

TESE DE DOUTORADO EM RECURSOS NATURAIS

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: SISTEMA ÁGUA-SOLO-
PLANTA-ATMOSFERA**

**TÍTULO: CARACTERIZAÇÃO DAS TIPOLOGIAS DE
CONSTRUÇÃO E CONDIÇÕES DE CONFORTO
AMBIENTAL DAS INSTALAÇÕES AVÍCOLAS NA
MESORREGIÃO DO AGRESTE PARAIBANO**

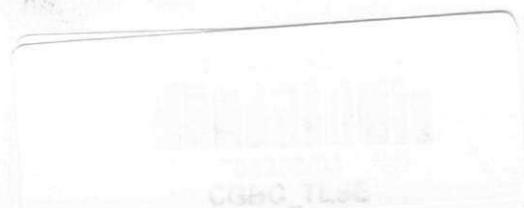
AUTOR: DERMEVAL ARAÚJO FURTADO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE DOUTORADO TEMÁTICO
DOUTORADO EM RECURSOS NATURAIS

CARACTERIZAÇÃO DAS TIPOLOGIAS DE CONSTRUÇÃO
E CONDIÇÕES DE CONFORTO AMBIENTAL DAS INSTALAÇÕES
AVÍCOLAS NA MESORREGIÃO DO AGRESTE PARAIBANO

DERMEVAL ARAÚJO FURTADO

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA - BRASIL
NOVEMBRO - 2002



DERMEVAL ARAÚJO FURTADO

**CARACTERIZAÇÃO DAS TIPOLOGIAS DE CONSTRUÇÃO
E CONDIÇÕES DE CONFORTO AMBIENTAL DAS INSTALAÇÕES
AVÍCOLAS NA MESORREGIÃO DO AGRESTE PARAIBANO**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
BIBLIOTECA
8006 10 21 800

Tese apresentada ao curso de Pós -
graduação em Recursos Naturais da
Universidade Federal de Campina Grande,
em cumprimento às exigências para
obtenção do grau de Doutor em Recursos
Naturais

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: SISTEMA ÁGUA-SOLO-PLANTA-ATMOSFERA
LINHA DE PESQUISA: BIOCLIMATOLOGIA

PEDRO VIEIRA DE AZEVEDO
ORIENTADOR

ILDA DE FÁTIMA FERREIRA TINÔCO
ORIENTADORA

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA - BRASIL
NOVEMBRO - 2002



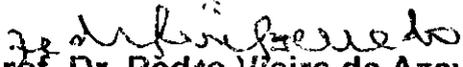
F992c	<p>Furtado, Dermeval Araújo. Caracterização das tipologias de construção e condições de conforto ambiental das instalações avícolas na mesorregião do agreste paraibano / Dermeval Araújo Furtado. - Campina Grande, 2002. 106 f.</p> <p>Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2002. "Orientação : Prof. Dr. Pedro Vieira de Azevedo, Profa. Dra. Ilda de Fátima Ferreira Tinôco". Referências.</p> <p>1. Agricultura. 2. Instalações Agrícolas - Agreste Paraibano. 3. Conforto Ambiental. 4. Tese - Recursos Naturais. I. Azevedo, Pedro Vieira de. II. Tinôco, Ilda de Fátima Ferreira. III. Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande (PB). IV. Título</p> <p style="text-align: right;">CDU 636.5(043)</p>
-------	--

DERMEVAL ARAÚJO FURTADO

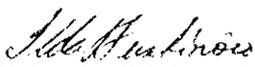
CARACTERIZAÇÃO DAS TIPOLOGIAS DE CONSTRUÇÃO E CONDIÇÕES
DE CONFORTO AMBIENTAL DAS INSTALAÇÕES AVÍCOLAS NA
MESORREGIÃO DO AGRESTE PARAIBANO

APROVADA EM: 04/11/2002

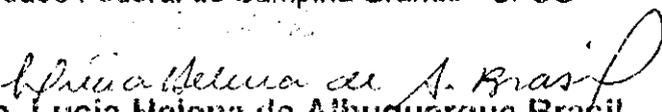
BANCA EXAMINADORA:

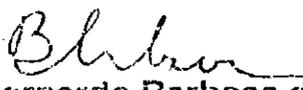

Prof. Dr. Pedro Vieira de Azevedo

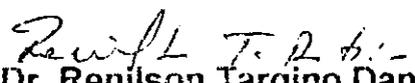
Departamento de Ciências Atmosféricas – DCA
Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG


Profa. Dra. Ilda de Fátima Ferreira Tinoco
Departamento de Engenharia Agrícola – DEA
Centro de Ciências Agrárias - CCA
Universidade Federal de Viçosa - UFV


Prof. Dr. Jose Wallace Barbosa do Nascimento
Departamento de Engenharia Agrícola - DEAg
Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG


Profa. Dra. Lucia Helena de Albuquerque Brasil
Departamento de Zootecnia - DZ
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE


Prof. Dr. Bernardo Barbosa da Silva
Departamento de Ciências Atmosféricas – DCA
Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG


Prof. Dr. Renilson Targino Dantas
Departamento de Ciências Atmosféricas – DCA
Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

A MEUS PAIS, GENIVAL E CLARICE FURTADO
A MEUS IRMÃOS E IRMÃS
EXEMPLOS DE AMOR, LUTA E HONESTIDADE
OFEREÇO

A MINHA ESPOSA, VINEIDE LIRA FURTADO
A MEUS FILHOS, NOELLE E FELIPE
PELO AMOR E CARINHO
DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande, pelo apoio e oportunidade de participação no curso de Pós – Graduação.

Aos professores PEDRO VIEIRA DE AZEVEDO e ILDA DE FÁTIMA FERREIRA TINÔCO, pela orientação, brilhantes ensinamentos e dedicação até a elaboração final deste trabalho.

Aos membros da Banca Examinadora, pelo apoio e valiosas sugestões, indispensáveis à melhoria deste trabalho, e aos professores do Curso de Doutorado em Recursos Naturais, pelos ensinamentos transmitidos durante a realização do curso.

Aos professores do DEAg/CCT/UFPB, em especial aos colegas da área de Construções Rurais e Ambiente, ANTÔNIO F. LEAL, MARLUCE A. AZEVEDO e JOSÉ WALLACE B. DO NASCIMENTO., como também ao Prof. PAULO ROBERTO CECON, da UFV, pelo ajuda nas análises estatísticas.

Aos Senhores IVANILDO COUTINHO DE SOUZA e JOSÉ ANSELMO DE QUEIROZ, proprietários da GUARAVES - Guarabira Alimentos S.A e da granja Santíssimo, respectivamente, pelo apoio e oportunidade.

Ao médico veterinário LUÍS ANTÔNIO, aos técnicos agrícolas HÉLIO, ROBERVÂNIO e FERNANDO, da GUARAVES, e ao técnico agrícola da granja Santíssimo, MARCELO, pela ajuda, fundamental para a realização do trabalho.

Aos amigos ROBERTO VIEIRA PORDEUS, RICARDO PEDROZA e ANTÔNIO JAIME, pela preciosa ajuda, e aos colegas do curso, cuja convivência nos tornou amigos e irmãos.

A todos que, de algum modo, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS	xiii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xvi
ANEXOS	96
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 - Variáveis a serem observadas no planejamento de um aviário	3
2.1.1 – Capacidade de alojamento	4
2.1.2 – Localização das instalações	4
2.1.3 - Comprimento e largura dos galpões	5
2.1.4 - Densidade de alojamento	6
2.1.5 - Paisagismo circundante	7
2.1.6 - Pilares e paredes laterais (oitões)	10
2.1.7 – Cobertura	10
2.1.8 – Lanternim	12
2.1.9 - Altura do pé-direito e tamanho do beiral	13
2.1.10 – Fechamento das instalações: muretas, cortinas, telas, piso e cama ...	14
2.1.12 – Comedouros	15
2.1.12 - Sistemas de aquecimento das aves	16
2.1.13 - Sistemas de abastecimento de água e bebedouros	16

2.2 - Considerações sobre o conforto térmico	17
2.3 – Modificações térmicas artificiais das instalações avícolas	22
2.3.1 – A ventilação na produção de frangos	23
2.3.2 – Sistemas de resfriamento adiabático evaporativo	26
2.3.2.1 - Nebulização associada à ventilação	26
2.3.2.2 - Aspersão de água sobre a cobertura	27
2.4 - Índices de conforto térmico ambiental	28
2.4.1- Índice de temperatura e umidade (ITU).....	28
2.4.2 - Índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU).....	29
2.4.3 - Carga térmica de radiação (CTR).....	30
2.4.4 - Umidade relativa do ar (UR).....	31
3 - MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1 – Primeira etapa experimental	35
3.1.1 - Definição da tipologia das instalações	35
3.1.2 – Sistemas de acondicionamento térmico ambiental	35
3.1.2.1 - Telha de amianto sem sistema de ventilação artificial (TASV)	36
3.1.2.2 - Telha de barro sem sistema de ventilação artificial (TBSV)	36
3.1.2.3 - Telha de amianto com sistema de ventilação artificial (TACV)	36
3.1.2.4 - Telha de barro com sistema de ventilação artificial (TBCV)	37
3.1.2.5 - Telha de amianto com ventilação artificial e nebulização (TAVN)	37
3.1.2.6 - Telha de barro com ventilação artificial e nebulização (TBVN).....	37
3.1.2.7 - Telha de amianto com ventilação artificial e aspersão sobre a cobertura (TAVA)	40

3.2 – Segunda etapa experimental	40
3.2.1 - Manejo das aves	40
3.2.2 - Medição das variáveis ambientais	41
3.2.3 - Interior dos galpões	41
3.2.4 - Exterior dos galpões	42
3.2.5 - Índices de conforto térmico	42
3.2.6 – Índices Zootécnicos	44
3.3 – Delineamento Experimental	45
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1- Caracterização da tipologia dos aviários	46
4.1.1 – Número de galpões por granja	46
4.1.2 – Capacidade de alojamento por galpão	46
4.1.3 - Capacidade de alojamento total por granja	48
4.1.4 - Densidade de alojamento por galpão	48
4.1.5 - Sentido dos galpões	50
4.1.6 - Distância entre os galpões	50
4.1.7 - Comprimento e largura dos galpões	50
4.1.8 - Paisagismo circundante	52
4.1.9 - Paredes laterais (oitões)	52
4.1.10 - Formato dos telhados e tipo de cobertura	54
4.1.11 – Lanternim	54
4.1.12 - Estrutura do telhado	54
4.1.13 - Altura do pé-direito	56
4.1.14 - Tamanho do beiral	56

4.1.15 – Pilares	56
4.1.16 – Cortinas e telas	58
4.1.17 – Muretas, piso e cama	58
4.1.18 – Fontes de aquecimento	60
4.1.19 – Tipos de comedouro	60
4.1.20 – Fontes de abastecimento de água e bebedouros	60
4.1.21 – Ventiladores e nebulizadores	61
4.2 - Avaliação dos índices de conforto térmico	63
4.2.1 - Temperatura ambiente (TA)	63
4.2.2 - Umidade relativa (UR)	67
4.2.3 - Índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU)	71
4.2.4 - Carga térmica de radiação (CTR)	76
4.3 - Avaliação dos índices de produção	80
4.3.1 - Peso vivo (PV)	80
4.3.2 - Ganho de peso diário (GPD)	81
4.3.3 - Conversão alimentar	82
4.3.3 -Taxa de mortalidade (TM)	82
4.3.4 - Idade média de abate (IdAb)	83
4.3.5 - Considerações sobre os índices produtivos	83
5 – CONCLUSÕES	85
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86

LISTA DE TABELAS

		Página
TABELA 1.	Análises de variância referentes aos efeitos dos sistemas de acondicionamento ambiental (S), dos horários de observação (H), da temperatura ambiente (TA), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) e da carga térmica de radiação (CTR).....	63
TABELA 2.	Valores médios da temperatura ambiente interna, em $^{\circ}\text{C}$, para os diferentes horários pesquisados, correlacionado-os com os vários sistemas de cobertura analisados.....	64
TABELA 3.	Valores médios da temperatura ambiente externa, em $^{\circ}\text{C}$, para os diferentes horários pesquisados, correlacionando-os com os vários sistemas de cobertura analisados.....	66
TABELA 4.	Valores médios da umidade relativa interna, em %, para os diferentes horários pesquisados, correlacionado-os com os vários sistemas de cobertura analisados.....	69
TABELA 5.	Valores médios da umidade relativa externa, em %, para os diferentes horários pesquisados, correlacionado-os com os vários sistemas de cobertura analisados.....	70
TABELA 6.	Valores médios do índice de temperatura de globo negro e umidade interna, para os diferentes horários pesquisados, correlacionado-os com os vários sistemas de cobertura analisados	72
TABELA 7.	Valores médios do índice de temperatura de globo negro e umidade externa, para os diferentes horários pesquisados, correlacionado-os com os vários sistemas de cobertura analisados.....	74
TABELA 8.	Valores médios da carga térmica de radiação interna, em W. m^{-2} , para os diferentes horários pesquisados, correlacionando-os com os vários sistemas de cobertura analisados.....	76
TABELA 9.	Valores médios da carga térmica de radiação externa para os horários pesquisados correlacionando-os com os vários sistemas de cobertura analisados.....	79
TABELA 10.	Valores médios e desvios padrão das variáveis produtivas peso vivo (PV), ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar (CA), taxa de mortalidade (TM) e idade média de abate (ImAb) das aves nos diversos sistemas de produção analisados.....	81

LISTA DE FIGURAS

		Página
FIGURA 1.	Distribuição da mesorregiões do Estado da Paraíba.....	33
FIGURA 2.	Vista externa dos galpões com telha de barro sem sistema de ventilação artificial.	38
FIGURA 3.	Vista externa do galpão com telha de barro e sistema de ventilação artificial.....	38
FIGURA 4.	Detalhe interno do galpão com telha de barro com ventilação artificial e nebulização.....	39
FIGURA 5.	Vista externa do galpão com telha de amianto com ventilação artificial e nebulização.....	39
FIGURA 6.	Vista interna do aviário, com o termômetro de bulbo seco e bulbo úmido e o termômetro de globo negro.....	42
FIGURA 7.	Quantidade de galpões por granja.....	47
FIGURA 8.	Capacidade de alojamento por galpão.....	47
FIGURA 9.	Capacidade de alojamento por granja.....	49
FIGURA 10.	Densidade de alojamento por galpão.....	49
FIGURA 11.	Comprimento dos galpões	51
FIGURA 12.	Largura dos galpões	51
FIGURA 13.	Paisagismo circundante.....	53
FIGURA 14.	Principais tipos de oitão dos galpões	53
FIGURA 15.	Principais tipos de cobertura.....	55
FIGURA 16.	Principais tipos de estrutura do telhado.....	55
FIGURA 17.	Altura do pé-direito dos aviários.....	57
FIGURA 18.	Tamanho do beiral.....	57
FIGURA 19.	Principais tipos de pilares.....	59
FIGURA 20.	Tamanho da mureta	59
FIGURA 21.	Principais sistemas de abastecimento de água.....	62
FIGURA 22.	Sistemas de Acondicionamento térmico dos aviários	62

FIGURA 23.	Médias da temperatura ambiente para os horários de observação, nos diferentes sistemas de condicionamento ambiental	67
FIGURA 24.	Médias da umidade relativa do ar para os horários de observação, nos diferentes sistemas de condicionamento ambiental.....	71
FIGURA 25.	Média dos índices de temperatura de globo negro e umidade para os horários de observação, nos diferentes sistemas de condicionamento ambiental.....	75
FIGURA 26.	Médias da carga térmica de radiação para os horários de observação, nos diferentes sistemas de condicionamento ambiental	80

LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

CA	Conversão alimentar
CTR	Carga térmica de radiação
e	Pressão parcial de vapor d'água
e_s	Pressão de saturação do vapor d'água
e_{st_u}	Pressão de saturação do vapor d'água à temperatura do bulbo úmido
FV	Fonte de variação
GL	Grau de variação
GPD	Ganho de peso diário
IdAb	Idade ao abate
ITU	Índice de temperatura e umidade
ITGU	Índice de temperatura de globo negro e umidade
PV	Peso vivo
K	Graus Kelvin
rpm	Rotações por minuto
TA	Temperatura do ar
TACV	Telha de amianto com sistema de ventilação artificial
TASV	Telha de amianto sem sistema de ventilação interna
TAVA	Telha de amianto com ventilação artificial e aspersão sobre a cobertura
TAVN	Telha de amianto com ventilação artificial e nebulização
TBCV	Telha de barro com sistema de ventilação artificial
TBSV	Telha de barro sem sistema de ventilação interna
TBVN	Telha de barro com ventilação artificial e nebulização
TRM	Temperatura radiante média
TM	Taxa de mortalidade
T_d	Temperatura do ponto de orvalho
T_{max}	Temperatura máxima
T_{min}	Temperatura mínima
UR	Umidade relativa do ar
v	Velocidade do ar
σ	Constante de Stephan Boltzmann ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W.m}^{-2} \text{ K}^{-1}$)

RESUMO

CARACTERIZAÇÃO DAS TIPOLOGIAS DE CONSTRUÇÃO E CONDIÇÕES DE CONFORTO AMBIENTAL DAS INSTALAÇÕES AVÍCOLAS NA MESORREGIÃO DO AGRESTE PARAIBANO

Autor: Dermeval Araújo Furtado

Orientadores: Prof. Dr. Pedro Vieira de Azevedo

Prof.^a Dr.^a Ilda de Fátima Ferreira Tinôco

A transformação da criação de frangos de corte em uma atividade altamente industrial requer inovações constantes, a fim de aumentar a produtividade sem, contudo, elevar o custo de produção. Nos últimos anos, as instalações destinadas à produção avícola têm-se destacado principalmente pelo aumento da densidade de criação, que visa otimizar mão-de-obra, equipamentos, transporte, assistência técnica e, sobretudo, instalações para assim, atender a demanda de carne exigida pelo mercado. Objetivou-se com este trabalho, realizar uma pesquisa sobre as principais características tipológicas dos aviários existentes na mesorregião do Agreste do Estado da Paraíba, e avaliar as condições de conforto térmico ambiental dos principais sistemas de acondicionamento utilizados, correlacionando-os com os índices produtivos, já que os trabalhos realizados no Brasil o foram, na sua maioria, na região Sul e Sudeste, não existindo dados consistentes sobre esses assuntos na região Nordeste. Os sistemas de acondicionamento térmico utilizados foram os seguintes: telha de amianto sem ventilação artificial; telha de barro sem ventilação artificial; telha de amianto com ventilação artificial; telha de barro com ventilação artificial; telha de amianto com ventilação artificial e nebulização; telha de barro com ventilação artificial e nebulização e telha de amianto com ventilação artificial e aspersão sobre a cobertura, em condições de verão, tendo, como base, o conforto térmico ambiental, avaliado pela temperatura do ar, umidade relativa do ar, índice de temperatura de globo negro e umidade e pela carga térmica de radiação. O desempenho produtivo dos frangos de corte foi avaliado pelo consumo de ração, ganho de peso diário, conversão alimentar, peso vivo e taxa de mortalidade. Com base neste estudo, observou-se que aviários são predominantemente concebidos em pequenas dimensões de largura e comprimento, com baixa densidade de alojamento. A grande maioria dos galpões está localizada no sentido Leste-Oeste, com pequena distância entre os aviários, apresentam piso concretado, cobertura em formato de duas águas, estrutura do telhado em madeira, ausência de lanternim, pé direito baixo, beirais pequenos e muretas altas, além de disporem de cobertura vegetal ou outros elementos adequados ao correto paisagismo circundante. Quanto aos equipamentos, observou-se que a principal fonte de aquecimento é o gás GLP, além de bebedouros automáticos pendulares, comedouros manuais e cerca de 50% dos galpões possuem ventiladores mas uma pequena percentagem destes está associada a nebulizadores. Quanto aos sistemas de acondicionamento ambiental, constatou-se que, em todos os sistemas, a temperatura ambiente (TA), a umidade relativa do ar (UR), o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e a carga térmica de radiação (CTR) variaram ao longo do dia, sendo que a TA, o ITGU e a CTR, apresentaram valores considerados acima do ideal para frangos de corte, e a UR ficou dentro da zona de conforto térmico. O ganho de peso diário, a conversão alimentar, a taxa de mortalidade e a idade de abate, foram semelhantes para os diversos sistemas de acondicionamento térmico analisados, e todos os índices de desempenho das aves estiveram dentro de faixas tidas como ideais para a indústria avícola

de corte. Levando-se em consideração a quantidade de carne produzida por m^2 , verificou-se que os sistemas com densidade de aves mais elevada, ou seja, 12 e 13 aves m^{-2} , tiveram acréscimo de 14,9 e 28 %, respectivamente, sobre os sistemas tradicionais.

ABSTRACT

CONSTRUCTION TYPOLOGY FEATURING AND CONDITIONS OF ENVIRONMENTAL CONFORT OF POULTRY INSTALLATIONS IN THE REGION OF "AGRESTE PARAIBANO"

Author: Dermeval Araújo Furtado

Work Guides: Prof. Dr. Pedro Vieira de Azevedo

Prof^o Dr^a Ilda de Fátima Ferreira Tinôco

The work has been developed on poultry in a highly industrial activity requiring continuing innovations, in order to increase productivity without, however, raise the production cost. In the recent years, installations proper to poultry breeding have been remarkable mainly due to breeding density raise, targeting to master working power, equipment, transportation, technical assistance, and moreover, location in order to attend the meat demanded by the market. This work has as its aim to work out a research about the main typology features of existing aviary in the inner region of "Agreste da Paraíba", and evaluate environmental thermal comfort conditions in the main conditioning systems in use, making a relation with productive rates, since the works ever conducted in Brazil have been, at most, in the southern and southeastern regions, and there are no data about this subject in the northeastern region. The thermal conditioning system used were as follow: asbestos roof with no artificial ventilation, clay roof with no artificial ventilation, asbestos roof with artificial ventilation, clay roof with artificial ventilation, asbestos roof with artificial ventilation and nebulization, clay roof with artificial nebulization and asbestos roof with artificial ventilation and aspersion over the roof, in summer condition, having as basis, environmental thermal comfort, according to air temperature, relative air humidity, black globe temperature e humidity, and for the thermal radiation load. The poultry productive performance was evaluated according to feeding, daily weight gain, feeding conversion, alive weight and mortality rate. Having this study as a basis, we observed that aviaries are highly designed in short dimensions for length and width, with low housing density. Most of the hangars are located in east-west direction, with sort distance among the aviaries, they have cemented floor, triangle-fashioned roof, wooden structure to support roof, lack of some superposed roof, low height, small edges and tall walls, besides, they got vegetal coverings and other tings proper to the surrounding environment. About, the equipments, we observed that the main heat source is GLP gas, added to automatic suspended drinking fountains, manual feeders, and about 50% of the hangars have ventilators, but a little percentage of those is associated to nebulizators. About the environmental conditions systems, there has been a conclusion that, in all systems, the environment temperature (TA), air relative humidity (UR) rate of black globe temperature and humidity (ITGU) and thermal radiation load (CTR) varied along the day, so that TA, ITGU and CTR have presented values considered above the ideal for poultry, and UR stayed inside the thermal comfort zone. The daily weight gain, the feeding conversion, the mortality rate, and age for slaughter were similar for various thermal conditioning systems checked out, and all poultry performance rates have been kept in rates known as being ideal for poultry industry. Taking into consideration the quantity of produced meat by m^2 , it was observed that the systems with a more elevated density of poultry, that's to say, 12 and 13 chickens m^2 , had a raise of 14,9 and 28% respectively, over the traditional systems.

1 – INTRODUÇÃO

As projeções indicam que a avicultura mundial terá, no ano de 2002, uma produção de 46.097 milhões de toneladas de carne de frango, sendo que, no caso específico do Brasil, em 2001, o desempenho foi considerado excelente, atingindo uma produção com patamar superior a 6,5 milhões de toneladas de carne de frango, o que mantém o País como segundo maior produtor mundial; para 2002, as projeções apontam para uma produção ainda maior, na ordem de 7,2 milhões de toneladas. As exportações de carne de frango trouxeram, para o Brasil, divisas de mais de um bilhão de dólares, e atualmente, mais de 60 países compram nosso produto. O consumo interno per capita de carne de frango alcançou 29,4 kg/ano, colocando os brasileiros entre os grandes consumidores mundiais de carne de frango .

Contudo, em climas tropicais e subtropicais, a exemplo do Brasil, os elevados valores de temperatura e umidade relativa do ar encontram-se entre os principais fatores que interferem negativamente nesta atividade (TINOCO et al., 2002). O clima é o conjunto de parâmetros atmosféricos que influenciam na caracterização do meio ambiente das instalações avícolas, sendo que temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, direção e velocidade dos ventos, radiação solar e chuvas, interferem no balanço térmico do animal e por isso influem em seu crescimento, na conversão alimentar, saúde, reprodução e, conseqüentemente, na sua produtividade. Dentre os fatores do ambiente, os térmicos são os que afetam mais diretamente a ave, pois comprometem sua função vital mais importante, que é a manutenção de sua homeotermia (BAETA e SOUZA, 1997). Se essas condições estão próximas das ideais, é grande a probabilidade de se obter alta produtividade.

O moderno frango de corte industrial é um animal que atende à demanda protéica de uma população a preços bastante baixos, constituindo um exemplo vivo da

contribuição da ciência e tecnologia à melhoria da qualidade de vida da sociedade humana, já que a produção em larga escala permite obter carne a custos bem baixos (SEVEGNANI, 2000)

Para o aprimoramento da produção avícola intensiva em países tropicais, como o Brasil, precisa-se aperfeiçoar os abrigos e equacionar o manejo para superar os efeitos prejudiciais provenientes de alguns fatores ambientais críticos. Dentro da moderna estrutura avícola, a produção industrial de frango de corte e de postura constitui um dos segmentos mais significativos, em grande parte responsável pelo surgimento e crescimento da indústria avícola mundial e brasileira. Em nosso país, nota-se um aumento da criação de aves confinadas, as quais exigem abrigos específicos para fazer frente a determinadas condições ambientais e, certamente, irão refletir na produtividade do sistema (MOURA, 2001).

Assim, modificações como alteração na altura do pé-direito, aberturas laterais, lanternins, arborização e ventilação natural e artificial, estão sendo feitas com vistas à melhoria do conforto térmico do ambiente interno das instalações para produção animal (TINOCO, 2001). Neste sentido, o Nordeste brasileiro, região caracterizada por temperaturas elevadas durante a maior parte do ano e na qual a avicultura se tem constituído numa atividade de grande importância econômica, os cuidados na concepção arquitetônica das instalações e no acondicionamento térmico do ambiente são fundamentais ao sucesso do empreendimento. O que se verifica, contudo, é que ainda não existe uma caracterização tipológica dos galpões avícolas nordestinos nem, sequer uma averiguação conclusiva sobre o ambiente térmico dentro desses abrigos.

Sendo assim, torna-se necessário levantar informações relativas a esses itens, no intuito de se obter dados que possibilitem ações com vistas à melhoria da infraestrutura existente, bem como no estabelecimento de instalações e sistemas de acondicionamento ambiente adequado ao clima nordestino.

Este trabalho foi realizado na mesorregião do Agreste do Estado da Paraíba, com o objetivo de identificar as principais tipologias arquitetônicas e de acondicionamento térmico ambiental dos aviários existentes nessa mesorregião, e avaliar, através das variáveis temperatura ambiente, umidade relativa do ar, índice de temperatura do globo negro e umidade e carga térmica de radiação, as condições de conforto ambiental das instalações avícolas e relacioná-las com os índices produtivos de frangos de corte.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

A avicultura é a atividade que possui o maior e mais avançado acervo tecnológico, dentre o setor agropecuário brasileiro, estando passando por constantes inovações nas áreas de genética, nutrição, manejo e sanidade, com o objetivo de melhorar o rendimento durante o processo produtivo. Para TINÔCO (2001) no que diz respeito às instalações avícolas brasileiras, somente há questão de sete anos, com a perspectiva do processo de globalização que movimenta a economia mundial, a indústria avícola passou a buscar, nas instalações e no ambiente, as possibilidades de melhoria no desempenho das aves e na redução de custos de produção como forma de manter a competitividade.

Estruturas agropecuárias economicamente boas para os produtores quanto à rentabilidade do rebanho e confortáveis termicamente para os animais, devem ser desenvolvidas levando-se em consideração fatores como: aptidão climática, materiais e formas de construção, já que, normalmente, mais de 50% do investimento numa criação intensiva e semi-intensiva, estão concentrados na construção de abrigos para animais (SILVA et al., 1990).

Segundo TINÔCO et al. (2002) em regiões de clima tropical e subtropical, os elevados valores de temperatura e umidade do ar, sobretudo no verão, têm-se mostrado limitantes ao desenvolvimento, à produção e à reprodução animal. Assim, modificações como alteração na altura do pé-direito, aberturas laterais, lanternins, arborização e ventilação natural e/ou artificial, estão sendo implementadas com vistas à melhoria do conforto térmico do ambiente interno das instalações para produção animal.

2.1 – Variáveis a serem observadas no planejamento de um aviário

Para o planejamento adequado de edificações, de forma a criar um ambiente térmico ideal dentro das instalações, torna-se necessária a interação de um número muito grande de fatores que definem as componentes da construção. Entre estas variáveis,

destacam-se a densidade de alojamento e o conforto térmico que a ave ocupante necessita para ter um desempenho ideal, sendo também oportuno um correto dimensionamento e manejo dos equipamentos, no interior da edificação (NÃÃS, 1996). A tipologia das instalações é bastante variável, já que depende do capital a ser investido, da disponibilidade de materiais na região e do nível tecnológico das instalações. A seguir, são descritas as principais características que devem ter as instalações para aves de corte.

2.1.1 – Capacidade de alojamento

A capacidade de alojamento de uma empresa agrícola leva em consideração vários fatores, como tamanho da propriedade, recursos financeiros, mão-de-obra e outros, que se têm modificado muito ao longo dos anos, até atingir os patamares atuais da moderna avicultura industrial. Para MALAVAZZI (1982) uma empresa agrícola deveria iniciar-se com, no mínimo, três galpões, alojando um mínimo de 10.000 aves por galpão, tendo, portanto, capacidade mínima de alojar 30.000 aves. BAUKE (1998), SEVEGNANI (2000) e MOURA (2001) estimam que na moderna avicultura as empresas devem ter capacidade de alojamento de 100.000 aves, com produção anual de 620.000 aves, divididos em instalações de maior capacidade e com maior densidade de aves. Segundo SEVEGNANI (2000) mesmo os pequenos integrados possuem, atualmente, um mínimo de 10.000 aves alojadas para conseguir manter-se na atividade. De acordo com TINÔCO et al. (2002) os padrões brasileiros atuais requerem galpões com capacidade de alojamento ideal entre 17.000 e 23.000 aves por galpão.

