6. Medidas de adaptabilidade animal ao meio ambiente

Considerando que o estresse térmico tem sido reconhecido como importante fator limitante da produção animal nos trópicos, há uma necessidade de se conhecer a tolerância e a capacidade de adaptação das diversas espécies e raças de interesse zootécnico (Silva et al., 2006).

A adaptabilidade pode ser medida ou avaliada pela habilidade que tem o animal em se ajustar às condições médias ambientais de climas adversos, com mínima perda no desempenho e conservando alta taxa reprodutiva, resistência às doenças e baixo índice de mortalidade (Hafez, 1973). Para Baccari Jr. (1990), as avaliações de adaptabilidade dos animais aos ambientes quentes podem ser realizadas por meio de testes de adaptabilidade fisiológica e de rendimento ou produção.

Mesmo considerando as espécies mais tolerantes ao calor, como é o caso dos caprinos, que é tida como menos susceptíveis ao estresse ambiental em temperaturas críticas, reduzem a sua eficiência bioenergética prejudicando o resultado de sua produtividade (Lu, 1989).

Crítérios de tolerância e adaptação dos animais a um dado ambiente podem também ser determinados principalmente por meio da mensuração das variáveis fisiológicas, tais como temperatura retal, frequência respiratória, frequência cardíaca (Abi Saab & Sleiman, 1995) e temperatura superficial (Santos et al., 2005; Souza, B. et al., 2008). No entanto, Starling et al. (2002) avaliando a adaptabilidade de ovinos ao clima tropical baseado nas alterações das variáveis fisiológicas, temperatura retal e frequência respiratória, mostrou resultados insuficientes.

Vários índices de tolerância ao calor (ITC) foram desenvolvidos para avaliar a adaptação fisiológica dos ruminantes em nível de campo.

O teste de Ibéria, desenvolvido por Rhoad na Estação Experimental de Ibéria, na Louisiana – Golfo do México em 1944 foi usado para bovinos. Utiliza somente valores de temperatura retal, medidas duas vezes ao dia, a primeira às 10 horas e a segunda às 15 horas, repetindo-se durante três dias. A temperatura retal média (TRm) final em °C deverá ser determinada e esta será um índice que passará a ser chamado de coeficiente de tolerância ao calor (CTC), obtido pela seguinte fórmula:  $CTC = 100 - 18 (TRm - 38,3 \text{ } ^\circ\text{C})$ . Os valores variam de 0 a 100, e mostram que quanto mais próximo de 100 indica maior resistência às condições tropicais (Müller, 1989).

A avaliação do ITC proposto por Baccari Jr. et al. (1986) consiste em manter os animais à sombra por um período de duas horas, em seguida verificando e registrando a

temperatura retal (TR1 °C); logo após os animais são submetidos à radiação solar direta durante uma hora, sendo posteriormente reconduzidos à sombra onde permanecem por igual período de tempo, quando é tomada novamente a temperatura retal (TR2 °C). O teste deve ser realizado em dias com ausência de nebulosidade. As médias das temperaturas retais são aplicadas à fórmula:  $ITC = 10 - (TR2 - TR1)$ , onde o resultado é representado pelo inverso da elevação da temperatura retal após exposição à radiação solar direta, numa escala de 0 a 10, e quanto mais próximo de 10 for o índice mais tolerante é o animal.

O teste de Benezra foi realizado a primeira vez na Venezuela (Muller, 1989). Foi desenvolvido para bovinos e não leva em conta apenas a temperatura retal, mas associa à respiração como outro parâmetro a ser considerado na medida de adaptabilidade. O coeficiente de adaptabilidade (CA) é obtido segundo a fórmula:  $CA = TR/38,33 + FR/23$ , onde TR é a temperatura retal em °C e FR a frequência respiratória em mov/min. Quanto mais próximo de 2, mais adaptado ao calor é o animal. Alguns estudos estão sendo realizados adaptando o teste de Benezra à espécie de interesse e incluindo a frequência cardíaca à fórmula (Martins Jr. et al., 2007a; Oliveira et al., 2008).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Local do Experimento

O presente trabalho foi realizado no Sítio Esperança, pertencente ao Lar Antonio de Pádua, situado no município de Pacatuba - CE, distante 16 km de Fortaleza e, localizado a latitude de 3°53'49,9'' Sul, longitude de 38°34'32,5'' Oeste. O experimento foi conduzido durante o período seco, de outubro a dezembro de 2008, e período chuvoso, de março a maio de 2009. O clima da região caracteriza-se como sendo quente e úmido, com temperatura média de 26 a 28 °C e pluviosidade anual de 1479,5 mm (FUNCEME, 2009).

### 4.2. Animais Experimentais

O experimento contou com 15 cabras da raça Saanen, de composição genética 7/8, 15/16 e PC (puro por cruza), entre dois e quatro anos de idade, com peso médio de  $52,43 \pm 7,04$  Kg, devidamente vermifugadas e vacinadas. Foram utilizadas fêmeas em diferentes ordens de parto, porém mesma fase de lactação. As cabras foram ordenhadas manualmente às 03h30min da manhã e 13h30min da tarde em sala de ordenha com plataforma.

As cabras foram criadas em sistema intensivo em galpão de alvenaria, coberto por telhas de barro, mantidas em baias coletivas com piso de estrado ripado suspenso, apresentando orientação leste-oeste. Cada baia possuía um solário que recebia radiação solar direta, tendo os animais livre acesso durante todo o dia. A alimentação foi fornecida duas vezes ao dia (6 h e 15 h) à base de 70% de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e 30% de leucena (*Leucaena leucocephala*), ambos na forma verde picado e suplementação concentrada com 23% de PB, na quantidade de 1,6 kg de concentrado por animal/dia (0,8 kg pela manhã e 0,8 kg à tarde). As cabras tinham acesso a água potável e sal mineral à vontade. As dietas foram balanceadas atendendo às exigências de manutenção e produção de leite.

### 4.3. Procedimento Experimental

#### 4.3.1. Variáveis climáticas

A temperatura do ar (TA) e umidade relativa do ar (URA) foi obtida na propriedade por intermédio de um termohigrômetro digital INCONTERM, posicionado na altura do centro

de massa do animal, a cada hora, das 8 às 16h, dentro e fora do galpão, nos mesmos dias das avaliações dos parâmetros fisiológicos.

#### 4.3.2. Cálculo do Índice de Temperatura e Umidade (ITU)

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) foi calculado para cada hora de registro dos dados a partir do modelo definido por THOM (1959):

$ITU = 0,8 \times T + (UR (\%) / 100) \times [(T - 14,4) + 46,4]$ , onde:

T = Temperatura em °C

UR = Umidade Relativa do ar

#### 4.3.3. Parâmetros fisiológicos

Foi realizado o acompanhamento dos parâmetros fisiológicos (temperatura retal, temperatura superficial, frequência respiratória e frequência cardíaca) dos animais. As aferições foram efetuadas duas vezes por semana, em dois horários: 9h e 14h, no período seco e chuvoso.

##### 4.3.3.1. Temperatura Retal (TR)

A temperatura retal (TR) foi obtida utilizando um termômetro clínico veterinário INCOTERM L279/04, com escala até 44°C, introduzido diretamente no reto do animal a uma profundidade de cinco cm, de forma que o bulbo ficasse em contato com a mucosa do animal por um período de dois minutos.

##### 4.3.3.2. Temperatura Superficial (TS)

A temperatura superficial (TS) foi obtida usando-se um termômetro infravermelho digital 230c Impac. As medidas foram tomadas a aproximadamente sete cm da pele, em cinco pontos distintos do corpo do animal: frente, costela, flanco, perna e úbere, sendo a temperatura superficial expressa pela média desses cinco pontos.

#### 4.3.3.3. Frequência Respiratória (FR)

A frequência respiratória (FR) foi determinada por meio de uma avaliação visual, observando os movimentos do flanco, contando-se durante 15 segundos, e o valor multiplicado por quatro, determinando os movimentos por minuto ( $\text{mov.min}^{-1}$ ).

#### 4.3.3.4. Frequência Cardíaca (FC)

A frequência cardíaca foi aferida através da contagem dos batimentos cardíacos por meio de um estetoscópio flexível, diretamente na região torácica esquerda, contando-se o número de batimentos durante 15 segundos, e o valor obtido multiplicado por quatro, determinando os batimentos por minuto ( $\text{bat.min}^{-1}$ ).

#### 4.3.4. Coeficiente de tolerância ao calor

A tolerância dos animais ao calor foi avaliada pelo teste de Benezra segundo Muller (1989), com adaptações para espécie caprina que calcula o coeficiente de adaptabilidade dos animais, onde quanto mais próximo de 2 for este índice, mais adaptado ao calor é o animal. Este índice é obtido através da seguinte fórmula:

$$CA = TR/39,1 + FR/19$$

Onde:

CA = Coeficiente de adaptabilidade.

TR = Temperaturas retais ( $^{\circ}\text{C}$ ), medidas às 9h e às 14h.

FR = Frequência respiratória ( $\text{mov/min}$ ), medidas às 9h e às 14h.

39,1 = Temperatura retal média normal considerada para caprinos.

19 = Frequência respiratória média normal para caprinos.

#### 4.4. Análise Estatística

Os dados ambientais (temperatura do ar, umidade relativa do ar e índice de temperatura e umidade) e os parâmetros fisiológicos (temperatura retal, temperatura superficial, frequência respiratória e frequência cardíaca) foram expressos em média e erro-padrão. Foi realizado um



estudo de análise de variância utilizando-se o modelo GLM (General Linear Model) do programa estatístico SYSTAT versão 12 para verificar o efeito do turno do dia e período do ano e da interação turno x período do ano sobre os diversos parâmetros fisiológicos acima citados. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Procedeu-se ainda um estudo de correlações simples de Pearson ( $P < 0,01$ ) para verificar a magnitude e direção da proporcionalidade das variâncias dos dados ambientais e os diversos parâmetros fisiológicos observando a independência das variâncias dos pares de observações utilizados.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Variáveis climáticas

Os dados obtidos com as variáveis climáticas que caracterizaram o ambiente térmico dentro e fora do galpão, de hora em hora, a partir das 8 h até as 16 h, durante os períodos seco e chuvoso, constam nas figuras 1 e 2.

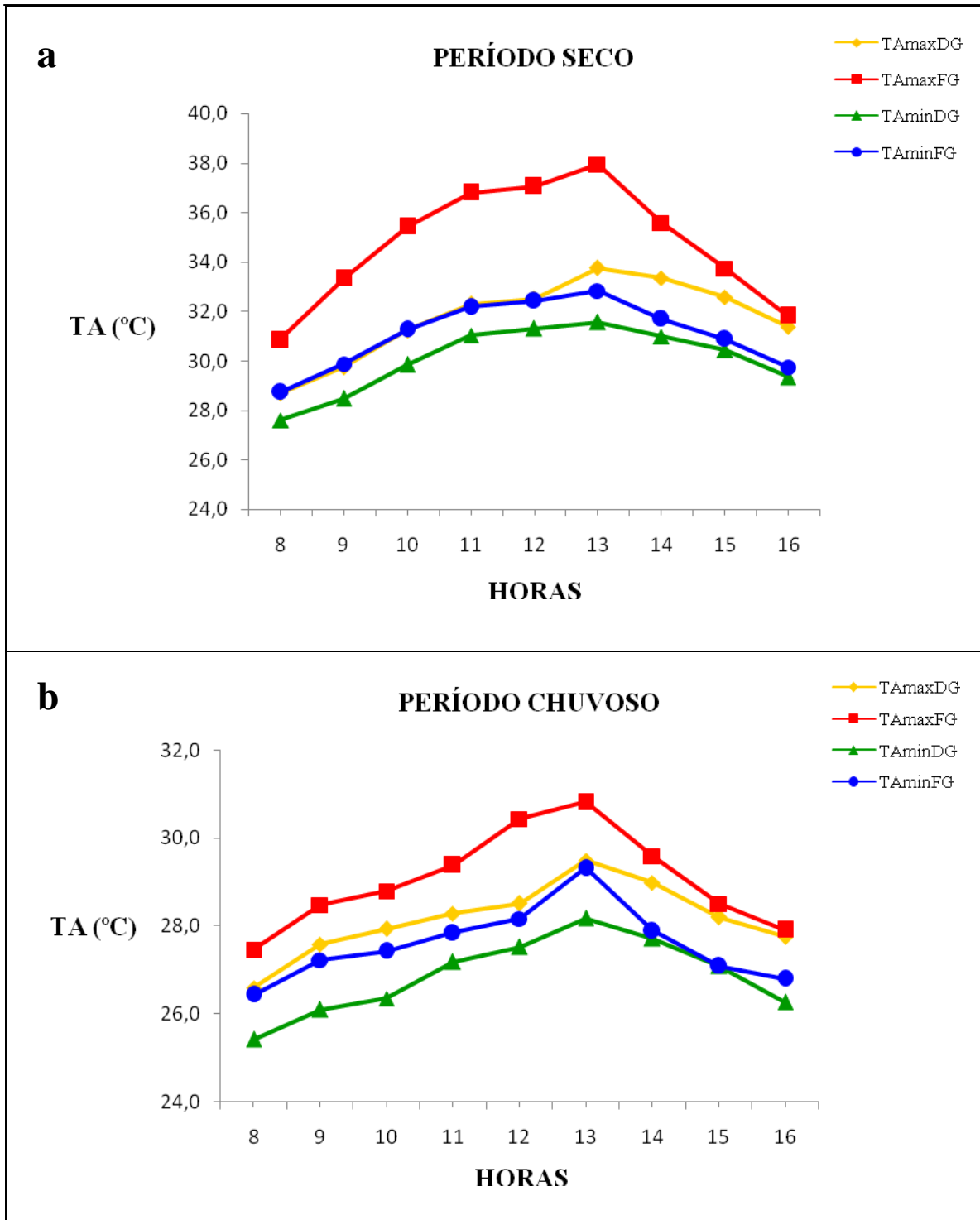
#### 5.1.1. Temperatura do ar (TA)

No período seco, as temperaturas máximas (T<sub>Amax</sub>) e mínimas (T<sub>Amin</sub>) foram maiores fora do galpão (FG) que dentro do galpão (DG), diferindo estatisticamente ( $P < 0,05$ ) em todas as horas, exceto às 16 h (Figura 1a). Já no período chuvoso, apesar de a T<sub>Amax</sub> e T<sub>Amin</sub> fora do galpão também apresentarem-se mais elevadas que dentro do galpão (Figura 1b), estas só diferiram estatisticamente ( $P < 0,05$ ) às 12 h para a T<sub>Amax</sub> (FG – 30,4°C; DG – 28,5°C) e às 13 h para a T<sub>Amin</sub> (FG – 29,3; DG – 28,2°C). A temperatura dentro do galpão, tanto a máxima quanto a mínima, revelou-se sempre menor, devido à proteção conferida pelas instalações contra a radiação solar incidente, proporcionando maior conforto aos animais quando submetidos à sombra.

Um estudo realizado com caprinos exóticos e naturalizado no semi-árido nordestino registrou média de temperatura ambiente máxima ao sol bem superior a observada neste estudo (Santos et al., 2005). Martins Jr. et al. (2007b) trabalhando com animais Boer e Anglo-nubiano no Maranhão, constataram tanto no período seco quanto no chuvoso, temperaturas do ar médias de  $36,07 \pm 1,96$  °C e  $31,80 \pm 2,91$ , respectivamente, apresentando-se maiores que as observadas nesse estudo para o mesmo horário (entre 14 e 15 horas).

Verificou-se uma variação diurna da temperatura do ar, que segundo alguns autores (Medeiros et al., 2007; Santos et al., 2005), tem sido a origem de maior variabilidade na temperatura retal de caprinos em clima tropical.

A análise de variância mostrou diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os períodos, sendo os maiores valores de temperatura ambiente, dentro e fora do galpão, encontrados no período seco. Sampaio et al. (2004) trabalhando com suínos em condições tropicais observaram temperaturas mais amenas no inverno tanto na área sombreada quanto na área não sombreada. As temperaturas do ar mais amenas no período chuvoso ou na estação de inverno se devem a menor radiação solar direta incidente por conta de maior nebulosidade.



**Figura 1.** Variações de temperatura do ar máxima (TAmox) e mínima (TAmin) dentro do galpão (DG) e fora do galpão (FG), das 8 às 16 h, nos períodos seco (a) e chuvoso (b) em clima tropical quente e úmido.

Considerando os valores sugeridos por Baeta e Souza (1997) de 20 a 30 °C, como zona de conforto térmico (ZCT) para caprinos, a TAmox fora do galpão no período seco apresentou

resultados acima dessa zona em todos os horários, enquanto que a TAm<sub>ax</sub> dentro do galpão apresentou essa mesma característica apenas após as dez horas da manhã. A temperatura mínima também ultrapassou a ZCT a partir das 10 h fora do galpão e 11h dentro do galpão até as 15 horas. No período chuvoso, só esteve acima da ZCT, a TAm<sub>ax</sub> fora do galpão as 12 (30,4 °C) e 13 horas (30,8 °C).

Os valores de temperatura apresentaram uma elevação gradual durante o dia, até alcançarem o seu máximo por volta das 13 horas, observando uma TAm<sub>ax</sub> no período seco fora do galpão de 38,0°C, estando este valor acima da temperatura crítica superior para caprinos, que segundo Baeta e Souza (1997) é de 35 °C.

No entanto, a avaliação apenas dessa variável não é determinante para caracterizar o efeito do ambiente sobre o animal, sendo necessário observar a interação da temperatura ambiente com outras variáveis, tais como a umidade relativa do ar.

#### 5.1.2. Umidade relativa do ar (URA)

A diferença entre a umidade relativa do ar máxima (URAm<sub>ax</sub>) dentro e fora do galpão foi significativa ( $P < 0,05$ ) apenas às 8 h no período seco, enquanto que a umidade relativa do ar mínima (URAm<sub>in</sub>) foi menor fora do galpão até as 13 h ( $P < 0,05$ ), não apresentando diferença estatística às 14 h quanto ao local (DG e FG), e mostrando-se mais elevada ( $P < 0,05$ ) fora do galpão as 15 e 16 horas (Figura 2a). No período chuvoso tanto a umidade relativa do ar máxima quanto a mínima não revelaram diferença estatística em nenhum horário (Figura 2b).

Houve diferença estatística ( $P < 0,05$ ) em todos os horários entre os períodos quanto a URAm<sub>ax</sub> e URAm<sub>in</sub>, dentro e fora do galpão, sendo os valores sempre maiores no período chuvoso, quando é observado maior precipitação. Martins Jr. et al (2007b) também verificaram que a umidade relativa do ar média na época chuvosa ( $81,22 \pm 8,36$ ) foi superior à da época seca ( $55,20 \pm 11,72$ ), havendo ainda variação durante o dia, com maior elevação nos primeiros horários da manhã, sendo os valores maiores que as médias de URAm<sub>ax</sub> observadas neste estudo.

Rocha (2008), ao avaliar o estresse térmico em vacas leiteiras mestiças (*Bos taurus* x *Bos indicus*) criadas em clima tropical quente e úmido, constataram o mesmo padrão diário de evolução da umidade relativa do ar que neste experimento, relatando a maior média percentual no período da manhã (67,26%) e, conseqüentemente, menor à tarde (55,16%).

No tocante à perda de calor pelo animal para o ambiente, os mecanismos não-evaporativos (condução, convecção e irradiação), e os mecanismos evaporativos (respiração e sudação) tornam-se ineficientes em condição ambiental de elevada umidade relativa do ar (Pereira, 2005), podendo ocasionar um quadro de estresse térmico, quando associado à temperatura do ar também elevada.