2.1.2 - Localização das instalações

Segundo TEIXEIRA (1997) e TINÔCO (2001) no planejamento de uma obra deve-se evitar terrenos de baixada, inibindo problemas com alta umidade, baixa movimentação do ar e insuficiente insolação higiênica no inverno. Recomendam-se terrenos com boa drenagem, numa leve encosta ou superfícies com declive suave (2 a 3%), de preferência no sentido da largura dos galpões, para facilitar o escoamento de águas servidas e pluviais. O local deve ser escolhido de tal modo que se aproveitem as vantagens da circulação natural e se evite a obstrução do ar por outras construções, barreiras naturais ou artificiais, observando-se o comportamento das correntes de ar, por entre vales e planícies, já que nesses locais é comum o vento adquirir grandes velocidades e causar danos nas construções (ABREU, 1999).

O eixo longitudinal do galpão em climas quentes, deve ser orientado no sentido Leste-Oeste, com os seguintes objetivos: de que a superfície exposta a Oeste seja a menor possível, evitando-se sobreaquecimento pela forte insolação nas longas tardes de verão; de que, ao dispor de uma fachada orientada totalmente a norte, o sol de inverno, que sobe pouco no horizonte, penetre até o interior do edifício, enquanto no verão o próprio beiral atuará como guarda-sol (no caso do hemisfério sul); tendo duas fachadas, uma permanentemente quente e a outra permanentemente fria, favorecendo a ventilação natural naqueles edifícios que não dispõem de outro meio de ativá-la (TINÔCO, 1996; TEIXEIRA, 1997; MORAES et al., 1999 e MOURA, 2001)

LEAL (1981) testando oito protótipos, alguns com diferentes formas geométricas, concluiu que os protótipos com formas geométricas paralelepipedais, com telhado de duas águas, de telhas de barro e orientados no sentido Leste-Oeste, foram os que possibilitaram melhor conforto térmico em relação aos demais protótipos testados. Segundo GUELFILHO et al. (1988) para uma geometria clássica de instalação animal a carga térmica de radiação incidente no abrigo com orientação Leste-Oeste chegou em seu maior comprimento, a ser 74% menor que a carga obtida no mesmo abrigo, com orientação Norte-Sul.

O afastamento entre aviários deve ser suficiente para que uns não atuem como barreira à ventilação natural e, segundo TINÔCO (1998) o afastamento deve ser 10 vezes a altura da construção, entre os dois primeiros aviários a barlavento, mas do segundo aviário em diante o afastamento deverá ser de 20 a 25 vezes essa altura. Para MALAVAZZI (1982) e ENGLERT (1987) o distanciamento mínimo entre os galpões deve ser de 80 a 100 m, sendo que esta distância tem a finalidade de prevenir a propagação, entre os galpões, de doenças que porventura surjam entre as aves. Na pior das hipóteses, deve-se possibilitar afastamento entre galpões de, no mínimo, 35 a 40 m (TINÔCO, 2001).

2.1.3 - Comprimento e largura dos galpões

Para BAËTA (1995) a largura do galpão tem grande influência no acondicionamento térmico interior e no seu custo, sendo que a largura de 12 m tem sido utilizada com frequência e se mostrado adequada para o custo estrutural, possibilitando bom acondicionamento térmico, desde que associada à presença do lanternim e altura do pé direito adequadamente dimensionado. A largura dos galpões está relacionada com o clima da região onde o mesmo será construído, sendo que, normalmente, se recomenda

como limites máximos, larguras de 8 a 10 m para clima quente e úmido e de 10 a 14 m para clima quente e seco (TINÔCO, 2001). Existe, contudo, tendência mundial de se projetar galpões com 12 m de largura por 125 m de comprimento, com vistas a otimizar o uso de equipamentos modernos (comedouros e bebedouros). Ainda segundo TINÔCO (1996) o pé direito do galpão pode ser estabelecido em função da largura adotada, sendo que uma largura de até 8 m deve ter pé direito de 2,80 m; entre 8 e 9 m, pé direito de 3,15 m; entre 9 e 10 m, pé direito de 3,50 m; entre 10 e 12 m, pé direito de 4,20 m e uma largura de 12 a 14 m, pé direito de 4,90 m, de forma que os dois parâmetros em conjunto favoreçam a ventilação natural no interior do galpão.

ENGLERT (1987) cita que o pé direito para uma perfeita ventilação deve ter 2,80, 3,00 ou 3,20 m, conforme a largura escolhida tenha sido 8, 10 ou 12 m, respectivamente. VIEIRA et al. (2001) observaram, em estudos com galpões tradicionais e semiclimatizados no Estado do Maranhão, que os galpões tradicionais tinham largura de 10 m, comprimento de 130 m, pé direito de 2,65 m, beiral de 1,30 m e distância entre galpões de 26 m. Os galpões semiclimatizados tinham largura de 12,0 m, comprimento de 100 m, pé direito de 3 m e beiral de 1m.

2.1.4 - Densidade de alojamento

Devido à expansão da produção de frangos e ao aumento dos custos de construção, na década de 70 os produtores dos Estados Unidos já demonstravam interesse em aumentar o número de aves por m^2 , a fim de maximizar a produção por área, porém sem expandir o número de galpões (PROUDFOOT, et al. 1979). Na tentativa de manter o País competitivo para atender a crescente demanda de exportação, também surgiram no Brasil, idéias sobre a criação em alta densidade (TINÔCO, 1998). Para MOURA (2001) a criação em alta densidade visa ao aumento da produção, com o mínimo de investimentos em construção e a otimização dos custos fixos, tais como: mão-de-obra, equipamentos, infra-estrutura de apoio, transporte e assistência técnica, porém para a adoção desse sistema deve-se, além de adicionar novos equipamentos, adotar novas práticas, principalmente de controle ambiental, a fim de que se alcançar bons resultados.

Para BAUKE (1998) densidades superiores a 12 aves m^{-2} já é considerada alta, mas, para se conseguir boa competitividade, a densidade deve ser de 15 aves m^{-2} . Segundo TINÔCO (1998) a realidade brasileira aponta para uma média de 11 a 13 aves m^{-2} e a meta é se chegar a 15 a 18 aves m^{-2} , no caso de alojamentos termicamente mais

favoráveis ou providos de equipamentos, como comedouros e bebedouros mais simples, e até mesmo a 18 a 22 aves m^{-2} , no caso de galpões termicamente confortáveis ou providos de comedouros e bebedouros automáticos (BAKKER, 2002). A alta densidade também pode ser entendida como a obtenção de mais carne de frango por unidade de área construída, podendo-se chegar, ao final da produção, até 40 $kg m^{-2}$, sendo que valores superiores a 30 $kg m^{-2}$ já são entendidos como alta densidade.

NÃÃS (1996) ao comparar estatisticamente dados médios de ganho de peso final em lotes de aves em alta e baixa densidade, com os dados de produção esperados, observou que, para dois produtores, o ganho de peso em condições de baixa densidade, esteve em média 121g abaixo do valor esperado, enquanto os lotes em alta densidade obtiveram, em média, 65g a mais que o peso tomado como ideal para a linhagem. Quanto aos dados de mortalidade, observou-se que os lotes em alta densidade apresentaram redução de 5% em comparação com os lotes de baixa densidade.

Embora a criação em alta densidade esteja causando resultados positivos, é conveniente atentar-se para o fato de que maior número de aves alojadas por área de galpão significa, também, maior dissipação de calor (das próprias aves) por m^{-2} de alojamento, o que pode gerar sobreaquecimento do ambiente em níveis incompatíveis com o bom desempenho animal e, por conseguinte, levando a prejuízos ao lote. Simultaneamente, caso a renovação do ar não seja satisfatória, sua qualidade é comprometida, agravando a situação.

Segundo LUCHESI FILHO (1997), TINÔCO (2001) e MOURA (2001) a criação de frangos de corte em alta densidade pode resultar em frangos com menor peso ao abate, mas também pode promover aumento da remuneração dos produtores, e o aumento da densidade populacional pode trazer desvantagens na qualidade da carcaça, na alteração da ordem social e nas piores condições ambientais do galpão. LUCHESI (1998) verificou que o aumento de 10 para 20 aves m^{-2} também pode aumentar o lucro total do galpão da ordem de 58 para 67%.

2.1.5 – Paisagismo circundante

Objetivando-se o conforto térmico animal em condições de calor, pode-se utilizar o paisagismo circundante, visando ao sombreamento da cobertura do galpão e de outros elementos exteriores, como a vegetação. Para CAMPOS (1986) o sombreamento pode reduzir em aproximadamente 50%, ou mais, a carga térmica de radiação incidente

sobre o animal. Mesmo à sombra, o animal ainda está sujeito à radiação de ondas longas provenientes da atmosfera, do horizonte, do solo sombreado, do solo aquecido, do material de cobertura e dos equipamentos existentes no interior da instalação. De acordo com HARDOIN (1996) a cobertura vegetal atua absorvendo a radiação solar incidente e diminuindo o aquecimento do ar, sendo este mecanismo muito importante para o controle da amplitude térmica local. Para o autor, o plantio de árvores na face leste ou oeste de construções abertas é desejável (como divisórias de alto amortecimento) para evitar a incidência da irradiância solar direta dentro das áreas das coberturas. Em geral a vegetação, seja promovendo sombra natural sobre as coberturas, ou criando regiões com micro-clima ameno, pode reverter completamente uma situação de desconforto térmico TINÔCO (1996).

TINÔCO (1998) descreve que a cobertura do solo pode afetar grandemente a carga térmica de radiação sobre as aves, devido à diferença de refletividade dos diversos tipos de materiais e cores, sendo que a grama é a melhor opção para a área externa de galpões em climas quentes. Para HARDOIN (1996) o plantio de árvores que forneçam uma boa cobertura vegetal, auxilia na dissipação do calor corporal proveniente do sol. Outro aspecto interessante no plantio de árvores é como fator coadjuvante no fluxo do ar, como canais de ventilação. Assim, é possível otimizar a energia eólica na remoção do calor dos animais.

Segundo SATTLER (1992) os efeitos da arborização sobre o conforto ambiental podem ser analisados sob diferentes aspectos, a saber: a radiação solar; velocidade dos ventos; umidade relativa do ar, dentre outros. Para CAVALHEIRO (1994) algumas considerações devem ser observadas no planejamento de uma arborização, sob o aspecto de conforto ambiental: as árvores possibilitam a redução de 6 a 8 °C na temperatura do ar, através da fotossíntese; arrefecimento térmico através da sombra; estabelecimento de circulação do ar, devido à diferença de temperatura; incremento da umidade relativa do ar, através da transpiração da fitomassa (300 - 450 ml de água m⁻² de área). Adicionalmente, a arborização contribui na redução da reflexão da luz solar, além de que as árvores consomem gás carbônico e liberam oxigênio, filtram o ar, retendo partículas sólidas nas folhas, diminuem a velocidade dos ventos e atenuam os ruídos.

As árvores utilizadas para tal fim devem ter, preferencialmente, folhas caducas, mantidas desganhadas na região do tronco frontal do galpão, favorecendo a ventilação natural. A copa superior das árvores deve ser preservada, para possibilitar o

sombreamento sobre a cobertura dos galpões nos períodos quentes, produzindo microclima mais adequado. Por outro lado, deve-se evitar árvores que reduzam a ventilação no interior das instalações, funcionando como quebra-vento (TINÓCO, 1998).

SILVA e NÃÃS (1996) em experimento realizado no período do verão, compararam aviários de postura situados em uma região arborizada com eucaliptos, com uma altura aproximada de 5 m, com galpões de postura situados em região não arborizada. Os autores concluíram que a temperatura interna dos aviários localizados na região arborizada foi 2 °C menor, e teve uma produção de ovos superior àquela nos aviários da região não arborizada.

Em regiões de clima quente e seco, os baixos índices de umidade relativa do ar, causam, além do desconforto, problemas no sistema respiratório dos animais. Desta forma, à medida que a evaporação se desenvolve, a umidade do ar se eleva e, desde que haja umidade suficiente no solo, as árvores constituem eficientes bombas hidráulicas, absorvendo a umidade do solo e liberando-a na atmosfera (PITT et al., 1988).

TEIXEIRA (1983) em experimentos na região Sudeste do Brasil em galpões de frangos de corte, com e sem ventilação artificial, observou que os galpões sem ventilação foram beneficiados pela presença de arborização desenvolvida próximo ao galpão, o que contribuiu para diminuir, em parte, a incidência de irradiação solar direta. RODRIGUES e ALVES (2002) analisando o efeito do sombreamento em instalações avícolas, concluíram que o sombreamento foi mais eficiente quando adotado para as regiões Norte e Nordeste, constituindo-se numa solução adequada para amenizar as condições adversas de alta intensidade de irradiação solar observadas nessas regiões. Segundo MACARI e FURLAN (2001) é importante que haja uma cobertura de grama em torno das instalações, pois ela reduz a quantidade de calor refletido para o interior.

Entre as recomendações técnicas destaca-se a manutenção de uma faixa rasteira de vegetação do galpão, na largura de 3 vezes a altura do galpão, seguido por uma faixa de 15 a 20 m de vegetação alta e de uma faixa de 60 a 70 m de largura, só com arbustos de porte baixo; com isto, estima-se uma melhoria de 30% na intensidade da velocidade do vento e de 10% de redução da temperatura do ar incidente sobre o galpão. Outra recomendação é a manutenção de uma faixa de vegetação rasteira em torno da edificação, na largura de 5 vezes a altura do galpão, e fazer o raleio da mata num perímetro de 80 m, retirando-se os arbustos de pequeno porte, melhorando a velocidade do ar incidente em 25% e a redução na temperatura do ar de 7% (PERDOMO, 2001).

2.1.6 - Pilares e paredes laterais (oitões)

TEIXEIRA (1997) recomenda, para aviários, pilares de madeira tratada, concreto ou alvenaria. Os oitões (paredes laterais) que recebem frontalmente o sol de nascente e poente, devem ser protegidos, o que pode ser conseguido através de pintura com cores claras, sombreando-as por meio de vegetação ou beirais, adotando-se paredes de grande capacidade calórica, como as de tijolos maciços de barro ou blocos furados com no mínimo 0,15 m de espessura, para aproveitar o fato de que a insolação é um fenômeno transitório. Para MALAVAZZI (1982) esses oitões poderão ser ou não fechados até a cumeeira, dependendo do local e da posição das instalações e da ventilação natural.

Para AZEVEDO e NASCIMENTO (1999) a estrutura de madeira para cobertura de aviário com oitões abertos é mais onerosa, em virtude do maior consumo de material exigido no contraventamento horizontal. Para eles as estruturas em pórticos pré-moldados de concreto, embora competitivas com as de madeira, são fabricadas com inclinação insuficiente para cobertura de telha de barro e escoamento de águas pluviais. Os sistemas construtivos adotados para os galpões comprometem, na maioria das granjas, as condições de conforto térmico e manejo, além de limitar o vão em 10 m.

2.1.7 - Coberturas

Do ponto de vista bioclimático, um dos principais fatores que influenciam na carga térmica de radiação incidente são os telhados. O telhado influencia no ambiente interno em decorrência principalmente dos materiais de cobertura (SILVA et al., 1990; SILVA e NÃÃS, 1996; SEVEGNANI, 1997 e PERDOMO, 2001). Os materiais e elementos construtivos componentes da construção exercem controle sobre o ambiente interno devido às suas propriedades térmicas e mecânicas (NÃÃS et al., 2001).

A proteção contra insolação direta é conseguida através da cobertura, sendo que um material de cobertura deve apresentar temperaturas superficiais amenas devendo, para isto, ter alta refletividade à irradiação solar conjugada a alta emissividade térmica na parte superior da superfície e baixa absorvidade a irradiação solar conjugada a baixa emissividade térmica na parte inferior (TINÔCO, 1996). A absorção de calor solar radiante pela telha é diretamente proporcional à superfície real exposta, razão por que se deve, para um mesmo material, dar preferência às telhas não rugosas.