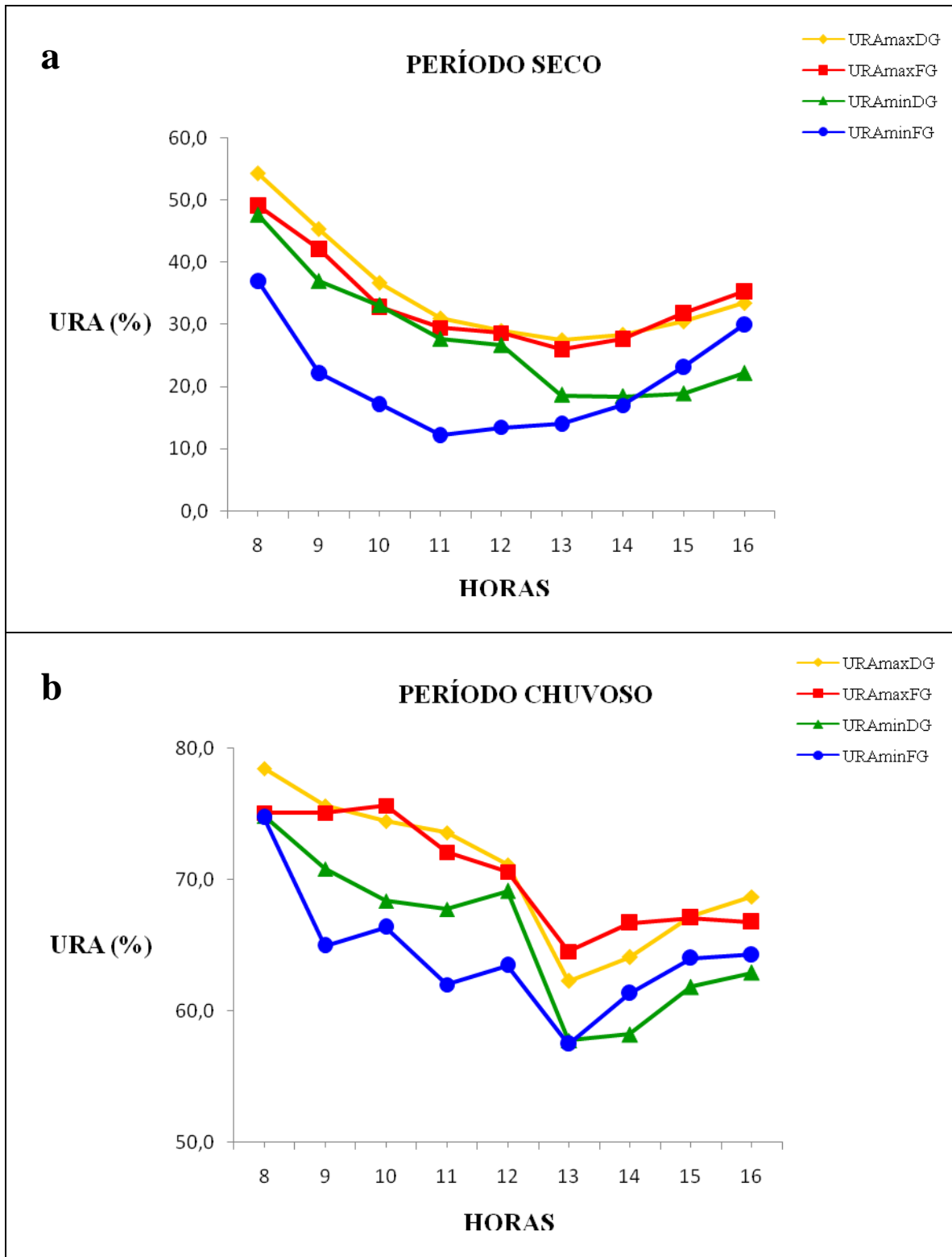
A umidade relativa do ar apresentou uma evolução praticamente contrária ao da temperatura ambiente, revelando uma média menor às 13 horas, quando a temperatura do ar foi máxima. Este fato reveste-se de importância para o animal, pois possibilita a perda de calor para o ambiente através de mecanismos evaporativos (respiração e sudação). Essa mesma característica inversa entre temperatura ambiente e umidade relativa do ar foi observada por outros autores (Sampaio et al., 2004; Rocha 2008).

## **5.2. Índice de temperatura e umidade (ITU)**

A avaliação das variáveis climáticas, separadamente, não consegue prever o nível de conforto térmico ambiental ao qual o animal está submetido, sendo necessária a análise do efeito combinado dessas variáveis, o que pode ser obtido pelo cálculo de índices de conforto térmico, tal como o ITU, que considera o efeito associado da temperatura e umidade relativa do ar.

O ITU<sub>max</sub> foi mais elevado fora do galpão ( $P < 0,05$ ) em todos os horários no período seco (Figura 3a), enquanto que no período chuvoso as médias dentro e fora do galpão diferiram estatisticamente ( $P < 0,05$ ) apenas entre 9 e 14 horas (Figura 3b). As médias de ITU<sub>min</sub> no período seco foram menores fora do galpão das 10 até as 12 horas e maiores as 15 e 16 horas ( $P < 0,05$ ) quando comparadas com o ITU<sub>min</sub> dentro do galpão (Figura 3a). Já o ITU<sub>min</sub> no período chuvoso, somente apresentou diferença estatística ( $P < 0,05$ ) no horário de 13 horas, sendo menor dentro do galpão (Figura 3b).

Sampaio et al. (2004), trabalhando com suínos em clima temperado úmido, não constataram diferença estatística para ITU nos ambientes avaliados no verão, sombreado e não sombreado.



**Figura 2.** Variações da umidade relativa do ar máxima (URAMax) e mínima (URAMin) dentro do galpão (DG) e fora do galpão (FG), das 8 às 16 h, nos períodos seco (a) e chuvoso (b) em clima tropical quente e úmido.

Pelos valores máximos de ITU, verifica-se que dentro do galpão em todos os horários no período seco, às 16 h fora do galpão no período seco, entre 8-10 h e 14-16 h dentro do galpão no período chuvoso e 8, 15 e 16 h fora do galpão no período chuvoso, os animais estavam sujeitos a uma condição crítica (ITU entre 71 e 78), segundo Hahn (1985). No entanto, de 8 as 15 h fora do galpão no período seco, 12 e 13 h dentro do galpão no período chuvoso e de 9 as 14 h fora do galpão no período chuvoso, o ambiente apresentou-se bastante prejudicial, mostrando uma condição de perigo (ITU entre 79 e 83) e em determinados momentos até de emergência (ITU maior que 83) para os animais, ainda de acordo com Hahn (1985).

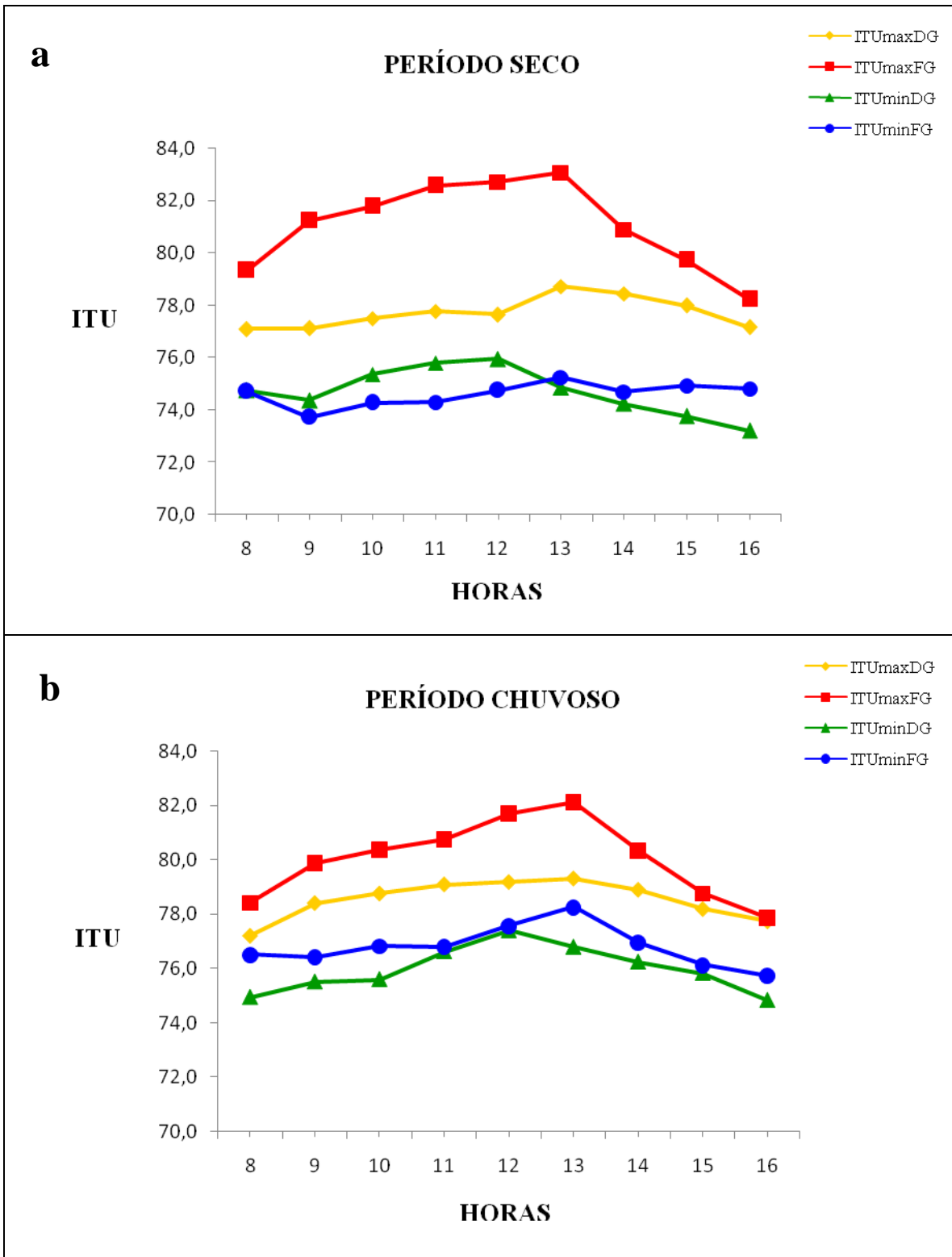
Já para os dados de mínima, em todos os horários, dentro e fora do galpão nos períodos seco e chuvoso, o ambiente apresentou-se em situação crítica de conforto, variando de 73,20 a 78,30.