NÃÃS et al. (2001) consideram o telhado o elemento construtivo mais importante em uma instalação avicol, quanto ao controle da radiação solar incidente, sendo que nos tropicos a incidência da radiação solar ocorre numa direção próxima  perpendicular aos planos que compõem a cobertura, principalmente no verão e, para as horas de maior intensidade de radiação. Tal fato resulta numa grande área de interceptação de irradiação solar, transformando o telhado no receptor mais importante da irradiação solar direta. Em estudos sobre as causas do desconforto térmico em construções em Viçosa, ROSA (1984) concluiu que o fluxo de calor através das coberturas, juntamente com as elevadas temperaturas na face inferior das telhas,  a causa principal do desconforto no interior das instalações.

O isolamento dos galpões em regiões de clima quente é extremamente importante e recomendado para reduzir o fluxo de calor no interior. No mercado existem diferentes tipos de isolamento, porém a escolha deverá ser realizada baseada no custo, na durabilidade, na manutenção e, acima de tudo, na eficiência. As telhas mais comumente utilizadas nos aviários são as seguintes: a) telha de alumínio simples, sujeitas a danos pelo granizo e ventos, menos quente que o amianto, porém mais cara; oxidam com o tempo e  barulhenta quando chove. b) cerâmica: melhor termicamente que o amianto comum e que as de alumínio, quando estes oxidam; exige agradamento mais caro, apresenta muitas frestas que atuam como pequenas bolsas de ar e permitem certa ventilação, o que  desejável, mas dificultam a limpeza. c) amianto: são as mais comuns, pela fácil construção, apesar de esquentarem muito ao sol (PEREIRA, 1986; SAVASTANO et al.,1997; MORAES et al.,1999 e TINÔCO, 2001).

A maior incidência de irradiação solar sobre determinada área ocorre durante o dia; assim, a cobertura assume papel de extrema importância, no que tange ao conforto térmico animal pois, durante o dia, reduz a carga térmica de radiação, substituindo uma área de solo aquecido por uma sombreada e, durante a noite, dificulta a perda de calor para o céu distante, o que é essencial principalmente durante o inverno (ROSA, 1984).

Para às condições brasileiras, o sombreamento através de cobertura reduz entre 20 e 40% da carga térmica de radiação no interior de instalações dos animais (SANTOS, 1993; TURCO et al., 1994; TINÔCO, 1996; BAETA e SOUZA, 1997 e ZANOLLA et al.1999 a, b). BOND et al. (1954) mediram a radiação térmica recebida de várias partes da instalação, que envolviam um animal  sombra, e concluíram que 28% da carga térmica de radiação provinham do céu; 21% do material de cobertura; 18% da área

não sombreada e 33% da área sombreada, e ainda que a quantidade de carga térmica radiante devido ao material de cobertura e sua sombra, detém mais de 50% da radiação térmica total.

GHELFI FILHO et al. (1992), MOURA e NÃÃS (1993) e SEVEGNANI et al. (1994) estudaram os efeitos comparativos de diferentes materiais de cobertura na redução da carga térmica de radiação e constataram que os melhores resultados foram obtidos com as telhas de barro, seguidas das telhas de cimento amianto pintadas de branco e alumínio, respectivamente, porém, SEVEGNANI (1997) trabalhando com telhas e tintas reflectivas, concluiu que as telhas de cimento amianto pintadas com tinta látex comum, apresentaram melhores resultados quando comparadas com as demais. NÃÃS et al. (2001) em trabalhos com modelos reduzidos, notaram que as telhas fibrocimento pintadas na parte superior de tinta látex branca, em relação aos tratamentos utilizando telhas à base de celulose prensada com material betuminoso, também pintadas apresentaram às 14:30 h, maiores valores internos de temperatura do ar, índice de temperatura de globo negro e umidade e carga térmica de radiação.

KRAVCHENKO e GONÇALVES (1980) testaram em experimentos em Goiânia, durante o verão, cinco tipos diferentes de materiais de cobertura, e chegaram a conclusão de que as condições mais favoráveis, em termos de conforto térmico, foram observadas nos ambientes cobertos com capim, telha de barro e alumínio, e que as telhas de cimento-amianto vermelha e cinza foram as menos eficientes. Quanto à estrutura do telhado, podem ser usados os mais diversos materiais, como madeira lisa, serrada, estrutura metálica ou concreto pré-moldado (TEIXEIRA, 1997) podendo, quando necessário, haver um reforço com tirantes de ferro.

2.1.8 – Lanternim

Para MALAVAZZI (1982), PEREIRA (1986), ENGLERT (1987) e HARDOIN (1995) especial atenção deve ser dada ao lanternim, que nunca deverá faltar para que se consiga uma perfeita ventilação, devendo sua largura ser aproximadamente 10% da largura do telhado, ou seja, um galpão com beiral de 1,20m para cada lado do telhado e 10,0m de largura; a abertura do lanternim será de 1,24m. Segundo CURTIS (1983) as instalações com entrada adequada de ar pelas janelas e saída por aberturas no telhado, tipo lanternim, permitem uma ventilação contínua através do efeito térmico. COSTA (1982) relata que a diferença de temperatura do ar no interior do galpão provoca

variação na densidade do mesmo que, por efeito de tiragem (termossifão) causa diferença de pressão no sentido vertical. HARDOIN (1989) pesquisando galpões com lanternins de diferentes tamanhos e galpões sem lanternim, concluiu que a temperatura interna dos galpões foi afetada significativamente pela presença do lanternim, e que estes contribuíram para a redução das referidas temperaturas e, ainda, que os aviários que utilizam lanternim com abertura de 1,5 m, permitiram a renovação total do ar em aproximadamente metade do tempo que gastou na ausência do mesmo.

BAÊTA (1995) comparando o desempenho térmico de três modelos de telhado, no verão, encontrou melhores índices de conforto térmico para as instalações que tinham lanternis, tanto simples como duplo. BAÊTA et al. (1996) em trabalhos com protótipos, concluíram que os maiores acréscimos na temperatura interna dos mesmos ocorreram para situação de lanternim fechado, sendo que a elevação de temperatura no protótipo com cobertura de cimento amianto foi aproximadamente o dobro daquela observada no protótipo coberto com telhas cerâmicas e que, em geral, as maiores aberturas de entrada e saída de ar conduziram a menores acréscimos na temperatura interna.

2.1.9 – Altura do pé-direito e tamanho do beiral

Em climas quentes, os beirais devem ser projetados de forma a evitar a penetração de chuvas de vento e raios solares. Em regiões muito chuvosas aconselha-se inclinação de 45 graus com relação ao piso. A recomendação mais comum é que os beirais tenham de 1,2 a 1,5 m, em ambas as faces Norte e Sul do telhado, de acordo com o pé-direito e com a latitude (TINÔCO, 1996 e MOURA, 2001). TEIXEIRA (1991) recomenda a seguinte equação para obtenção de proteção adequada contra os raios solares: face Norte: $23^{\circ} 27' + \text{latitude local}$ e face Sul: $23^{\circ} 27' - \text{latitude local}$.

KELLY et al. (1950) verificaram que, a medida em que se aumenta o pé-direito de uma instalação, não se altera o tamanho da sombra causada pela cobertura, mas se faz com que esta se mova mais rapidamente, diminuindo a temperatura do solo, e que coberturas com pé-direito de 3 a 4 m são recomendados, pois reduzem a carga térmica de calor, proporcionando um ambiente de temperaturas mais amenas, visto que abrigos mais altos fazem com que os animais fiquem expostos a uma porção maior de céu frio possibilitando, assim, o aumento do efeito de arrefecimento térmico.

O pé-direito de uma instalação tem sua altura variando diretamente em função da ventilação natural desejável e quantidade de irradiação solar incidente no interior

da instalação, dentre outros. Em condições de calor, faz-se opção preferencialmente, pela utilização de um pé-direito mais alto, enquanto para condições de frio é mais interessante galpões com pé-direito mais baixo (TINÔCO, 1998). Segundo CURTIS (1983) quanto maior o pé-direito da instalação, menor a carga térmica vinda do telhado sobre as aves, recomendando um pé-direito de no mínimo 3,2 m. Para galpões com 10 a 12 m de largura e 50 a 120 m de comprimento, com climatização apenas dos recursos naturais, PERDOMO (2001) e MOURA (2001) recomendam uma altura mínima de 3 m de pé direito.

Para NÃÃS (1996) o aumento da altura do pé direito de instalações, de 2,4 para 3,6 m, reduziu a temperatura do teto, que era de 35,0; 40,5; 46,1 e 51,7 °C, em 2,0; 6,0; 10,0 e 15,0 °C, respectivamente. MORAES et al. (1999) encontraram, em seus experimentos, na região de Viçosa, MG, valores mais elevados para carga térmica de radiação e índice de temperatura de globo negro e umidade em galpões com pé direito mais baixos. GARRET et al. (1967) verificaram que os valores de carga térmica de radiação incidente sobre os animais foram menores em cobertura com 4 m de pé-direito que sob aquelas com 2 m. Nesses casos, o benefício, com relação ao animal, pode ser atribuído à redução da carga térmica de radiação e não ao aumento da perda de calor por convecção.

2.1.10 – Fechamento de instalações avícolas: muretas, cortinas, telas, piso e cama

A mureta deve ter a menor altura possível, permitindo a entrada do ar a nível das aves, evitando a entrada de água de chuva e que a cama seja jogada para fora do aviário, devendo esta ter a altura de 0,2 m (TINÔCO, 1998; BAÊTA e SOUZA, 1997 e ABREU e ABREU, 2001). Entre o bordo da mureta e o telhado deve ser colocada uma tela de arame à prova de pássaros e insetos, pois estes além de trazerem enfermidades, poderão concorrer com as aves no consumo de ração (ENGLERT, 1987, CZARICK, 1989 e TEIXEIRA, 1997). As cortinas devem ser instaladas nas laterais e pelo lado de fora, para evitar penetração de sol e chuva e controlar a ventilação no interior do aviário, podendo permitir a troca gasosa com o exterior ou funcionar apenas como quebra-vento, sem capacidade de isolamento térmico. Evitando-se a entrada da radiação solar direta sobre o piso, evitam-se também possíveis aglomerações das aves.

Conforme MALAVAZZI (1982); PEREIRA (1986); ENGLERT (1987) e TEIXEIRA (1997) o piso do galpão deve ser, de preferência construído de concreto ou tijolos assentados em chapa, de forma a propiciar melhor conforto às aves e melhoria na sanidade dos galpões, evitando o abrigo de insetos, ovos de vermes e vírus, não sendo

aconselhável o piso de chão batido, por não isolar a umidade. Para ABREU e ABREU (2001) o piso de chão batido, além de não isolar a umidade, é de difícil limpeza e desinfecção.

Segundo ABREU (1999) vários materiais podem ser usados como cama de aviários, cujo período de utilização pode variar em função de seu poder de absorção, biodegradabilidade, conforto, limpeza, quantidade de poeira e, sobretudo, disponibilidade. A cama de frango contém, além da excreta das aves, o material absorvente usado como cama e, em menor quantidade, outros materiais, como ração das aves, penas, material do piso do aviário etc. O material absorvente é bastante variável, sendo os mais comuns a serragem de madeira e a casca do arroz e bagaço de cana-de-açúcar, e com menor frequência, casca de amendoim, sabugo picado e palhas em geral (MALAVAZZI, 1982 e ENGLERT, 1987).

Para frangos da linhagem Hubbard, criados em diferentes tipos de cama (capins napier, braquiária, gordura e casca de arroz) em três alturas (6, 7 e 8 cm), não foram observadas diferenças nos parâmetros produtivos para densidades de 10, 12 e 14 aves/m² (MOUCHREK et al, 1992 a, b); já MIZUBUTI et al. (1994) testaram as lotações de 10, 12 e 14 aves m⁻² em cama de maravalha e capim napier, e não encontraram diferenças para o desempenho nas densidades estudadas. ANGELO et al. (1997) em experimento com frangos de corte criados sobre cama de maravalha, casca de arroz e feno de gramíneas, não observaram diferenças para peso médio, ganho de peso médio, consumo de ração, conversão alimentar e mortalidade entre os tratamentos.

2.1.11 – Comedouros

Vários são os tipos de comedouro para aves, sendo os principais o tipo bandeja e o comedouro infantil, para as fases iniciais dos animais, e os tubulares e automáticos para as fases finais de criação. Para MALAVAZZI (1982) deve-se dar preferência aos comedouros “eletro-automático” em razão de suas vantagens, como economia de mão-de-obra na granja, sendo que, em média, utiliza-se um comedouro automático tipo prato, para 14 aves. TEIXEIRA (1997) recomenda os comedouros tubulares, por serem simples e barato, com capacidade de armazenamento de 20 a 40 kg de ração, sendo indicados um para 25 aves. Para BAUKE (1998) o comedouro automático pode prover 50 a 60 aves por prato, dependendo do manejo e do sistema de criação.

2.1.12 – Sistemas de aquecimento das aves

Controlar o meio ambiente ao redor dos pintos é um investimento que reduz substancialmente o custo do frango vivo (PERDOMO, 2001). Vários tipos de aquecedores são utilizados com o objetivo de fornecer calor e propiciar conforto térmico às aves no período inicial de desenvolvimento, em que os principais tipos de aquecedores, segundo MORO (1995), ABREU e ABREU (2001) e PERDOMO (2001) são os seguintes: aquecedores a lenha, onde o calor é transmitido às aves, principalmente por meio da condução através do ar; aquecedores elétricos, com transmissão do calor através da condução e da radiação; aquecedores a gás, cujo calor transmitido o é através da condução e da radiação; aquecedores com campânulas, sendo o calor transmitido sobretudo pela condução e convecção; aquecedores com placa cerâmica, que são uma evolução dos aquecedores de campânula, e aquecedores tipo infravermelhos, que utilizam plenamente o princípio transmissão de calor através da radiação. Trabalhando com diversos sistemas de aquecimento tradicionais, ABREU et al. (1998) e HELLMEISTER FILHO et al. (1996) concluíram que não houve diferença significativa nível de 5% para o uso de campânulas a gás e elétrica, quando relacionaram o consumo de ração, mortalidade e conversão alimentar das aves aos 14 dias de idade.

2.1.13 - Sistemas de abastecimento de água e bebedouros

Segundo HARDOIN (1995) a determinação da qualidade e quantidade da água disponível na propriedade é essencial para a definição do potencial de exploração da propriedade. A certeza de que a água é de boa qualidade, garante tranquilidade na elaboração de um sistema de exploração animal. Quando ocorre o risco de contaminação dos mananciais de água com dejetos ou produtos tóxicos de outras propriedades, deve-se evitar o emprego desta água ou dispor de mecanismos de controle de qualidade. De acordo com CAMPOS (2000) e TINÔCO (2001) a água oriunda das fontes produtoras, representadas pelos mananciais e poços artesianos, deve ser analisada periodicamente, tanto no aspecto físico como no biológico.

Os bebedouros devem propiciar boa distribuição de água ao lote, principalmente sob condições de estresse térmico. Durante os períodos de altas temperaturas os lotes aumentam sua demanda pela ingestão de água. A taxa de ingestão de água pela ingestão de alimentos é de aproximadamente 2:1, sob temperaturas de 21°C, mas aumenta para 8:1, sob temperaturas acima de 38°C (MACARI e FURLAN, 2001). Linhas

menores de distribuição de água no interior dos aviários podem auxiliar na diminuição da temperatura da água de beber. Para ABREU (1999) os bebedouros tipo Nipple são os mais recomendados, tanto por sua funcionalidade como pela higiene da água. Segundo BAUKE (1998) o bebedouro Nipple pode prover água para 10 a 14 aves por bico. MALAVAZZI (1982) recomenda o bebedouro pendular para cerca de 100 pintos e tem, como principais vantagens, o aumento da área livre para circulação, economia de água, dispensa esgotos e melhor vida útil. TEIXEIRA (1997) recomenda o bebedouro tipo pendular, já que tem reposição constante, sendo indicado um para 50 a 80 aves e o Nipple, na proporção de um para 10 a 15 aves.