Ao avaliar os parâmetros fisiológicos de caprinos sem raça definida, pretos e brancos, à sombra, em clima tropical úmido, na estação chuvosa, Medeiros et al. (2007), obtiveram valores de ITU, pela manhã, das 7 às 11 h variando de 73,88 a 76,66 e no período da tarde o ITU variou de 80,61 a 82,76, caracterizando o turno da tarde como o mais desfavorável, semelhante ao observado pelo presente experimento. Esse resultado é importante para adequar o manejo dos animais, evitando fazê-lo em horários do dia mais estressantes.

Ao se comparar os períodos, o ITU<sub>max</sub> dentro do galpão foi maior no período chuvoso entre 9 e 12 horas e fora do galpão entre 9 e 11 horas ( $P < 0,05$ ). Nos outros horários não houve diferença significativa. Para as médias de ITU<sub>min</sub>, dentro do galpão os maiores valores foram observados para o período chuvoso, com diferença estatística das 12 às 16 horas, enquanto que fora do galpão, só não houve diferença às 16 horas, observando-se nos outros horários, médias maiores também no período chuvoso.

Pelos valores de ITU deste experimento, constata-se que o período chuvoso é o mais propício a causar estresse nos animais. Dados de ITU relatados no experimento de Martins Júnior et al. (2007a) realizado no Maranhão, foram maiores também no período chuvoso.

Pode-se observar ainda pelos valores de ITU encontrados que nas duas condições, dentro e fora do galpão, os animais estiveram submetidos a algum nível de estresse, que segundo Neiva et al. (2004), na sombra (dentro do galpão) deve-se à condição de alta umidade, e no sol (fora do galpão), devido à alta carga térmica recebida. Entretanto, de acordo com Rocha (2008), a elevação do ITU está mais relacionada com a temperatura ambiente



**Figura 3.** Variações do índice de temperatura e umidade máximo (ITUmax) e mínimo (ITUmin) dentro do galpão (DG) e fora do galpão (FG), das 8 às 16 h, nos períodos seco (a) e chuvoso (b) em clima tropical quente e úmido.



por apresentar uma correlação alta e positiva ( $r=0,84$ ;  $P<0,05$ ) do que com a umidade relativa apresentando uma correlação média e negativa ( $r= - 0,53$ ;  $P<0,05$ ).

Assim como o ocorrido com a TA, o ITU foi maior às 13 horas, apresentando-se, dessa forma, como o momento de maior desconforto térmico, sendo mais propício a causar estresse térmico nos animais. Nesse horário foram constatados dentro do galpão ITU<sub>max</sub> de 78,7 no período seco e 79,3 no período chuvoso, caracterizando condição crítica e de perigo, respectivamente, segundo Hahn (1985). Fora do galpão a média de ITU<sub>max</sub> foi de 83,1 e 82,1 para o período seco e chuvoso, respectivamente. Esse valor de ITU<sub>max</sub> às 13 h fora do galpão no período seco, já é caracterizado como emergência, sugerindo que caso esses animais fossem criados em sistema de pastejo, enfrentariam, principalmente nesse horário, um ambiente hostil, podendo ocasionar uma condição de estresse térmico mais grave no animal.

Azevedo et al. (2005), ao estimar valores críticos de ITU para vacas leiteiras mestiças Holandês-Zebu (1/2, 3/4 e 7/8 HZ) com produção média de leite superior a 10L/dia, verificaram que valores de ITU iguais a 63, 61 e 60, ocasionaram aumento da frequência respiratória nos grupos genéticos 1/2, 3/4 e 7/8 HZ, respectivamente. Quanto à temperatura retal, esta aumentou a partir de ITU igual a 72, 67 e 63.

Em um estudo com cabras Alpinas, Brasil et al. (2000) verificaram que animais estressados, submetidos a um ambiente com ITU de 86,47 de 8 até 17 h, produziram menos leite, com menores teores de gordura, proteína, lactose e sólidos totais. Esse caso infere ao fato de que o ambiente pode ser determinante na produção animal.

### 5.3. Parâmetros fisiológicos

Observa-se na tabela 1 que houve efeito de turno e período sobre todos os parâmetros fisiológicos, com diferenças significativas ( $P<0,01$ ) entre os turnos dentro do mesmo período e dos turnos entre os períodos, exceto para a temperatura retal no turno da manhã, onde não houve diferença significativa ( $P<0,01$ ) entre os períodos seco e chuvoso. Sendo que, a TR foi o único parâmetro que se apresentou maior no período chuvoso, com diferença significativa apenas para o turno da tarde (PS -  $39,17 \pm 0,02$  X PC -  $39,30 \pm 0,03$ ), e os demais parâmetros fisiológicos, superiores no período seco. Todos os parâmetros fisiológicos foram mais elevados à tarde que pela manhã.

**Tabela 1.** Médias  $\pm$  erro-padrão, valor de máxima e mínima das variáveis fisiológicas e ITU coletados de cabras Saanen em clima tropical quente e úmido.

VARIÁVEIS		PERÍODO			
		SECO		CHUVOSO	
		Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
TR (°C)	Média	38,91 $\pm$ 0,02 <sup>aA</sup>	39,17 $\pm$ 0,02 <sup>bB</sup>	38,90 $\pm$ 0,02 <sup>aA</sup>	39,30 $\pm$ 0,03 <sup>bC</sup>
	Máx.	40,30	40,50	40,90	41,30
	Mín.	38,00	38,60	38,40	38,60
TS (°C)	Média	32,99 $\pm$ 0,05 <sup>aA</sup>	35,23 $\pm$ 0,04 <sup>bC</sup>	30,53 $\pm$ 0,07 <sup>aB</sup>	31,65 $\pm$ 0,09 <sup>bD</sup>
	Máx.	34,90	36,70	32,90	34,50
	Mín.	29,90	33,30	28,10	28,90
TSU (°C)	Média	35,05 $\pm$ 0,05 <sup>aA</sup>	36,75 $\pm$ 0,03 <sup>bC</sup>	31,97 $\pm$ 0,08 <sup>aB</sup>	33,04 $\pm$ 0,09 <sup>bD</sup>
	Máx.	37,60	38,20	34,20	35,60
	Mín.	32,10	35,30	29,10	29,40
FR (mov/min)	Média	62,46 $\pm$ 1,05 <sup>aA</sup>	87,18 $\pm$ 1,16 <sup>bC</sup>	52,56 $\pm$ 1,12 <sup>aB</sup>	78,59 $\pm$ 1,22 <sup>bD</sup>
	Máx.	116,00	160,00	100,00	116,00
	Mín.	32,00	36,00	24,00	32,00
FC (bat/min)	Média	96,13 $\pm$ 0,66 <sup>aA</sup>	102,68 $\pm$ 0,71 <sup>bC</sup>	88,38 $\pm$ 0,85 <sup>aB</sup>	96,03 $\pm$ 0,87 <sup>bD</sup>
	Máx.	136,00	144,00	132,00	156,00
	Mín.	72,00	76,00	40,00	68,00
ITU MÁX	Média	77,39 $\pm$ 0,07 <sup>aA</sup>	78,98 $\pm$ 0,07 <sup>bC</sup>	79,01 $\pm$ 0,05 <sup>aB</sup>	81,17 $\pm$ 0,07 <sup>bD</sup>
	Máx.	79,15	81,34	80,25	83,50
	Mín.	74,72	76,68	76,74	79,52
ITU MÍN	Média	74,16 $\pm$ 0,12 <sup>aA</sup>	75,19 $\pm$ 0,07 <sup>bC</sup>	75,57 $\pm$ 0,16 <sup>aB</sup>	76,53 $\pm$ 0,09 <sup>bD</sup>
	Máx.	76,99	76,93	78,05	78,62
	Mín.	78,30	72,11	67,52	73,41

TR – Temperatura retal; TS – Temperatura superficial da pele; TSU – Temperatura superficial do úbere; FR – Frequência respiratória; FC – Frequência cardíaca; ITU MÁX – Índice de temperatura e umidade máximo; ITU MÍN – Índice de temperatura e umidade mínimo.

<sup>a,b</sup> Médias nos turnos dentro de cada período, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma linha são diferentes (P<0,01).

<sup>A,B</sup> Médias nos turnos entre os períodos, seguidas de letras maiúsculas distintas, na mesma linha, são diferentes (P<0,01).

Avaliando-se o ITU calculado no momento da coleta dos dados fisiológicos, podemos constatar que tanto o ITUmax quanto o ITUmin apresentaram diferença estatística (P<0,01) quanto ao turno e período. Os valores de ITU acompanharam o mesmo comportamento dos parâmetros fisiológicos nos turnos dentro do período, sendo as maiores médias observadas no turno da tarde. Já o ITU entre os períodos ocorre conforme a TR à tarde, mostrando-se mais elevado no período chuvoso, independente do turno.

Pelas médias apresentadas na tabela 2, pode-se constatar que os animais mantiveram sua temperatura retal dentro do intervalo considerado normal para a espécie, de 38,5 a 39,7 °C (Reece, 1996). No entanto, pelos valores máximos de 40,3 °C, 40,5 °C, 40,9 °C e 41,3 observados nos turnos manhã e tarde do período seco e chuvoso, respectivamente, sugere-se que, em algum momento, os mecanismos de perda de calor não foram eficientes, resultando em hipertermia de alguns animais.

À tarde, a TR foi significativamente ( $P < 0,01$ ) mais elevada que pela manhã, provavelmente devido à carga térmica adicional recebida, resultando em aumento do calor interno, corroborando com o verificado por outros autores (Brasil et al., 2000; Nunes et al., 2003; Silva et al., 2005; Souza et al., 2005, Silva et al., 2006; Medeiros et al., 2008).

Animais que são normalmente ativos durante o dia, há uma variação normal na temperatura corporal, que é mínima pela manhã e máxima no início da tarde. Mas sob estresse térmico, notadamente no período da tarde, esta variação é muito marcante, evidenciando nesse período, algumas vezes, uma hipertermia. De acordo com Medeiros et al. (2008), tal fato faz com que à tarde a temperatura ambiente venha a ser a origem da temperatura corporal elevada dos animais nos trópicos, principalmente no verão.

Neste experimento a média da TR foi mais elevada no turno da tarde do período chuvoso (39,3 °C), com valor máximo de 41,3 °C, exatamente quando foi registrado o maior valor de ITU (81,17), atingindo o valor máximo de 83,50, que caracteriza condição de perigo, segundo Hahn (1985). Esse valor de ITU tão elevado no período chuvoso provavelmente se deve ao fato de que apesar da temperatura do ar ser mais amena nessa época, esta não diminui tanto, estando muitas vezes ainda acima da zona de termoneutralidade, e, em contrapartida, a umidade relativa do ar se elevou bastante. Essa condição torna-se estressante, pois os mecanismos de perda de calor por evapotranspiração ficam prejudicados por conta da umidade do ar elevada dificultando, assim, a manutenção da temperatura corporal dentro dos limites normais.

Média de TR igual a 41,32 °C à tarde foi observado em caprinos Saanen, em um estudo realizado para verificar as reações fisiológicas de caprinos das raças Anglo-nubiana e Saanen mantidos à sombra, sol e ambiente parcialmente sombreado, sendo a temperatura retal de ambas as raças no turno da tarde, independente do local, superior a temperatura corporal fisiológica normal (Medeiros et al., 2008).

Silva et al. (2006), ao avaliarem a adaptabilidade de caprinos exóticos e nativos no semi-árido paraibano, também observaram elevação da TR no turno da tarde, quando o valor de ITU na sombra foi de 82,25 e no sol de 93,58, traduzindo uma condição estressante.

Os resultados do presente experimento foram obtidos com os animais confinados, à sombra, portanto, é possível que quando criados de forma extensiva, a temperatura corporal de várias cabras, se não todas, ultrapasse os limites normais preconizados para caprinos, levando a uma redução na eficiência produtiva e reprodutiva do animal, devido ao desvio de energia para tentar manter a homeotermia.

Houve efeito significativo ( $P < 0,01$ ) na TS e TSU das cabras entre os turnos manhã e tarde, bem como entre os períodos seco e chuvoso, conforme tabela 1. As maiores médias foram observadas no turno da tarde e no período seco, quando foram detectadas as maiores temperaturas do ar. A condução térmica tem grande importância no processo de dissipação de calor, desde o núcleo central até a superfície da pele do animal, e da superfície para o meio que o rodeia (McDowell, 1972). Segundo Habeeb et al. (1992), o redirecionamento do fluxo sanguíneo e a vasodilatação periférica facilitam a dissipação de calor por mecanismos não evaporativos, tais como condução, convecção e radiação, reduzindo a TS e conseqüentemente a temperatura corporal. No entanto, de acordo com Souza et al. (2005), a eficácia desses mecanismos, depende da diferença entre a temperatura do corpo do animal e do ambiente, ou seja, a temperatura superficial tem que superar a do meio. Caso a temperatura do ar se eleve, o gradiente térmico entre a superfície corpórea e o meio, decresce, podendo até mesmo ocorrer ganho de calor por condução, convecção e radiação. Conseqüentemente, a TS tende a elevar-se, reduzindo também a diferença de temperatura entre o núcleo central e a pele, resultando em diminuição da perda de calor pelos meios sensíveis e aumentando por meio da evaporação (Souza, B. et al., 2008).

Silva et al. (2005), encontraram resultados semelhantes ao deste estudo no semi-árido paraibano com caprinos, relatando TS mais elevada no turno da tarde (33,3 °C). Santos et al. (2005) em um experimento com diferentes raças de caprinos (exóticos e naturalizados), mostraram temperatura da fronte, costela, flanco e escroto, sempre maiores no turno da tarde, com médias variando entre 31,56 e 32,49 °C, apresentando-se menores que as médias de TS e TSU do presente estudo.

Darcan & Güney (2008) em ambiente quente e úmido, observaram TSU de 36,45 °C das 12 às 13 h, quando o ITU foi 96. No presente experimento, a TSU foi de 36,75 °C, para o mesmo horário, quando foi constatado valor máximo de ITU (81,34).

Dados de um experimento mostraram média da temperatura da pele de caprinos pretos e brancos sem raça definida no turno da manhã de 34,42 °C e à tarde de 36,02 °C, que segundo os autores este fato foi conseqüência da variabilidade da TR dos caprinos durante o dia (Medeiros et al., 2007). Entretanto, de acordo com Ferreira et al. (2006), o aumento da

temperatura da superfície corpórea reflete, diretamente, o aumento da temperatura ambiente, não caracterizando, portanto, a temperatura corporal dos animais.

A dissipação do excesso de calor corporal realizado pela evaporação de água pode ocorrer através do trato respiratório e da superfície da pele, via respiração e sudorese, respectivamente. No entanto, em ambientes quentes, a evaporação pela respiração torna-se a via mais importante de dissipação de calor.

Pode-se constatar que como a TS e TSU, a FR foi mais elevada no turno da tarde e no período seco, com diferença significativa ( $P < 0,01$ ) (tabela 1). Contudo, independente do turno e do período do ano, a FR esteve sempre muito acima do valor médio considerado normal para caprinos de 12 a 25 mov/min, segundo Reece, (1996). Esse fato demonstra que mesmo em confinamento, mantidas à sombra, a condição térmica do ambiente mostrou-se estressante, uma vez que as cabras utilizaram seus mecanismos de dissipação de calor por evaporação através da respiração para manter a homeotermia, durante os dois turnos e os dois períodos, fato comprovado pelo aumento exacerbado da FR. De acordo com Pires (1997), esse aumento permite que o animal elimine 30% do calor corporal por evaporação, via trato respiratório.

Dessa forma, o aumento da FR mostrou-se um eficiente mecanismo de manutenção da homeotermia, já que a média da TR manteve-se sempre dentro dos limites fisiológicos. No período seco, as maiores médias da FR nos turnos da manhã e tarde de 62,46 e 87,18 mov/min, respectivamente, mostram que nesse período, exatamente quando os valores de ITU são menores, o uso da FR foi mais solicitado e eficiente, apresentando médias de TR menores que no período chuvoso. Esse maior uso da FR deve-se, provavelmente, ao fato de que no período seco, apesar de serem registradas as maiores temperaturas do ar, a umidade relativa é muitas vezes menor que no período chuvoso, quando a temperatura do ar, nas condições deste experimento, também não diminuem tanto. Portanto, em ambiente com menor umidade, a perda de calor por evaporação é mais facilitada, utilizando o animal, o aumento da FR para manutenção da temperatura corporal.

O aumento da FR no turno da tarde está de acordo com resultados obtidos por vários autores (Silva et al., 2005; Silva et al., 2006; Souza et al., 2005; Darcan & Güney, 2008; Medeiros et al., 2007).

Medeiros et al. (2008), obtiveram FR de cabras Saanen de 38,61 e 75,47 mov/min nos turnos da manhã e tarde, respectivamente, não sendo suficiente para manter a TR constante dessas cabras quando expostas ao sol. Souza et al. (2005), encontraram médias de 42,30 pela manhã e 60,57 à tarde, em caprinos de diferentes grupos genéticos.

Semelhante ao observado no presente estudo, Silva et al. (2005) também verificaram FR mais elevada no turno da tarde (49,5 mov/min) e na época quente e seca (42,1 mov/min). Da mesma forma, Martins Júnior et al. (2007b) relataram FR mais elevada na época seca para as duas raças (Boer e Anglo-nubiana).

Segundo Brasil et al. (2000) a taquipnéia nas cabras estressadas, como o observado na presente pesquisa, desvia energia que seria utilizada para os processos produtivos. Portanto, corroborando com o discutido por Azevedo et al. (2005), a frequência respiratória evidenciou ser um indicador de estresse térmico melhor que a temperatura retal.

Pode-se observar que os animais apresentaram frequência cardíaca mais elevada ( $P < 0,01$ ) no período seco tanto no turno da manhã quanto no da tarde (tabela 1). Considerando-se fisiológico para a espécie caprina, batimentos cardíacos variando entre 70 e 80 por minuto (Reece, 1996), as cabras estiveram sempre acima deste intervalo. Segundo Medeiros et al. (2007) as médias mais elevadas no período da tarde indicam que o sistema cardiocirculatório é também afetado pela temperatura do ar.

Martins Júnior et al. (2007b) também encontraram FC maiores no período seco, explicando que a menor FC na estação chuvosa se devem pelas menores temperaturas retais, o que provavelmente é decorrente das menores temperaturas ambientais. Em concordância, Santos et al. (2005), também constataram média de FC maior no turno da tarde (84,89 bat/min) que da manhã (77,89 bat/min) em caprinos exóticos e naturalizados. Já Souza et al. (2005) não verificaram diferença significativa quanto a FC dos diferentes grupos genéticos entre os turnos manhã e tarde.

De acordo com Kadzere et al. (2002) o batimento cardíaco reduzido é mais típico em animais sob estresse térmico e está associado com uma taxa reduzida de produção de calor em resposta a temperaturas elevadas, diferindo do resultado obtido no presente experimento, onde a FC aumentou a medida que a temperatura do ar foi mais elevada.

Conforme Souza et al. (2007) a elevação exacerbada e prolongada da temperatura ambiental exaure os sistemas metabólicos do coração causando fraqueza, prejudicando os processos produtivos, podendo o animal vir a óbito. Este fato ocorreu, neste experimento, com a cabra número 7 que apresentou o maior valor de coeficiente de adaptabilidade em relação às outras, o que se confirmam pelos maiores valores médios de FR e FC assim como de temperatura retal em ambos os períodos do ano.

**Tabela 2.** Correlação entre as variáveis fisiológicas e ambientais, nos períodos seco e chuvoso, em cabras Saanen criadas em clima tropical quente e úmido.