Deve-se ter cuidado especial no manejo da água, associado com a qualidade e com a temperatura da mesma, mantendo-se os canos de distribuição sob o solo, a caixa d'água deve ser envolta com materiais isolantes e localizada em local coberto, protegendo-a da radiação solar direta. Deve-se manter a vazão da água em níveis adequados, evitando o seu aquecimento para que as trocas de calor animal - água ingerida sejam mais efetivas.

2.2 – Considerações sobre o conforto térmico

O controle do ambiente para a criação de aves tem papel relevante, uma vez que pesquisas têm comprovado a importância dos fatores climáticos sobre a produção de aves (PIASENTIN, 1984). Em virtude de suas características homeotérmicas e metabolismo intenso, a ave está constantemente dissipando considerável quantidade de calor para o ambiente. Diferentemente da maioria dos animais, as aves não possuem glândulas sudoríparas para auxiliar nas perdas de calor; sendo assim, dissipam o excesso de calor corporal por quatro meios: convecção, condução, radiação e respiração. A velocidade de perda de calor das aves é influenciada pela temperatura ambiental. Para MOURA (2001) quando a temperatura estiver em níveis próximos a 21 °C, as aves perdem até 75% de calor através dos meios sensíveis: radiação, condução e convecção, porém, quando a temperatura ambiental se aproxima da temperatura corporal das aves, em média 41 °C, seu meio principal de perda de calor passa a ser a liberação de calor latente, através da respiração ofegante.

Para TINÓCO (2001) e MACARI e FURLAN (2001) a zona de termoneutralidade das aves está relacionada a um ambiente térmico ideal, onde a amplitude, ou seja, a diferença entre as temperaturas máximas e mínimas, é bem estreita e, dentro da qual os animais encontram condições perfeitas para expressar suas melhores

características produtivas. Segundo MOURA (2001) a produtividade ideal pode ser obtida quando a ave estiver submetida a uma temperatura efetiva adequada, sem nenhum desperdício de energia, tanto para compensar o frio como para acionar seu sistema de refrigeração, a fim de resistir ao calor ambiental. Esta temperatura efetiva não se refere à temperatura ambiental mas, sim, à combinação dos efeitos da temperatura do bulbo seco, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento.

HARDOIN (1996) cita que se deve observar os animais como máquinas produtoras, e atentar para o fato de que nenhuma a máquina cria nada: só processa. Para processar, há necessidade das condições ideais de funcionamento, ou seja, precisa de insumos, alimento, água, ar e minerais, de condições de ambiente físico ideais, tais como: espaço, higiene e ventilação; em suma, para que possa expressar todo o seu potencial produtivo, ela necessita de conforto.

A ave, por ser um animal homeotérmico, tem habilidade para manter constante a temperatura dos órgãos internos. O mecanismo de homeostase, entretanto, é eficiente apenas quando a temperatura ambiente está dentro de certos limites. Portanto, é importante que os aviários sejam mantidos a temperaturas ambientais próximas às das condições de conforto. FABRICIO (1994) recomenda que os frangos de corte sejam mantidos dentro de uma faixa limitada de temperatura recomendando, para a primeira semana de idade, uma temperatura entre 32 e 35 °C; para a segunda semana, entre 26 e 32 °C; para a terceira semana, entre 26 e 29 °C; para a quarta semana, entre 23 e 26 °C; para a quinta semana, entre 20 e 23 °C e, a partir da sexta semana, uma temperatura de 20 °C. A temperatura ambiente é considerada um dos principais elementos climáticos responsáveis pelo incremento calórico à temperatura corporal da ave (Mac DOWELL, 1975). Neste sentido, o aperfeiçoamento dos aviários com adoção de técnicas e equipamentos de condicionamento térmico ambiental tem superado os efeitos prejudiciais de alguns elementos climáticos, possibilitando alcançar-se bom desempenho produtivo de frangos de corte em alta densidade.

ESMAY (1969) afirma que, a qualquer tempo, a quantidade de calor trocada entre o animal e sua circunvizinhança, depende das condições termodinâmicas do ar ambiente. Quando a temperatura ambiental é maior ou menor que a faixa estabelecida como ótima para o conforto animal, é recomendável o emprego de artifícios capazes de manter o equilíbrio térmico entre o animal e o meio ambiente. ECKMAN (2002) cita, como uma das principais exigências do frango moderno, a proteção ambiental, a fim de

explorar o melhoramento genético alcançado. Para que a criação avícola seja economicamente viável, é necessário que se desenvolva dentro de uma faixa de temperatura com poucas variações.

Webster, citado por VILLARES (1986) afirma que os monogástricos têm estreita faixa de termoneutralidade, em torno dos 20 °C. Para frangos de corte, esta faixa de termoneutralidade varia em função da idade, ficando implícito que a zona de conforto é variável em função da idade/peso animal. Para MACARI e FURLAN (2001) a zona de conforto está entre 21 a 23 °C, para frangos de corte com idade de 35 a 42 dias, considerando-se uma umidade relativa do ar entre 65 e 70%. Para DONALD (1998) a zona de conforto está compreendida entre 22 a 26,5 °C, sendo que, para BAÊTA e SOUZA (1997) situa-se entre 18 a 28 °C. Segundo TEIXEIRA (1997) a faixa de conforto térmico para melhor desempenho de frangos de corte está entre 15,5 °C a 26,5 °C, baseados nos critérios de ganho de peso, conversão alimentar, pigmentação e empenamento. Trabalhos têm mostrado que temperaturas superiores à faixa de 27 a 30 °C, aumentam a produção de calor e a exigência de energia, que é necessária para manter os mecanismos de resfriamento corporal (SELL, 1979; LEESON e SUMMERS, 1991).

A indicação da temperatura absoluta para o início do estresse é difícil, pois fatores como adaptação do animal ao ambiente, exposição prévia ao calor, tempo de exposição, nível de produção, peso corporal, empenamento, consumo alimentar e mudanças ambientais, podem alterar os limites de temperatura pré-estipulados para o início do estresse de calor (CURTIS, 1983; LEESON e SUMMERS, 1991; BAÊTA e SOUZA, 1997).

MILLIGAM e WINN (1964) baseando-se em ganho de peso, conversão alimentar, pigmentação e empenamento, concluíram que a temperatura ótima para frangos de corte adultos, varia entre 15,5°C a 25,5°C. Para temperatura acima deste valor, o aumento na umidade relativa do ar influenciou adversamente os parâmetros de produção das aves, enquanto nesta faixa de temperatura a variação na umidade relativa do ar não apresentou efeitos significativos sobre a produção.

Para MOURA (2001) quando a temperatura ambiental se encontra entre 28 e 30 °C, os processos de troca térmica de radiação, condução e convecção, são usualmente adequados para manter constante a temperatura corporal das aves. Segundo LOPES (1999) os limites ideais de temperatura para aves são de 13 a 29 °C. Temperaturas de até 29 °C não elevam a temperatura corporal da ave, porém isto acontece quando a temperatura

ambiente ultrapassa 32 °C. Com o aumento da temperatura e da umidade relativa do ar, a temperatura corporal pode chegar ao limite letal superior de 47 °C (ESMAY, 1969).

Para SILVA e SEVEGNANI (2001) as aves, a partir da quarta semana, mostram capacidade moderada para se defender de temperaturas abaixo da termoneutra, por usarem mecanismos comportamentais. Por outro lado, possuem uma defesa muito limitada para o calor intenso, ficando mais crítica a situação, a medida em que se aproxima o peso do abate. De forma geral, as aves não sobrevivem por longos períodos a temperaturas ambiente iguais ou superiores à sua temperatura corporal; além disso, elas têm sua faixa ideal de produção delimitada em temperaturas ambiental inferiores a 20°C de sua temperatura corporal. Em ambientes onde as temperaturas críticas são altas, torna-se importante o controle da temperatura efetiva que está incidindo sobre a ave, através do controle do ambiente da edificação.

Com temperatura ambiente abaixo das temperaturas limites de conforto, o crescimento das aves torna-se lento e a eficiência da conversão alimentar é reduzida. Temperaturas muito altas, por outro lado, também causam uma redução no desempenho produtivo. Para VILLARES (1986) o balanço adequado entre produção e eliminação do calor corporal resulta na adaptação da máquina animal, tanto no sentido termorregulador como de suas possibilidades pecuárias. TEIXEIRA (1997) diz que a temperatura cíclica que resultou em melhor crescimento dos frangos foi a mínima de 18,3 °C e a máxima de 23,9 °C e que nenhuma diferença foi significativa no crescimento entre este ciclo e a temperatura constante de 32,9 °C.

COOPER e WASHBURN (1998) concluíram que temperaturas acima de 32 °C para frangos de corte, resultaram em um aumento significativo na temperatura corporal; já a correlação entre a temperatura corporal, os ganhos de peso e a conversão alimentar, dependem da idade e das condições de alojamento.

O maior desafio está em se achar um equilíbrio entre o custo operacional de um sistema termorregular do ambiente do galpão, ou de uma monitoração mais acurada desse ambiente, de forma a poupar o sistema termorregulador da ave, dando-lhe maior aproveitamento termodinâmico e, conseqüentemente, maximizando o potencial de sua máquina térmica (ESMAY, 1969; SMITH, 1981 e CURTIS, 1983).

Quando o ambiente térmico do animal alojado está acima da zona de termoneutralidade, sua atividade física é diminuída para que a produção de calor seja mínima (SILVA e SEVEGNANI, 2001). No alojamento dos frangos, um dos maiores

problemas é a elevada temperatura ambiente que, associada às características físicas e fisiológicas das aves, limita a máxima produtividade. De acordo com MACARI e FURLAN (2001) a temperatura retal dos frangos é afetada apenas no período do dia, ou seja, os frangos mostraram temperatura retal menor no período da manhã (antes do nascer do sol) quando comparados com o período da tarde. Esses dados têm implicações práticas relevantes, pois indicam que à noite as condições de manutenção da normotermia é mais favorável para os frangos, sendo que isto favorece os mecanismos de ingestão de alimento pelas aves. No decorrer do dia, com o aumento da temperatura ambiente, as aves entram em processo de hipertermia, com redução do apetite e, conseqüentemente, redução na ingestão de alimentos.

FURLAN et al. (2000) estudaram o efeito da temperatura ambiente sobre a temperatura corporal de frangos e concluíam que a temperatura ambiente até 25 °C, as aves foram capazes de manter a homeostase térmica; já para a temperatura de 35 °C, os frangos não foram capazes de manter a temperatura corporal, entrando em estado de estresse calórico. SEVEGNANI (2000) observou que as aves submetidas a temperaturas de 24 e 32 °C, com umidade relativa de 70%, tiveram variações na sua temperatura média corporal, mas não apresentaram variação na sua temperatura retal, indicando que o frango consegue lançar mão de seus mecanismos termorreguladores de maneira eficiente, já que consegue manter a temperatura corporal interna.

Outro fator importante, o qual interage juntamente com a temperatura, é a umidade relativa do ar. A umidade relativa do ar em ambientes torna-se limitante para a maioria dos homeotermos adultos, quando a temperatura supera a marca dos 24°C e mais pronunciadamente quando ultrapassa o valor de 30°C (MULLER, 1982). Segundo MOURA (2001) as aves adultas, com cinco semanas de idade, toleram temperatura acima de 27 °C, sem problemas com o nível de umidade relativa do ar ao qual estão submetidas. Sob temperaturas do ar maiores que 32 °C e altas taxas de umidade relativa (acima de 75%) as aves são severamente estressadas. Níveis de umidade acima de 80% causam problemas, como o aumento de fezes aquosas e de gases e odores nos aviários. De acordo com ESMAY (1969) e CURTIS (1983) quando as condições ambientais no interior da instalação não estão dentro da zona de termoneutralidade, ou seja, o ambiente térmico torna-se desconfortável, o organismo animal se ajusta fisiologicamente para manter sua homeotermia, seja para conservar ou dissipar calor. Este dispêndio de energia resulta em redução na sua eficiência produtiva.

Alta temperatura, associada a umidade relativa do ar acima de 60%, reduz a eficiência da perda de calor por evaporação para próximo a 1/3, em relação ao ambiente seco (LOPES, 1999). Esta situação leva a ave ao estresse calórico e há queda no desempenho. É importante observar que a faixa ideal de temperatura para um ótimo ganho de peso das aves não corresponde à faixa para uma eficiência alimentar ideal (MOURA, 2001). KAMPEM (1984) observou, em seus experimentos, que a máxima taxa de ganho de peso para frangos de corte durante as sextas e sétimas semanas de vida ocorre entre 22 e 24 °C e umidade relativa na faixa de 50 a 70%; entretanto, a máxima eficiência alimentar ocorreu aos 27 °C.

2.3 – Modificações térmicas artificiais de instalações avícolas

As condições climáticas do meio ambiente, além de variarem ao longo das 24 horas do dia e ao longo do ano, variam também com a latitude, altitude e outras características locais que definem o clima da região (COSTA, 1982). Segundo CANTON et al. (1982) em regiões de clima tropical e subtropicais, o animal quase sempre está submetido a fadiga, pois a temperatura no interior da instalação permanece durante um bom período do dia acima da zona de termoneutralidade. De acordo com PERDOMO (1998) no Nordeste do Brasil, com relação à dissipação de calor, a partir do 7º dia de vida das aves, torna-se necessário o uso de mecanismos para dissipação de calor durante todos os dias do ano e, a partir dos 35 dias, deve-se utilizar esses mecanismos também durante a noite. FURTADO et al. (2001) e FURTADO et al. (2002) concluíram em suas pesquisas, que na microrregião de Campina Grande, PB, e nas diversas mesorregiões do Estado da Paraíba, para os períodos diurnos, as aves a partir da terceira semana, estavam em situação de desconforto térmico e havia a necessidade do emprego de mecanismos de acondicionamento ambiental, para os meses mais quentes do ano.

Ao conjunto de estratégias passíveis de serem usadas para remediar os problemas existentes na relação ave-ambiente, constituindo-se de processos artificiais para atenuar a ação dos elementos danosos ao ambiente natural sobre as aves, denomina-se modificações térmicas ambientais. CURTIS (1983) distingue duas classes de modificações ambientais: as primárias e as secundárias. Primárias são aquelas que permitem proteger a ave durante períodos em que o clima se apresenta extremamente quente ou frio, como coberturas para sombra, ventilação natural, dispositivos para fechamento das instalações, paisagismo circundante etc., e as modificações secundárias correspondem ao manejo do

micro-ambiente interno das instalações, que envolvem alto nível de sofisticação e compreendem processos artificiais de ventilação, aquecimento e refrigeração. Segundo CHANCELOR (1991) a maximização do condicionamento natural pode ser alcançado pela redução da insolação nas superfícies externas, eliminação da radiação solar direta e controle da velocidade do vento.

2.3.1 - A ventilação na produção de frangos

Uma instalação avícola ideal em termos de conforto térmico proporcionado às aves, prevê uma circulação de ar adequada, com a finalidade de remover o excesso de umidade e calor concentrado no interior dos galpões (MAY, 1998 e NÃÃS, 1989). Aumentando-se a movimentação do ar sobre a superfície corporal das aves, é facilitada a perda de seu calor para o ambiente, por processo convectivo (SMITH, 1981). A ventilação nas instalações avícolas é importante para a eliminação de gases (amônia e gás carbônico), a remoção do excesso de calor e umidade, minimização da quantidade de poeira suspensa no ar e o abastecimento de oxigênio para a respiração das aves, sendo que a cada época do ano se priorizam determinadas necessidades (BAËTA, 1998; MATOS, 2001). O emprego desses mecanismos de controle da ventilação é eficiente para favorecer o ambiente animal, pois permite a remoção do calor, da umidade e dos gases produzidos pelos animais, além de auxiliar na manutenção de instalações mais saudáveis e livres de agentes que causam doenças (HARDOIN, 1996).

No Brasil, atualmente é comum o emprego de ventiladores no interior das instalações, posicionados de modo a direcionar o fluxo de ar no sentido do comprimento do galpão. Presume-se que esta ventilação não seja eficiente na renovação do ar e conseqüente melhoria do conforto térmico animal, principalmente quando a temperatura no interior do galpão se aproxima daquela do corpo do animal. Em experimento para avaliar o posicionamento de ventiladores em galpões abertos para frangos de corte, FERREIRA et al. (1997) concluíram que a ventilação com fluxo transversal foi a que possibilitou melhores resultados de ambiente térmico e índices de desempenho. Contudo, a grande influência dos ventos dominantes ocorre com relação à direção do fluxo de ar (TEIXEIRA, 1983). ZANOLLA et al. (1999 b) também concluíram que não existe diferença dos valores médios do índice de temperatura do globo negro e umidade e da carga térmica de radiação obtidos de galpões avícolas submetidos ao sistema de ventilação lateral e sistema de ventilação em túnel.

Para CAMPOS (2000) a velocidade do ar sobre as aves deve ser de 2 a 2,16 m s⁻¹ sendo que, nestas condições haverá redução de 5 a 10 °C na temperatura ambiente e a ventilação nas instalações é mais eficiente se a temperatura ambiente estiver abaixo dos 35 °C. Para o autor, os ventiladores devem ser colocados a 1,5m de altura, de preferência nas laterais e a favor dos ventos dominantes e um ventilador será suficiente para fornecer uma ventilação adequada a uma área de 5m x 15m, ou seja, 75 m². O estabelecimento do número de ventiladores e nebulizadores vai depender do tipo de galpão adotado mas, de maneira geral, utiliza-se um ventilador para cada 1.200 frangos, em galpões de 12 m de largura.

Em condições de calor onde ocorrem altas temperaturas, a movimentação do ar é fator indispensável à melhoria das condições ambientais, que se dá principalmente de dois modos: no primeiro, ao aumentar a velocidade do ar, para temperatura ambiente abaixo da corporal, a dissipação de calor por convecção é aumentada, enquanto para qualquer temperatura ambiente a dissipação de calor na forma evaporativa é favorecida; no segundo, a renovação do ar ao redor dos animais é promovida por outro ar mais frio e menos úmido, favorecendo a dissipação de calor do animal para o ambiente e possibilitando a circulação do ar ambiente com maior índice de oxigênio e menores índices de gás carbônico e amônia (FONSECA, 1998).

Drury (1966) citado por FERREIRA et al. (1997) observou aumento no ganho de peso quando a velocidade do vento passou de 0,1 m.s⁻¹ para 2,7 m.s⁻¹. Os resultados do ganho de peso apresentaram grande correlação com a raiz quadrada da velocidade do vento. Os frangos sujeitos a maior velocidade apresentaram 50 a 100 g/semana de ganho de peso a mais que aqueles submetidos a menor velocidade do vento. TIMMONS e HILLMAN (1993) constataram que em temperatura de 37,7 °C, o aumento da velocidade do ar não reduziu o estresse calórico, e sugeriram que 35,0 °C seria a mais elevada temperatura ambiente na qual o aumento da velocidade do ar provoca redução no estresse calórico.

BAËTA e SOUZA (1997) citam que a taxa de ventilação é o maior determinante das concentrações de poluentes no ar, sendo necessária uma taxa de ventilação sanitária e uma troca de ar, que previna infecções, estimado como 750 vezes o volume respiratório dos animais. Para aves, o limite sanitário de taxa de ventilação é aproximadamente de 30 pés cúbicos por minuto.

A ventilação é fator absolutamente necessário dentro das instalações avícolas, para que o excesso de umidade do ambiente e da cama proveniente da água expirada durante o processo respiratório das aves, além daquela excretada, seja eliminado. A ventilação permite também a renovação do ar quente e úmido contendo altas concentrações de CO₂ e amônia, pelo ar mais fresco e seco. Sob condições de altas temperaturas associadas a altas umidades relativas, SMITH (1981) afirma que o aumento na velocidade do ar de um aviário via ventilação forçada, é o único método para amenizar o estresse térmico sofrido pelas aves.

MITCHELL (1985) estudando o efeito da ventilação em aves de corte adultas, observou que a 20°C o aumento da velocidade do vento de 0,3 para 1,05 m s⁻¹, não promoveu nenhuma redução na temperatura de superfície corporal dos frangos, enquanto aves submetidas a temperatura de 30°C, tiveram redução em sua temperatura superficial, de 0,6°C, quando a velocidade do vento passou de 0,3 para 1,5 m s⁻¹, mostrando-se uma forma efetiva de resfriar o ambiente e reduzir a demanda de perdas evaporativas de calor por parte das aves, além de auxiliar na manutenção de sua temperatura corporal.

A umidade relativa do ar passa a ter maior importância no conforto térmico das aves quando a temperatura ambiental atinge 25°C. Altas taxas de umidade relativa do ar associadas a temperaturas altas, fazem com que menos umidade seja removida das vias aéreas, tornando a respiração cada vez mais ofegante. A ave pode não ter capacidade suficiente para manter uma frequência respiratória alta o bastante para remover o excesso de calor interno, causando hipertermia, seguida de prostração e morte. Entretanto, acredita-se que a uma temperatura de 32°C e umidade relativa de 50 a 60%, as aves atinjam sua habilidade máxima de liberar calor por meios evaporativos (SILVA e SEVEGNANI, 2001).

Para as condições brasileiras em que as médias anuais de temperatura estão acima de 25°C, considera-se a ventilação forçada como elemento imprescindível dentro de galpões de produção, principalmente nas fases de engorda e terminação. Ventiladores e exaustores em um ambiente fechado possibilitam trocas regulares do ar e, além disso, promovem a remoção da umidade que se forma dentro das instalações, e do calor gerado pelos animais e pela radiação solar. Esta última entra via paredes, via teto, e até mesmo pela ventilação natural.

2.3.2 - Sistemas de resfriamento adiabático evaporativo

Em condições de temperatura elevadas a menor temperatura que se consegue obter no interior do galpão, é exatamente aquela do ar externo usado na ventilação, a qual, muitas vezes, assume valores acima do desejável. Assim, o possível favorecimento da ventilação na dissipação do calor corporal na forma sensível, se anula quando a temperatura do ar se equipara à temperatura corporal da ave, sendo prejudicial para temperaturas do ar mais elevadas (TINÔCO, 1996). Quando não há problemas com a saturação do ar dentro dos aviários, pode-se utilizar o sistema de resfriamento evaporativo, constituído basicamente pelo uso de nebulizadores, permitindo que o ar não saturado do ambiente entre em contato com a água em temperatura mais baixa, ocorrendo então a troca de calor entre o ar e a água (TINÔCO, 1988).

Uma das formas de resfriamento do ar é o resfriamento adiabático evaporativo, o qual possibilita, em alguns casos, redução da temperatura do ar de até 11 °C, dependendo das condições psicrométricas deste (WHITAKER, 1979). Os sistemas de resfriamento adiabáticos evaporativos consistem em mudar o ponto do estado psicrométrico do ar para maior umidade e menor temperatura, mediante o contato do ar com uma superfície umedecida ou líquida, ou com água pulverizada ou aspergida. Como a pressão do ar instaurado a ser resfriado é menor que a da água de contato, ocorre vaporização da água; o calor necessário para esta mudança de estado vem do calor sensível contido no ar e na água, resultando em decréscimo da temperatura de ambos e, conseqüentemente, do ambiente (WIERSMA e STOTT, 1983). O resfriamento adiabático evaporativo do ar pode ser obtido por vários processos, como a nebulização associada à ventilação e a aspersão de água sobre a cobertura, associada à ventilação.

2.3.2.1 - Nebulização associada à ventilação

Os processos de ventilação apenas melhoram a sensação térmica das aves, mas não diminuem a temperatura interna do galpão, sendo oportuno a utilização conjunta de ventiladores e nebulizadores (TINÔCO, 1998). O funcionamento desse sistema consiste na pulverização de pequenas gotículas, formando uma espécie de névoa no local que para ser evaporada, extrai calor do meio ambiente, reduzindo a temperatura interna do galpão e aumentando a umidade relativa do ar. Esta técnica possibilita o resfriamento adiabático de forma natural, se estiverem num limite de umidade relativa em torno de 70%. Os

ventiladores, quando utilizados juntamente com os nebulizadores, asseguram melhor distribuição desta pulverização (TINÔCO, 1996).

De acordo com MAY (1998) dentre os sistemas evaporativos disponíveis, a nebulização, associada à ventilação, tem sido o sistema mais comumente encontrado nos Estados Unidos para a criação de frangos de corte. Para TINÔCO (1988) o processo de resfriamento evaporativo é mais efetivo em regiões de clima quente e seco; entretanto, o sistema também pode ser utilizado para o resfriamento de galpões localizados em regiões úmidas, principalmente nos horários de menor umidade relativa do ar, que coincidem com os períodos mais quentes do dia. O resfriamento evaporativo reduz a temperatura ambiente e aumenta a umidade relativa do ar, o que implica em temperatura de bulbo seco próxima à do bulbo úmido.

FONSECA (1998) em trabalhos com frangos de corte com diferentes densidades (14, 16 e 18 aves m^{-2}) na Zona da Mata mineira, criados em galpões abertos, cobertos com telhas de cimento amianto e equipados com diferentes sistemas de acondicionamento de ambiente, encontrou valores médios de umidade relativa do ar bem próximos, para as três densidades estudadas e os diferentes sistemas de acondicionamento, e abaixo daqueles considerados como limites superiores para o bom desempenho da criação de frangos de corte.

FERREIRA et al. (1997) em pesquisa no município de Igarapé, MG, avaliando o desempenho de galpões sem ventiladores e com ventiladores e suas respectivas orientações, concluíram que, com base na umidade relativa do ar, o melhor ambiente térmico foi proporcionado pela ventilação transversal, enquanto o pior ambiente ocorreu na ausência da ventilação.

2.3.2.2 - Aspersão de água sobre a cobertura

Com o objetivo de reduzir a temperatura da telha e circunvizinhança nas horas de calor intenso, pode-se usar aspersão sobre a cobertura (VAQUEIRO, 1981). A utilização de aspersão sobre a cobertura produz redução da temperatura da telha, simultaneamente por evaporação da água em contato com a telha, evaporação da água sobre a telha, transferência de calor da telha para a lâmina de água e remoção de calor por convecção sobre a cobertura, por meio do ar já resfriado evaporativamente (TINÔCO, 2001). Todo este processo leva à redução do gradiente térmico que chega a superfície inferior da telha e, conseqüentemente, da carga térmica de radiação sobre as aves. Deve-se,

neste caso, equipar o telhado com calhas no beiral para recolhimento de água, possibilitando seu reaproveitamento e se evitando umedecer os arredores do galpão (MACARI e FURLAN, 2001).

LAMBERT et al. (1977) citam que a aspersão d'água, com umedecimento periódico de material poroso, e sua posterior evaporação, pode ser empregada para diminuição da temperatura das telhas cerâmicas. MORAES et al. (1999) testando o efeito de dezoito diferentes tipos de cobertura sobre o conforto térmico ambiente em protótipos de galpões avícolas, na região de Viçosa, MG, demonstraram vantagem significativa da aspersão sobre os diferentes materiais de cobertura, em relação a esses mesmos materiais, em associação a materiais isolantes ou em associação a forros.

2.4 - Índices de conforto térmico ambiental

Em geral, os parâmetros ambientais mais utilizados na determinação destes índices têm sido a temperatura do termômetro de bulbo seco e a umidade relativa do ar. No entanto, sob condições de clima tropical e subtropical, um animal pode estar exposto a uma carga térmica de radiação maior que sua produção de calor metabólico, resultando num nível maior de desconforto (CAMPOS, 2000). Segundo este autor, o indivíduo, mesmo estando sob um abrigo coberto, fora da radiação solar direta, recebe influência da radiação difusa do céu e da energia refletida do solo e objetos próximos.

2.4.1 – Índice de temperatura e umidade (ITU)

Vários índices do ambiente térmico têm sido propostos e usados para prever o conforto ou desconforto animal, em relação às condições ambientais (TINÔCO 1996). O Índice de Temperatura e Umidade, ITU, originalmente desenvolvido por THOM (1958) foi utilizado por órgãos oficiais de climatologia dos Estados Unidos para determinar o índice de conforto higrotérmico ambiente, em que o ITU é expresso pela seguinte fórmula:

$$ITU = T_a + 0,36 T_d - 330,08 \quad (2.1)$$

T_a é a temperatura de bulbo seco (K) e T_d é a temperatura do ponto de orvalho (K). O ITU não reflete a carga de radiação térmica em virtude da troca de calor que normalmente ocorre entre o animal e o ambiente na forma radiante, sendo considerado um índice

ineficiente para previsão das condições de conforto dos animais em climas quentes (OLIVIERA e ESMAY, 1982).

2.4.2 - Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU)

BUFFINGTON et al. (1977) propuseram o índice de temperatura do globo negro (ITGU) por ser mais preciso para avaliar o conforto térmico que o ITU, já que incorpora os efeitos da umidade, do escoamento do ar, da temperatura do ar e da irradiação em um único valor. OLIVEIRA e ESMAY (1982) concluíram que, em regiões de clima quente, o ITGU é melhor indicador de conforto térmico que o ITU. A diferença entre a temperatura do globo negro e a do ar, reflete o efeito da radiação solar sobre o animal. Para CAMPOS (2000) este índice é o mais eficiente e prático na determinação do conforto térmico dos animais.

TEIXEIRA (1983) desenvolvendo pesquisas em instalações para frangos de corte na região de Viçosa e Visconde do Rio Branco, MG, concluiu que durante a primeira semana de vida das aves, os ambientes com valores do índice de temperatura do globo negro (ITGU) variando entre 78,5 e 81,6 não influenciaram na conversão alimentar nem no ganho de peso; na segunda semana, os ambientes com valores de ITGU variando entre 67,4 e 75,6 permitiram um aumento de 44% na conversão alimentar e redução de 30% no ganho de peso das aves ocorrendo, conseqüentemente, desconforto devido ao frio; da terceira à sexta semana, os ambientes cujos valores de ITGU variaram entre 65,0 e 77,0, não afetaram o desempenho dos frangos e, portanto, foram considerados confortáveis para a produção; na última semana, os ambientes com valores de ITGU variando entre 73,3 e 80,5 conduziram a uma conversão alimentar 41% pior e redução de 32,2% em ganho de peso dos frangos sendo, portanto, considerados desconfortáveis em virtude das condições térmicas desfavoráveis.

PIASENTIN (1984) comparando dois tipos de piso suspenso, observou que para o período de quatro a sete semanas de idade das aves, os valores de ITGU variaram de 65 a 77, concluindo que esses índices não influenciaram a produção das aves, sendo esses valores compatíveis com a produção, no período considerado. TINÔCO (1988) conduziu experimentos com frangos de corte em condições de verão em Uberaba, MG, e verificou que valores de ITGU superiores a 75,0 causam desconforto nas aves acima de quinze dias de vida, e que a situação de estresse se agrava a medida em que a aves se desenvolvem.

SILVA et al. (1990) estudando o efeito do ITGU em abrigos com diferentes materiais de cobertura (telha canal e de cimento amianto), concluíram que a telha de cerâmica proporcionou valores menores de ITGU (83,08 e 83,74 às 11 e 14 h, respectivamente), que os proporcionados pela telha de cimento amianto (84,87 e 87, 24 às 11 e 14 h, respectivamente).