VARIÁVEIS	PERÍODO					
	SECO			CHUVOSO		
	TA	URA	ITU	TA	URA	ITU
<b>TR</b>	<b>0,364</b> (p<0,01)	<b>- 0,263</b> (p<0,01)	<b>0,294</b> (p<0,01)	<b>0,501</b> (p<0,01)	<b>- 0,329</b> (p<0,01)	<b>0,503</b> (p<0,01)
<b>TS</b>	<b>0,873</b> (p<0,01)	<b>- 0,780</b> (p<0,01)	<b>0,591</b> (p<0,01)	<b>0,647</b> (p<0,01)	<b>- 0,619</b> (p<0,01)	<b>0,446</b> (p<0,01)
<b>TSU</b>	<b>0,840</b> (p<0,01)	<b>- 0,760</b> (p<0,01)	<b>0,558</b> (p<0,01)	<b>0,555</b> (p<0,01)	<b>- 0,529</b> (p<0,01)	<b>0,396</b> (p<0,01)
<b>FR</b>	<b>0,556</b> (p<0,01)	<b>- 0,395</b> (p<0,01)	<b>0,469</b> (p<0,01)	<b>0,642</b> (p<0,01)	<b>- 0,448</b> (p<0,01)	<b>0,578</b> (p<0,01)
<b>FC</b>	<b>0,186</b> (p<0,01)	<b>- 0,128</b> (p>0,01)	<b>0,157</b> (p<0,01)	<b>0,240</b> (p<0,01)	<b>- 0,140</b> (p>0,01)	<b>0,264</b> (p<0,01)

TR – Temperatura retal; TS – Temperatura superficial da pele; TSU – Temperatura superficial do úbere; FR – Frequência respiratória; FC – Frequência cardíaca; TA – Temperatura do ar; URA – Umidade relativa do ar; ITU – Índice de temperatura e umidade máximo.  
(P<0,01)

Na tabela 2, verifica-se que a TR apresentou, nos dois períodos, uma correlação significativa (P<0,01) e positiva com a TA e ITU e negativa com a URA, sendo essas correlações mais altas no período chuvoso. Essas correlações altamente significativas indicam que os animais reagiram às elevações da TA e ITU, aumentando a TR. Medeiros et al. (2008) também constataram uma correlação positiva e significativa ( $r=0,488$ , P<0,01) entre a TR e TA para animais da raça Saanen.

Para TS e TSU foram observadas correlações altas e positivas com a TA, baixas e positivas com o ITU e, altas e negativas com a URA, todas altamente significativas (P<0,01) (tabela 2). No período seco foram obtidas as maiores correlações, o que demonstra que em condições com temperaturas ambientes acima da zona de conforto térmico, o animal tenta dissipar o excesso de calor, aumentando o fluxo sanguíneo do núcleo central para a superfície corporal e, conseqüentemente, elevando a taxa de fluxo de calor, resultando em altas

temperaturas superficiais. Associado a isto está o fato da pele dos animais também receber calor do ambiente através da irradiação emitida pelos materiais das instalações. Quando a TA aumenta a URA diminui, por isso uma correlação alta e negativa da umidade com a TS e TSU.

Ainda na tabela 2, constata-se que a FR apresentou uma correlação média e positiva com a TA e ITU, porém baixa e negativa com a URA, em ambos os períodos. Contudo todas as correlações foram altamente significativas ( $P < 0,01$ ), podendo considerar a TA e ITU como influenciadores nas alterações dos parâmetros fisiológicos.

Quanto a FC, observa-se que nos dois períodos as correlações foram baixas, positivas com a TA e ITU, porém significativas ( $P < 0,01$ ) e negativa com a URA, não apresentando diferença significativa ( $P > 0,01$ ) (tabela 2). Portanto, as variáveis climáticas provavelmente não influenciam a FC assim como para os outros parâmetros fisiológicos de TR, TS e FR.

#### **5.4. Coeficiente de tolerância ao calor**

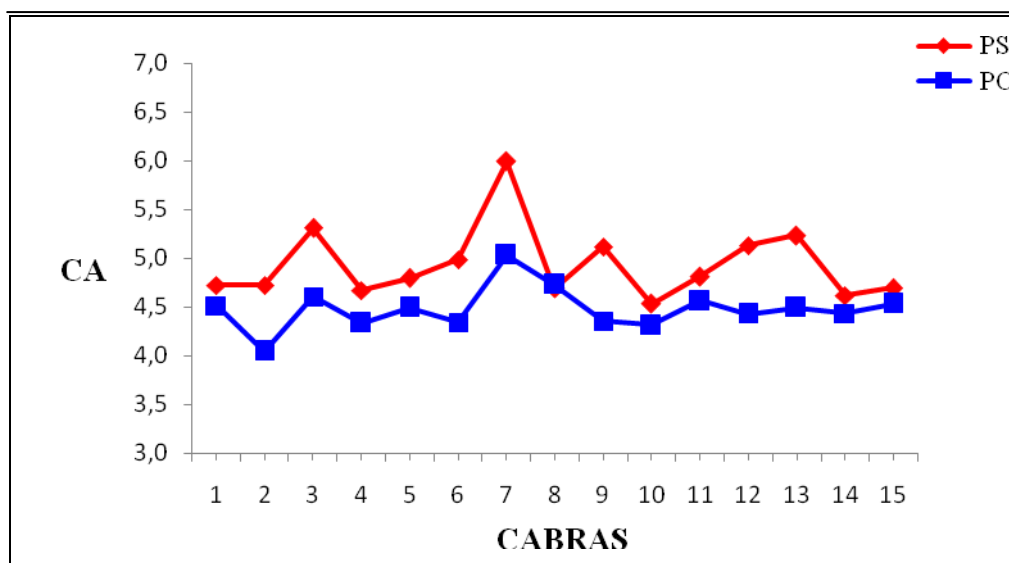
As médias dos dados do coeficiente de adaptabilidade (CA) obtidos pelo Teste de Benezra, nos períodos seco e chuvoso, e dos parâmetros de TR e FR utilizados para o cálculo do coeficiente encontram-se nas figuras 4, 5 e 6, respectivamente.

O CA entre as cabras variou de 4,5 a 6,0 no período seco e de 4,0 a 5,0 no período chuvoso (figura 4). Nos dois períodos, os valores foram bem superiores ao coeficiente padrão de adaptabilidade, cujo valor é 2,0. Apenas as cabras 2, 3, 6, 7, 9, 12 e 13, apresentaram CA com diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os períodos seco e chuvoso, constatando os maiores valores no período seco. Segundo esse coeficiente, o período seco seria a época mais desfavorável para as cabras, estando estas menos adaptadas às condições ambientais impostas nesse período do ano.

Não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre as cabras quanto ao coeficiente de adaptabilidade no período chuvoso, mas no período seco a cabra de número 7 diferiu de todas as outras, com exceção das cabras de número 3, 9, 12 e 13.

Martins Júnior et al. (2007a) obteve no período seco valores de CA de 2,49 e 3,03 para as raças Boer e Anglo-nubiana, respectivamente, e no período chuvoso CA de 2,68 para Boer e 2,67 para Anglo-nubiana, mostrando resultados menores que o relatado neste estudo.

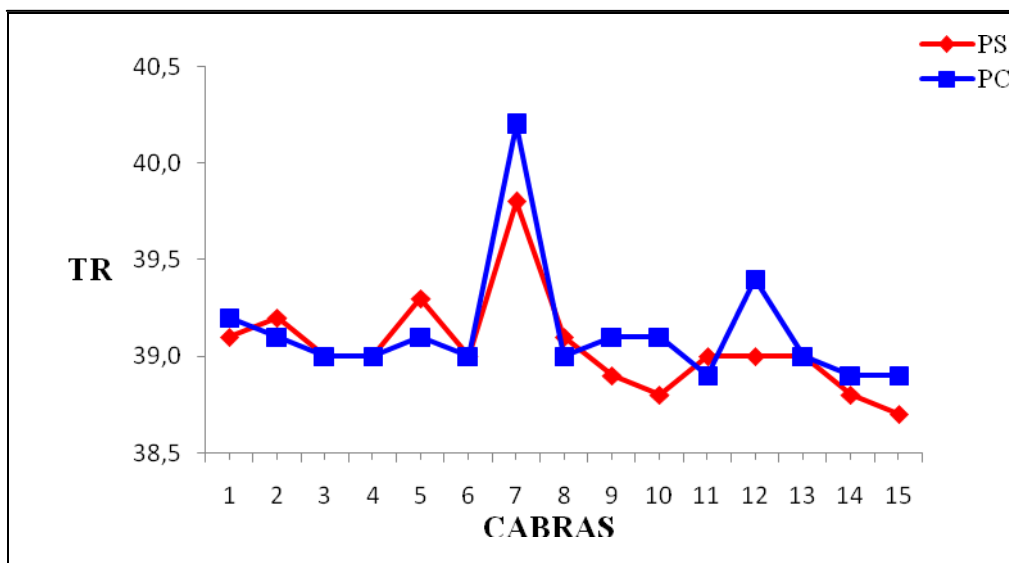




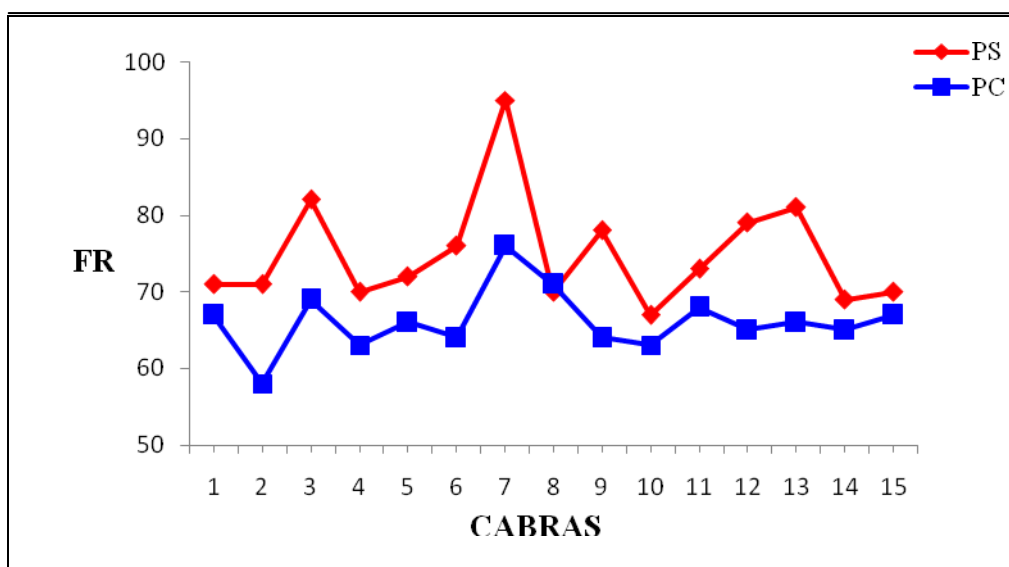
**Figura 4.** Coeficiente de adaptabilidade (CA) das cabras, nos períodos seco e chuvoso em clima tropical quente e úmido.