TINOCO (1996) ao avaliar sistemas de condicionamento do ambiente e desempenho de matrizes pesadas verificou que o sistema adiabático evaporativo de material poroso acoplado ao ventilador e tubo de distribuição de vazão de ar (SPVT) apresentou melhor resultado, e que o ITGU variou de 74,29 a 77,45 no período das 8 às 12 horas (médias das observações de cada período) e de 78,06 a 76,36 no período das 14 às 18 horas, com média de 76,3 no período da manhã, e 77,18 no período da tarde.

LOPES (1999) em trabalho com matrizes de frangos de corte encontraram entre a 10^a e a 22^a semana de vida das aves, valores médios de ITGU no período matinal, oscilando em torno de 80, concluindo que as aves estavam em desconforto. A partir da 23^a semana, o ambiente permaneceu na faixa de conforto higrotérmico. No período vespertino, os valores de ITGU permaneceram próximos de 77,2, da 10^a à 42^a semana, portanto, dentro da faixa de conforto higrotérmico.

MORAES et al. (1999) em trabalhos na região de Viçosa, MG, com modelos reduzidos utilizando telhas de cimento amianto e diversas associações, encontraram valores mínimos de ITGU de 75,5 para o horário das 8 horas e máximo de 83,2 para o horário das 14 horas, para galpões com telhas com cimento amianto e de 75,8 e 82,0 como valores mínimos e máximos, respectivamente, para galpões com telhas de cimento amianto e aspersão sobre a cobertura. Neste trabalho, o sistema mais eficiente, baseado no ITGU, foi o de aspersão de água sobre a cobertura.

SARTOR et al. (2000) em trabalhos com frangos de corte na região Sul do Brasil, concluíram que o melhor foi o sistema com ventilador de alta rotação associada à nebulização, que proporcionou os melhores resultados, reduzindo os valores de ITGU e da CTR no período crítico do dia (das 10 às 16 horas), seguido do sistema com ventilador associado à nebulização, em comparação com os sistemas de nebulização e ventilador acoplado ao nebulizador.

2.4.3 - Carga Térmica de Radiação (CTR)

Este índice expressa a carga térmica radiante a que está exposto o globo negro em todos os espaços ou partes da vizinhança, quantificando a radiação ambiente incidente sobre o animal, com base na temperatura radiante média. Em trabalho realizado por ROSA (1984) foram obtidos, às 14 horas, em um dia típico de céu claro com 12,3 horas de insolação, em Viçosa, MG, valores de CTR de $498,3 \text{ W m}^{-2}$ sob telhas de barro (francesa) e de $515,4 \text{ W m}^{-2}$ para galpões com telhas de cimento amianto. MORAES et al. (1999) encontraram valores médios de CTR (8, 10, 12, 14 e 16 horas) de $487,6 \text{ W m}^{-2}$ para telhas de cimento amianto e de $480,9 \text{ W m}^{-2}$ para galpões com telhas de cimento amianto e aspersão sobre a cobertura.

FERREIRA et al. (1997) comparando índices de conforto térmico em galpões com telhas de cimento amianto sem ventilação e com ventilação transversal, concluíram que o sistema com ventilação transversal propiciou menores valores de CTR, de 456,3 e 453,2; 506,0 e 438,4; 518,8 e 506,0; 526,7 e 504,0; 506,3 e 484,6, para os galpões com telha de amianto sem ventilação e galpões com telhas de cimento amianto e ventilação transversal, nos horários das 8, 10, 12, 14 e 16h, respectivamente.

SILVA et al. (1990) ao estudarem o efeito da CTR em abrigos com diferentes materiais de cobertura (telha canal e de cimento amianto), concluíram que nos dias de maior entalpia a telha de cerâmica proporcionou valores menores de CTR ($554,46$ e $549,43 \text{ W m}^{-2}$ às 11 e 14 h, respectivamente) que os proporcionados pela telha de cimento amianto ($609,90$ e $646,68 \text{ W m}^{-2}$ às 11 e 14 h, respectivamente).

2.4.4 - Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar é um fator climático que auxilia na determinação do conforto térmico do ambiente, podendo ser obtida por meio de psicrômetro, que consiste em dois termômetros, um de bulbo seco e outro de bulbo úmido, dispostos paralelamente. Quando o ar não está saturado, a água presente no tecido se evapora, retirando o calor latente do ar que circunda o bulbo do termômetro, provocando o resfriamento do elemento sensível. Como o termômetro de bulbo seco se mantém em equilíbrio térmico com o ar, a diferença de temperatura entre os dois termômetros é tanto maior quanto menor for a umidade do ar.

Os componentes que mais contribuem para aumentar a umidade das instalações avícolas são a água evaporada via respiração e a água eliminada nas fezes, que é em torno de 70% do peso das dejeções em condições de ambiente na zona de conforto ou

próximo a esta (FONSECA, 1998). A ave excreta água principalmente pelas fezes, nas quais aproximadamente 25% provêm da urina e os outros 75% se originam no trato digestivo e na respiração.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho teve sua fase experimental realizada nas granjas de criação de frangos de corte localizadas na Mesorregião do Agreste do Estado da Paraíba. Este Estado está localizado na porção oriental da região Nordeste, situando-se entre os meridianos de $34^{\circ} 47' 30''$ e $38^{\circ} 46' 17''$ O e os paralelos de $6^{\circ} 01' 48''$ e $8^{\circ} 18' 10''$ S. A Paraíba possui uma área de $56.584,6 \text{ km}^2$, dos quais 55.119 km^2 estão localizados no “Polígono das Secas”, ou seja, 97,41% da sua área. O estado se dividi em quatro mesorregiões: Mata, Planalto da Borborema, Agreste e Sertão (Figura 1). A mesorregião do Agreste paraibano tem $13.078,3 \text{ km}^2$, representando 23,11% do Estado e é responsável por aproximadamente 50% da produção avícola.

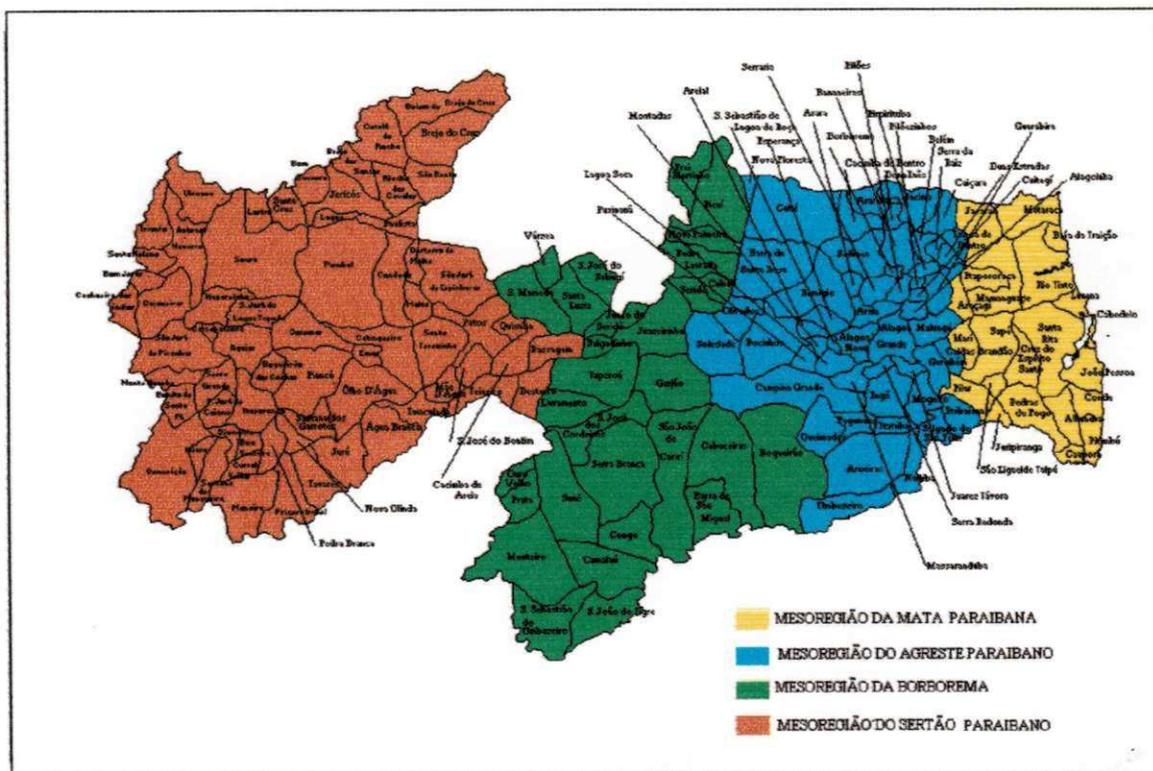


FIGURA 1. Distribuição das mesorregiões do Estado da Paraíba (Fonte : Atlas Geográfico da Paraíba)

O trabalho experimental foi dividido em duas etapas, a primeira constituída do levantamento das tipologias ou das principais características dos aviários para frangos de corte existentes nesta mesorregião, sendo que nesta foram avaliados 355 galpões escolhidos aleatoriamente nesta área. Do estudo, estabeleceram-se sete diferentes tipologias de aviários, que melhor representam a concepção arquitetônica, materiais e sistemas de condicionamento de ambiente da região estudada. Definidos os padrões ou tipologias, selecionaram-se vinte e um galpões representativos de cada padrão, constituindo assim três repetições por tratamento.

Na segunda etapa do experimento foram avaliadas as condições ambientais desses sete diferentes tipos de galpões, com base na temperatura ambiente (TA), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica de radiação (CTR) obtidos em intervalos regulares de duas horas, durante o período das 8 às 16 horas, por um período de dez dias, em cada um dos tratamentos. Estes dados ambientais foram confrontados com os resultados de desempenho das aves, avaliado pelo peso vivo (PV), ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar (CA), taxa de mortalidade (TM) e idade média de abate (IdAb).

A primeira fase foi realizada no período de maio a novembro de 2001 e a segunda fase iniciou-se em setembro de 2001, finalizando em março de 2002, período em que ocorre a estação seca, quando são registradas as maiores temperaturas; para a segunda fase, optou-se por granjas que integram a empresa agrícola GUARAVES – Guarabira Aves S.A e as granjas integradas à empresa agrícola “Granja Santissimo”, em razão de seus padrões técnicos, maior distribuição na região estudada, localização e rotina de acompanhamento de todas as fases de produção por parte dessas integradoras. As granjas selecionadas estavam todas localizadas nas microrregiões de Campina Grande e Guarabira, principais pólos produtores de aves do Estado da Paraíba e responsáveis por grande parte do abastecimento de carne de frango.

O município de Campina Grande tem as seguintes coordenadas geográficas: $7^{\circ} 15' 18''$ S, $35^{\circ} 52' 28''$ O e altitude média de 550 m e o município de Guarabira possui as seguintes coordenadas: $6^{\circ} 51' 18''$ S; $35^{\circ} 29' 24''$ O e altitude média de 98 m O clima da região, de acordo com a classificação de Koppen adaptada ao Brasil (BRASIL, 1972) é do tipo climático As' , quente e úmido, que se caracteriza por apresentar chuvas de outono e inverno e um período de estiagem de 5 a 6 meses. O período seco começa em setembro e se prolonga até fevereiro/março, sendo novembro o mês considerado o mais quente.

3.1 – Primeira etapa experimental

3.1.1 - Definição da tipologia das instalações

Nesta fase foram visitados 355 galpões, em 72 granjas que desenvolvem criação de frangos de corte, tendo sido levantados os seguintes dados:

- ◆ Número de galpões por granja.
- ◆ Capacidade de alojamento/granja e capacidade e densidade de alojamento/galpão.
- ◆ Sentido dos galpões e a distância entre eles
- ◆ Comprimento e largura dos galpões
- ◆ Paisagismo circundante
- ◆ Paredes laterais (oitões)
- ◆ Cobertura, estruturas de sustentação e lanternins
- ◆ Beiral e altura do pé direito
- ◆ Pilares, muretas, cortinas e telas
- ◆ Tipo de piso e cama
- ◆ Sistemas de aquecimento
- ◆ Fontes de abastecimento de água
- ◆ Tipos de comedouros e bebedouros
- ◆ Ventiladores, nebulizadores e aspersores sobre a cobertura.

3.1.2 - Sistemas de acondicionamento térmico ambiental

Dos 355 galpões pesquisados, estabeleceu-se sete padrões diferenciados de tipos de cobertura e sistemas de acondicionamento ambiental, com 3 repetições de cada tipo, sendo que esta escolha foi baseada nas características, disponibilidade e localização dos galpões. Os tipos de galpões escolhidos para a pesquisa foram os seguintes:

- ◆ Telha de amianto sem sistema de ventilação artificial (TASV)
- ◆ Telha de barro sem sistema de ventilação artificial (TBSV)
- ◆ Telha de amianto com sistema de ventilação artificial (TACV)
- ◆ Telha de barro com sistema de ventilação artificial (TBCV)
- ◆ Telha de amianto com ventilação artificial e nebulização (TAVN)
- ◆ Telha de barro com ventilação artificial e nebulização (TBVN)
- ◆ Telha de amianto com ventilação artificial e aspersão sobre a cobertura (TAVA)

Todos os galpões estavam orientados no sentido Leste-Oeste, não possuíam lanternis, tinham piso concretado, laterais protegidas com telas de arame galvanizado, cortinas manuais, cama com 10 cm de espessura e composta de palha de arroz ou bagaço de cana-de-açúcar, sendo que no Quadro 1 dos anexos, encontra-se um resumo dos sistemas de acondicionamento térmico ambiental.

3.1.2.1 - Telha de amianto sem sistema de ventilação artificial (TASV)

Os galpões avícolas caracterizados dentro deste grupo, tinham uma média de 72,0 m de comprimento por 11,0 m de largura, pé direito de 3,0 m e beiral de 1,8 m; oitões semi-abertos (janelas), muretas com 0,30 m de comprimento, além de comedouros e bebedouros pendulares. A distância entre os galpões eram, em média, de 60 m e a densidade de alojamento era de 10 aves m². Neste tratamento prevaleceu a condição natural do ambiente, não havendo nenhum tipo de controle do ambiente artificial.

3.1.2.2 - Telha de barro sem sistema de ventilação artificial (TBSV)

Os galpões deste grupo apresentaram uma média de 60,0 m de comprimento por 8,0 m de largura, pé direito de 3,0 m e beiral de 2,2 m. Oitões semi-abertos (janelas), muretas com 0,40 m de comprimento, além de comedouros e bebedouros pendulares. A distância entre os galpões era em média de 40 m e a sua densidade de alojamento era de 10 aves m². Neste tratamento, prevaleceu somente a condição natural do ambiente, não havendo nenhum tipo de controle artificial do ambiente.

3.1.2.3 - Telha de amianto com sistema de ventilação artificial (TACV)

Galpões com média de 72,0 m de comprimento por 11,0 m de largura, pé direito de 3,0 m e beiral de 1,8 m. Possuíam ainda oitões semi-abertos (janelas), muretas com 0,30 m de altura, além de comedouros e bebedouros pendulares. A distância entre os galpões tinha uma média de 70 m e a densidade de alojamento era de 10 aves m². Neste tratamento, o sistema de ventilação se compunha de quatro ventiladores helicoidais de seis pás, 495 rpm, diâmetro 0,97 m, vazão nominal de 300 m/minuto, motor de indução trifásico, 0,5 CV e posicionados a cada 14,4 m no sentido do comprimento do galpão, na direção do vento dominante, e a 2,0 m do piso. Os ventiladores eram acionados quando a temperatura do ar atingia 25 °C.