A TR das cabras 1, 7, 10, 12, 14 e 15, diferiu estatisticamente ( $P < 0,05$ ) entre os períodos seco e chuvoso, registrando as maiores médias no período chuvoso. A cabra 7 diferiu de todas as outras cabras, apresentando maior TR, tanto no período seco quanto no chuvoso, como observado na figura 5.

Na figura 6, pode-se observar que a FR foi mais elevada no período seco, contrário ao constatado para a TR e semelhante ao CA. As cabras 2, 3, 6, 7, 9, 12 e 13 apresentaram maiores valores de FR no período seco com diferença significativa ( $P < 0,05$ ). Esta variou de 67 a 95 mov/min no período seco e de 58 a 76 mov/min no período chuvoso. Em ambos os períodos, a FR esteve sempre acima do considerado normal para caprinos (12 a 25 mov/min). Entre as cabras, não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para a FR no período chuvoso, mas no período seco, a FR da cabra 7 diferiu de todas as outras, exceto das cabras 3, 9, 12 e 13.



**Figura 5.** Média da temperatura retal (TR) das cabras, utilizadas no teste de Benezra, nos períodos seco e chuvoso em clima tropical quente e úmido.



**Figura 6.** Média da frequência respiratória (FR) das cabras, utilizadas no teste de Benezra, nos períodos seco e chuvoso em clima tropical quente e úmido.

Pelos resultados pode-se constatar que tanto o CA quanto a FR apresentou uma evolução semelhante entre os períodos e entre as cabras, sugerindo que os altos valores de CA foram resultantes principalmente das elevadas taxas de frequência respiratória (figura 6), uma vez que a maioria das cabras apresentou médias de TR (figura 5) dentro da normalidade (38,5 a 39,7 °C), sendo observado apenas um caso de hipertermia pela cabra de número 7, tanto no período seco (39,8 °C) quanto no período chuvoso (40,2 °C), a mesma que obteve o maior

valor de CA (6,0). Deve-se levar em consideração que os valores médios nem sempre representam uma condição real de estresse térmico, sendo necessária a avaliação dos valores máximos ocorrido durante o período de avaliação, como o constatado a partir das temperaturas retais na tabela 1.

Pereira (2008) encontrou resultados semelhantes ao da presente pesquisa, com coeficiente de tolerância ao calor pelo teste de Benezra de 4,52 na época fria e 5,21 na época quente, e FR também maior na época quente, não existindo diferença significativa quanto a TR nas duas épocas.

## 6. CONCLUSÕES

Nas condições ambientais do presente estudo, conclui-se que independente do período do ano, as cabras Saanen estão sujeitas a um ambiente hostil, sendo o período chuvoso o mais propício a causar estresse térmico, apresentando os maiores valores de ITU.

O turno influenciou em todos os parâmetros fisiológicos estudados, sendo os valores da tarde sempre superior aos da manhã, uma vez que a temperatura ambiental mais elevada ocorre à tarde.

Apesar da maioria das cabras Saanen conseguirem manter a homeotermia, o coeficiente de adaptabilidade de Benezra (CA) revelou nas condições do presente estudo, que estas são pouco adaptadas ao ambiente em que estão inseridas, uma vez que apresentam valores médios superiores a 2 que é o valor de CA aceito para uma boa adaptação ao ambiente.

Dessa forma, apesar de serem criadas confinadas, protegidas da radiação solar direta, as cabras apresentaram alterações importantes em seus parâmetros fisiológicos, sugerindo que caso fossem criadas de forma extensiva, os prejuízos seriam bem maiores para o bem estar animal.

As correlações das variáveis climáticas com os parâmetros fisiológicos 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 este impacto é ainda mais significativo, o que se confirma pela maior correlação de ITU com a TR no período chuvoso.

## **7. PERSPECTIVAS**

Nas regiões de clima tropical e subtropical, os efeitos da temperatura e umidade do ar são, muitas vezes, limitantes ao desenvolvimento de um sistema de produção. Assim, deve-se ressaltar a importância do efeito das alterações fisiológicas causadas pelas condições climáticas adversas sobre os aspectos de rendimento de produção (leite, carne e crias), bem como a importância de instalações que proporcionem aos animais um maior conforto térmico.

Dessa forma, muitos estudos precisam ser realizados, a fim de quantificar índices produtivos e reprodutivos e verificar os melhores materiais para a confecção das instalações, bem como uma estrutura física das mesmas que possibilitem maior bem-estar animal e, conseqüentemente, maior produtividade.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABI-SAAB, S.; SLEIMAN, F.T. Physiological responses to stress of filial crosses compared to local Awassi sheep. **Small Ruminant Research**, v. 16, p. 55-59, 1995.

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=artigos&cod\\_artigo](http://www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=artigos&cod_artigo). Acesso: 5 de setembro de 2009.

ACHARYA, R.M.; GUPTA, U.D.; SEHGAL, J.P.; SINGH, M. Coat characteristics of goat in relation to heat tolerance in the hot tropics. **Small Ruminant Research**, v. 18, p. 245-248, 1995.

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

ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 77, n. 7, p. 2044-2050, 1994.

AZEVEDO, M.; PIRES, M.F.A.; SATURNINO, H.M.; LANA, A.M.Q.; SAMPAIO, I.B.M.; MONTEIRO, J.B.N.; MORATO, L.E. Estimativas de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$  Holandês-Zebu em lactação. **R. Bras. Zootec.**, v. 34, n. 6, p. 2000-2008, 2005.

BACCARI JUNIOR, F.; POLASTRE, R.; FRÉ, C. A.; ASSIS, P. S. Um novo índice de tolerância ao calor para bubalinos: correlação com o ganho de peso. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE DE ZOOTECNIA, 23., 1986, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 1986. p. 316.

BACCARI JÚNIOR, F. Métodos e técnicas de avaliação da adaptabilidade dos animais às condições tropicais. In: Simpósio Internacional de Bioclimatologia Animal nos Trópicos: pequenos e grandes ruminantes, 1990, Sobral, CE. **Anais...** Sobral: Embrapa-CNPC, 1990. p. 9-17.

BACCARI JR., BRASIL, L.H.A., TEODORO, S.M. 1997. Thermoregulatory responses of Alpine goats during thermal stress. In: **LIVESTOCK ENVIRONMENT**, 5, 1997, Minneapolis. Proceedings... Minneapolis : Amer. Soc. Agric. Engrs., p.789-94.

BAETA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997.

BARBOSA, O.R.; SILVA, R.G. Índice de conforto térmico para ovinos. **Boletim de Indústria Animal**, v.52, n.1, p.29-35, 1995.

BIAGGIONI, M.A.M.; MATTOS, J.M.; JASPER, S.P.; TARGA, L.A. Desempenho térmico de aviário de postura acondicionado naturalmente. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 4, p. 961-972, 2008.

BLAIN, G.C.; PIEDADE, S.M.S; CAMARGO, M.B.P.; GIAROLLA, A. Distribuição temporal da precipitação pluvial mensal observada no posto meteorológico do Instituto Agrônômico, em Campinas, SP. *Bragantia*, Campinas, v. 66, n. 2, p. 347-355, 2007.

BRASIL, L.H.A.; WECHESLER, F.S.; BACCARI JÚNIOR, F. GONÇALVES, H.C.; BONASSI, I.A. Efeito do estresse térmico sobre a produção, composição química do leite e respostas termorreguladoras de cabras da raça alpina. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 29, n. 6, p. 1632-1641, 2000.

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.

CAPRINOS E OVINOS: MAIORES REBANHOS DO MUNDO. Disponível em: (<http://www.ematerce.ce.gov.br>). Acesso: 31 de agosto de 2009.

CARVALHO, L.E.; OLIVEIRA, S.M.P.; TURCO, S.H.N. Utilização da nebulização e ventilação forçada sobre o desempenho e a temperatura da pele de suínos na fase de terminação. *R. Bras. Zootec.*, v. 33, n. 6, p. 1486-1491, 2004.

CURTIS, S.E. **Environmental management in animal agriculture**. Iowa State University Press. 1983.

DARCAN, N.; CEDDEN, F.; GUNEY, O. Spraying effects on goat welfare in hot and humid climate. *American J. Animal & Vet. Sci.*, v. 2, n. 4, p. 99-103, 2007.

DARCAN, N.; GÜNEY, O. Alleviation of climatic stress of dairy goats in Mediterranean climate. *Small Ruminant Research*, v. 74, p. 212-215, 2008.

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

FUQUAY, J.W. Heat stress as it affects animal production. *J. Anim. Sci.*, v.52, n.1, p. 164-174, 1981.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 11 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

HABEEB, A.L.M.; MARAY, I.F.M.; KAMAL, T.H. **Farm animals and the environment**. Cambridge: CAB, 1992. 428 p.

HAFEZ, E.S.E. **Adaptacion de los animales domésticos**. Barcelona: Labor, 1973. 563p.

HANH,G.L.,Compensatory performace in livestock: influences. In: Yousef, M.K.(Ed.) *Stress physiology in livestock* v.2,Boca Raton:CRC Press, Inc.,1985.

HANSEN, P.J.; ARECHIGA, C.F. Strategies for managing reproduction in the heat-stressed dairy cow. **Journal of Animal Science**, v.77, n. 2, p.36-50, 1999.

HEAD, H. H. Management of dairy cattle um Tropical and subtropical environments. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOCLIMATOLOGIA, **Anais...** Jaboticabal: SB Biomet, p. 26-68, 1995.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário**, Brasil, 2006.

KADZERE, M.R. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, v. 77, p.59-91, 2002.

KOLB, E.-**Fisiologia Veterinária**. 4ª ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1987, 612 p

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**, 1971. p.71-92.

LEE, J. A.; ROUSSEL, J. D.; BEATTY, J. F. Effect of temperature season on bovine adrenal cortical function, blood cell profile, and milk production. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 59, n. 1, p. 104-108, 1974.

LEMERLE, C. GODDARD, M.E. Assessment of heat stress in dairy cattle in Papua New Guinea. **Anim. Health Prod.**, v. 18, p. 232-242, 1986.

LU, C.D. Effects of heat stress on Goat Production. **Small Ruminant Research**, 2: 151-162, 1989.

MAGALHÃES, J.A.; TAKIGAWA, R.M.; TAVARES, A.C.; TOWNSEND, C.R.; COSTA, N.L.; PEREIRA, R.G.A. Determinação da tolerância de bovinos e bubalinos ao calor do trópico úmido. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p.70-2.

MARAI, I.F.M.; EL-DARAWANY, A.A.; FADIEL, A.; ABDEL-HAFEZ, M.A.M. Physiological traits as affected by heat stress in sheep – A review. **Small Ruminant Research**, v. 71, p. 1-12, 2007.

MARTINS JR., L.M.; COSTA, A.P.R.; AZEVEDO, D.M.M.R.; TURCO, S.H.N.; CAMPELO, J.E.G.; MURATORI, M.C.S. Adaptabilidade de caprinos Boer e Anglo-nubiana às condições climáticas do meio-norte do Brasil. **Archivos de Zootecnia**, v. 56, n. 214, p. 103-113, 2007a.

MARTINS JR., L.M.; COSTA, A.P.R.; RIBEIRO, D.M.M.; 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. 1-7, 2007b.

McDOWELL, R.E. **Bases biológicas de La producción animal em zonas tropicales**. 1. ed. Zaragoza: Acribia, 1974. 692p.



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

MEDEIROS, L.F.D.; VIERIRA, D.H. **Bioclimatologia Animal**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1997.

MEDEIROS, L.F.D.; VIERIRA, D.H.; OLIVEIRA, C.A.; FONSECA, C.E.M.; PEDROSA, I.A.; GUERSON, F.D.; PEREIRA, V.V.; MADEIRO, A.S. Avaliação de parâmetros fisiológicos de caprinos SPRD (sem padrão racial definido) pretos e brancos de diferentes idades, à sombra, no município do Rio de Janeiro, RJ. **B. Industr. Anim.**, N. Odessa, v. 64, n. 4, p. 277-287, 2007.

MEDEIROS, L.F.D.; VIERIRA, D.H.; OLIVEIRA, C.A.; MELLO, M.R.B.; LOPES, P.R.B.; SCHERER, P.O.; FERREIRA, M.C.M. Reações fisiológicas de caprinos das raças Anglo-nubiana e Saanen mantidos à sombra, ao sol e em ambiente parcialmente sombreado. **B. Industr. Anim.**, N. Odessa, v. 65, n. 1, p. 7-14, 2008.

MULLER, R. P. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. Porto Alegre: Sulina, 1989.

NÄÄS, I. de A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. 1º Ed. São Paulo: Icone Editora Ltda., p. 183, 1989.

NÄÄS, I. de A.; ARCARO JÚNIOR, I. Influência de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **R. Bras. Eng. Agric. Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 139-142, 2001.

NEIVA, J.N.M.; TEIXEIRA, M. TURCO, S.H.N; OLIVEIRA, S.M.P.; MOURA, A.A.A.N. Efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santa Inês mantidos em confinamento na região litorânea do Nordeste do Brasil. **R. Bras. Zootec.**, v. 33, n. 3, p. 668-678, 2004.

NEVES, M.L.M.W. Índices de conforto térmico para ovinos Santa Inês de diferentes cores de pelame em condições de pastejo. 2008. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

NUNES, A.S.; BARBOSA, O.R.; DAMASCENO, J.C. Respostas fisiológicas de cabras leiteiras submetidas ao regime de suplementação com concentrado em dois sistemas de produção. **Acta Scientiarum. Animal. Sciences**, v. 25, n. 1, p. 157-163, 2003.

OLIVEIRA, A.L. Mecanismos termorreguladores de cabras da raça Saanen. 2007. **Tese** (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Jaboticabal, São Paulo.

OLIVEIRA, F.M.M.; DATAS, R.T.; FURTADO, D.A.; NASCIMENTO, J.W.B.; MEDEIROS, A.N. Parâmetros de conforto térmico e fisiológico de ovinos Santa Inês sob diferentes sistemas de acondicionamento. **R. Bras. Eng. Agric. Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 631-635, 2005.

OLIVEIRA, J. L.; ESMAY, M. L. Systems model analysis of hot weather housing for livestock. **American Society of Agricultural Engineers**, Saint Joseph, p. 1-17, 1981.

OLIVEIRA, L.A.; CAMPTEL, J.E.G.; AZEVEDO, D.M.M.R.; COSTA, A.P.R.; TURCO, S.H.N.; MOURA, J.W.S. Estudos de respostas fisiológicas de equinos sem raça definida e da raça Quarto de Milha às condições climáticas de Teresina, Piauí. **Ciênc. Anim. Bras.**, v. 9, n. 4, p. 827-838, 2008.

OLIVEIRA, L.M.F.; YANAGI JUNIOR, T.Y.; FERREIRA, E.; CARVALHO, L.G.; SILVA, M.P. Zoneamento bioclimático da Região Sudeste do Brasil para o conforto térmico animal e humano. **Eng. Agric.**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 823-831, 2006.

PERDOMO, C.C.; FERNANDES, L.C.O.; GUIDONI, A.L.; FIALHO, F.B. Efeito da ventilação natural e mecânica sobre o desempenho de porcas em lactação. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 691-699, 1999.

PEREIRA, C.C.J. **Fundamentos de Bioclimatologia Aplicados à Produção Animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005.

PEREIRA, G.M. Avaliação do comportamento fisiológico de caprinos da raça Saanen no semi-árido paraibano. **Monografia**. Universidade de Campina Grande, Patos, PB, 2008.

PIMENTA FILHO, E. C.; SARMENTO, J. L. R.; RIBEIRO, M. N. Efeitos genéticos e ambientais que afetam a produção de leite e duração da lactação de cabras mestiças no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1426-1431, 2004.

PIRES, M.F.A.; CAMPOS, A.T. Relação dos dados climáticos com o desempenho animal. Disponível em: <http://www.cnppl.embrapa.br/nova/aunidade/artigos/ambiencia04.pdf?pesquisador=175&nome=> Acesso: 02 de setembro de 2009.

PIRES, M. F. A. Comportamento, parâmetros fisiológicos e reprodutivos de fêmeas da raça Holandesa confinadas em “free stall”, durante o verão e o inverno. 1997. **Tese** (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais – Escola de Veterinária, Belo Horizonte, 1997.

PIRES, M. F. A.; FERREIRA, A. M.; SATURNINO, H. M.; TEODORO, R. L. Taxa de gestação em fêmeas da raça Holandesa confinadas em free stall, no verão e inverno. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 54, n. 1, p. 1-10, 2002.

REECE, W.O. Fisiologia de animais domésticos. São Paulo: Roca, p. 137 e 254, 1996.

ROCHA, D.R. Avaliação de estresse térmico em vacas leiteiras mestiças (*Bos taurus* x *Bos indicus*) criadas em clima tropical quente e úmido no estado do Ceará. 2008. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SIQUEIRA, T.C.P.A.; AKUTSU, M.; LOPES, J.I.E.; SOUZA, H.A. Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações. **REM: R. Esc. Minas**, Ouro Preto, v. 58, n. 2, p. 133-138, 2005.

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**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 785-790, 2004.

SANTOS, F.C.B.; SOUZA, B.B.; ALFARO, C.E.P.; CEZAR, 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 do Brasil. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 142-149, 2005.

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

SILVA, G.A.; SOUZA, B.B.; ALFARO, C.E.P.; AZEVEDO, S.A.; AZEVEDO NETO, J. SILVA, E.M.N.; SILVA, A.K.B. Efeito das épocas do ano e de turno sobre os parâmetros fisiológicos e seminais de caprinos no semi-árido paraibano. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 1, n. 7-14, 2005.

SILVA, E.M.N.; SOUZA, B.B.; SILVA, G.A.; CEZAR, M.F.; SOUZA, W.H.; BENÍCIO, T.M.A.; FREITAS, M.M.S. Avaliação da adaptabilidade de caprinos exóticos e nativos no semi-árido paraibano. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 516-521, 2006.

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. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 883-888, 2007.

SOUZA, B.B.; SOUZA, E.D.; CEZAR, M.F.; SOUZA, W.H.; SANTOS, J.R.S.; BENÍCIO, T.M.A. Temperatura superficial e índice de tolerância ao calor de caprinos de diferentes grupos raciais no semi-árido paraibano. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 275-280, 2008.

SOUZA, E.D.; SOUZA, B.B.; SOUZA, W.H.; CEZAR, M.F.; SANTOS, J.R.S.; TAVARES, G.P. Determinação dos parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de diferentes grupos genéticos de caprinos no semi-árido. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 177-184, 2005.

SOUZA, J.D.; SILVA, B.B.; CEBALLOS, J.C. Estimativa da radiação solar global à superfície usando um modelo estocástico: caso sem nuvens. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 26, n. 1, p. 31-44, 2008.

STARLING, J.M.C.; SILVA, R.G.; CERON-MUÑOZ, M.; BARBOSA, G.S.S.C.; COSTA, M.J.R.P. Análise de algumas variáveis fisiológicas para avaliação do grau de adaptação de ovinos submetidos ao estresse por calor. **R. Bras. Zootec.**, v. 31, n. 5, p. 2070-2077, 2002.

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. Cooling degrees – days air conditioning, heating and ventilating. **Transactions of the ASAE**, v. 55, n. 7, p. 65-72, 1958.

VIANA, J.A.C. Desafios e potencialidades da produção animal nos trópicos e subtropicais: reflexões produtivas. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 27, 1990, Campinas. **Anais...**Campinas: SBZ. 1990. P. 640-679.

YOUNG, B.A. Effects of environmental stress on nutrient needs. In: CHURCH, D.C. (Ed.) **The ruminant animal**. New Jersey: Prentice Hall, 1988. p. 456-467