3.1.2.4 - Telha de barro com sistema de ventilação artificial (TBCV)

Galpões com média de 75,0 m de comprimento por 9,0 m de largura, pé direito de 2,30 m e beiral de 0,50 m. Dois galpões possuíam oitões abertos semi-abertos, e um com os oitões fechados, muretas com 0,30 m de altura. A distância entre os galpões era em média 12 m. Os comedouros eram automáticos e pendulares e bebedouros pendulares e a densidade de alojamento era de 10 aves m². O sistema de ventilação era composto de três ventiladores helicoidais de seis pás, 495 rpm, diâmetro 0,97 m, vazão de 300 m³/minuto, motor de indução trifásico, 0,5 CV e posicionados a cada 25m no sentido do comprimento do galpão, direcionado no sentido do vento dominante e a 1,5 m do piso. Os ventiladores eram acionados quando a temperatura do ar atingia 25 °C.

3.1.2.5 - Telha de amianto com ventilação artificial e nebulização (TAVN)

Galpões com média de 105,0 m de comprimento por 11,0 m de largura, pé direito de 3,2 m e beiral de 1,2 m. Possuíam oitões semi-abertos (janelas), muretas com 0,22 m de altura, além de comedouros e bebedouros automáticos. A distância entre os galpões era em média de 60 m e a densidade de alojamento era de 12 aves m². Neste tratamento, a ventilação era composta por dezoito ventiladores posicionados em duas linhas, a cada 13,0 m no sentido do comprimento do galpão, direcionado no sentido do vento dominante, helicoidal de seis pás, 495 rpm, diâmetro 0,97 m, vazão de 300 m³/minuto, motor de indução trifásico, 0,5 CV. Os ventiladores eram acionados quando a temperatura do ar atingia valores iguais ou superiores a 25 °C.

O sistema de nebulização era constituído de tubos de PVC, instalados em duas linhas equidistantes, com bicos de nebulização instalados a cada 3 m, posicionados a 3,5 m de altura do piso. O sistema, acionado por um sistema de bombeamento individual, entrava em funcionamento para temperaturas do ar superiores a 29^o C, sendo desligado quando a umidade relativa do ar alcançava 80% e quando se presenciava condensação sobre a cama.

3.1.2.6 - Telha de barro com ventilação artificial e nebulização (TBVN)

Galpões com média de 105,0 m de comprimento por 11,0 m de largura, pé direito de 3,2 m e beiral de 1,2 m; oitões semi-abertos (janelas), as muretas com 0,22 m de altura, além de comedouros e bebedouros automáticos. A distância entre os galpões era em média de 50 m e a densidade de alojamento era de 13 aves m². Neste tratamento, a



FIGURA 2. Vista externa dos galpões com telha de barro sem sistema de ventilação artificial

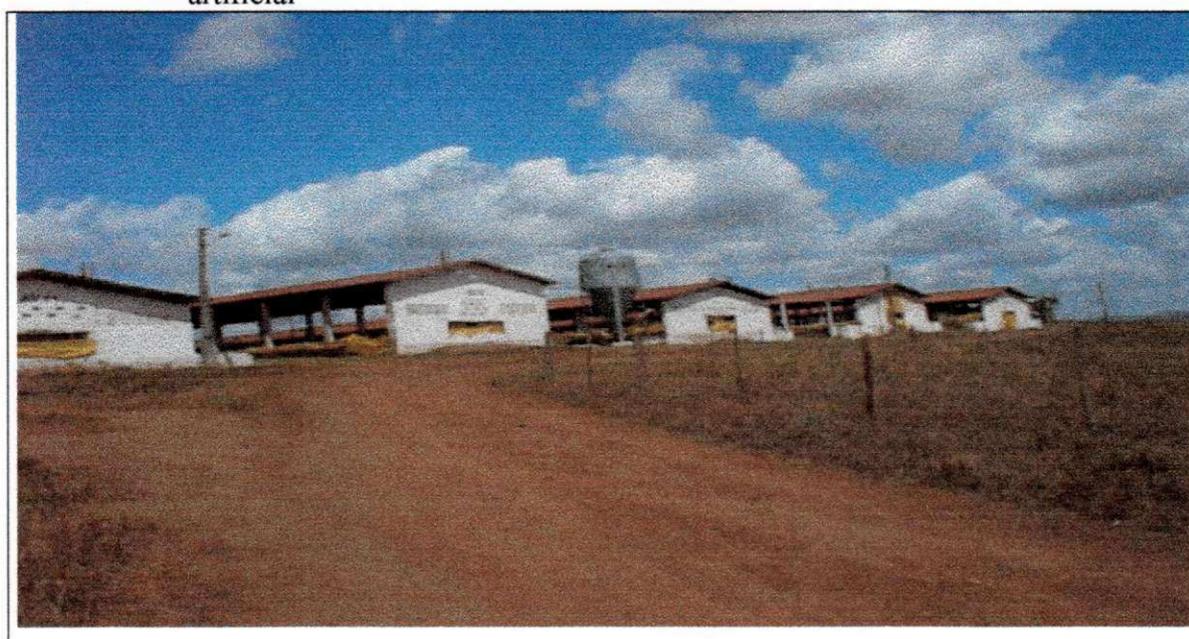


FIGURA 3. Vista externa dos galpões com telha de barro e sistema de ventilação artificial

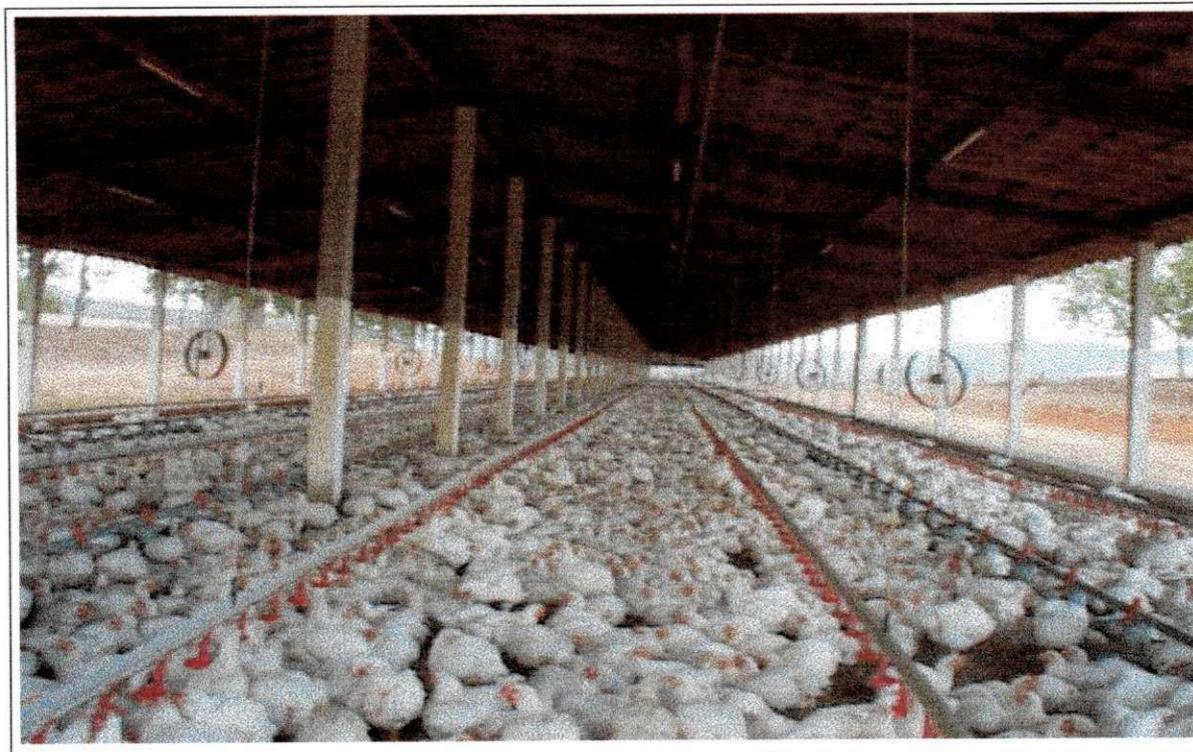


FIGURA 4. Detalhe interno do galpão com telha de barro com ventilação artificial e nebulização



FIGURA 5. Vista externa do galpão com telha de amianto com ventilação artificial e nebulização

ventilação era composta por dezoito ventiladores, posicionados em duas linhas a cada 13,0 m no sentido do comprimento do galpão, a favor do vento dominante, helicoidal de seis pás, 495 rpm, diâmetro 0,97 m, vazão de 300 m/minuto, motor de indução trifásico, 0,5 CV. Os ventiladores eram acionados quando a temperatura do ar atingia 25 °C.

O sistema de nebulização era constituído de tubos de PVC instalados em duas linhas equidistantes do eixo do galpão, com bicos de nebulização instalados a cada 3,0 m, posicionados a 3,5 m de altura do piso. O sistema, acionado por um sistema de bombeamento individual, entrando em funcionamento para temperaturas do ar acima de 29° C, sendo desligado quando a umidade era superior a 80%, e quando se presenciava condensação sobre a cama.

3.1.2.7-Telha de amianto com ventilação artificial e aspersão sobre a cobertura (TAVA)

Galpão com de 50,0 m de comprimento por 9,0 m de largura, pé direito de 3,0 m, beiral de 1,8 m. Oitões semi-abertos (janelas), muretas com 0,40 m de altura, além de comedouros automáticos e bebedouros pendulares. A distância entre os galpões era em média de 45 m e a densidade de alojamento era de 10 aves m². O sistema de ventilação se compunha de dois ventiladores helicoidais de seis pás, 495 rpm, diâmetro 0,97 m, vazão de 300 m/minuto, motor de indução trifásico, 0,5 CV e posicionados a cada 12,5 m no sentido do comprimento do galpão, a favor do vento dominante, e a 2,0 m do piso. Os ventiladores eram acionados quando a temperatura do ar atingia 25 °C.

O sistema de aspersão sobre a cobertura era constituído de dois tubos de polietileno de baixa densidade – PEBD de 20 mm de diâmetro, com proteção contra raios ultravioleta, um em cada lateral do telhado, a 2,0 m da cumieira do galpão, às quais foram introduzidos os aspersores, sendo que o primeiro foi colocado a 2,0 m do início do galpão e, a partir destes, a cada 4,0 m, em todo o comprimento do galpão. Nas laterais do galpão foram colocadas calhas para o reaproveitamento da água. O sistema era acionado por um sistema de bombeamento individual, entrando em funcionamento quando a temperatura do ar atingia 25° C.

3.2 – Segunda etapa experimental

3.2.1 - Manejo das aves

As aves tiveram, nas suas diversas fases de criação, manejo semelhante em todos os tratamentos, recebendo rações isoprotéicas e isocalóricas, balanceadas de acordo com suas exigências, na fase inicial (22,0% de proteína e 2.800 kcal), de crescimento (19,0% de proteína e 3.000 kcal) e final (18,0% de proteínas e 3.200 kcal). As rações utilizadas foram fornecidas pelas empresas integradoras e semelhantes para todas as granjas pesquisadas.

3.2.2 - Medição das variáveis ambientais

Para avaliação dos dados das variáveis ambientais, tanto dentro dos aviários quanto na área externa foram efetuadas, diariamente e para cada galpão experimental, a cada duas horas, no intervalo das 8:00 às 16:00 horas, medições da temperatura de bulbo seco (T_a), temperatura de bulbo úmido (T_u), temperatura de globo negro (T_{gn}), temperatura máxima (T_{max}), temperatura mínima (T_{min}) e velocidade do vento (v), durante o período de 10 dias. Com esses dados calcularam-se os valores da UR, do ITGU e da CTR, nos horários considerados, sendo instalados 2 termômetros em cada galpão, e efetuado a média destes para efeitos dos cálculos dos índices de conforto térmico. Essas medições foram iniciadas, quando as aves tinham idade acima de 30 dias, sendo a única exceção o sistema TAVA, que teve início quando as aves tinham a idade de 20 dias, em razão da disponibilidade do aviário.

3.2.3 - Interior dos galpões

Os dados de T_a e T_u foram determinados por psicrômetros, constituídos por meio de termômetros de bulbo seco e bulbo úmido em vidro, com sensores de mercúrio e resolução de 1°C . Os psicrômetros foram instalados a 0,35 m acima do nível da cama, correspondendo ao centro de massa das aves.

As temperaturas de globo negro foram determinadas por meio de termômetros de globo negro com diâmetro de 0,15 m, colocados a 0,35 m acima do nível da cama, próximo aos higrômetros. No interior do globo negro foi instalado, como sensor, um termômetro de mercúrio, em vidro, com resolução de 1°C . Os valores de velocidade do vento foram obtidos por meio de anemômetros digitais de hélice, com resolução de $0,01 \text{ m s}^{-1}$, nas proximidades e altura dos psicrômetros e globos negros. As temperaturas máximas e mínimas diárias do ar foram obtidas por termômetros de máxima e mínima, instalados no centro de cada área experimental a 1,0 m do piso.



FIGURA 6. Vista interna do aviário, com o termômetro de bulbo seco e bulbo úmido e o termômetro de globo negro

3.2.4 - Exterior dos galpões

Os dados externos (temperatura de bulbo seco, bulbo úmido, máxima e mínima) foram obtidos com os equipamentos localizados em um abrigo meteorológico. O abrigo foi colocado próximo aos galpões experimentais, a uma altura aproximada de 1,5 m. Os equipamentos instalados no interior do abrigo meteorológico foram: termômetro de bulbo seco, termômetro de bulbo úmido e termômetros de máxima e mínima. Todos os termômetros utilizados eram de mercúrio, em vidro, com resolução de 1°C . Nas proximidades do abrigo, a 1,5 m de altura do solo, foram determinadas as temperaturas do globo negro. As temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido, temperatura do globo negro e velocidade do ar, foram determinadas com os mesmos equipamentos, da mesma forma e nas mesmas ocasiões em que foram medidas no interior do galpão. A velocidade do vento foi determinada por meio de anemômetros digitais de hélice, com resolução de 0,01 m/s. No momento da leitura, o sensor do anemômetro foi posicionado a 1,5 m de altura, próximo ao abrigo meteorológico.

3.2.5 - Índices de Conforto Térmico

Com os dados de temperatura do globo negro, temperatura do bulbo seco, temperatura do bulbo úmido e velocidade do vento, calcularam-se os seguintes índices de conforto térmico:

a) Temperatura ambiente (TA): medida através de leitura direta da temperatura do bulbo seco.

b) Umidade relativa do ar (UR): calculada, dentro e fora dos galpões, através da equação citada por VAREJÃO-SILVA (2000):

$$UR = \frac{e}{e_s} 100 \quad (3.1)$$

em que UR é dada em %; e é a pressão parcial do vapor d'água e e_s é a pressão de saturação do vapor d'água, ambas expressas em hPa., calculadas pelas seguintes equações:

$$e = e_s(T_u) - 0,00066 \times P_0 \times (1 + 0,00115 \times T_u)(T_a - T_u) \quad (3.2)$$

$$e_s = 6,1078 \exp \left[\frac{17,26938 T_a}{T_a + 237,3} \right] \quad (3.3)$$

em que $e_s(T_u)$ é a pressão de saturação do vapor d'água à temperatura do bulbo úmido, P_0 é a pressão atmosférica local em hPa;

c) Índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU): calculado dentro e fora dos galpões, e obtido pela expressão citada por BUFFINGTON et al. (1977):

$$ITGU = T_{gn} + 0,36 T_d - 330,08 \quad (3.4)$$

em que T_{gn} é a temperatura do globo negro e T_d é a temperatura do ponto de orvalhos, ambas calculadas em K. A temperatura do globo negro foi obtida por uma esfera ôca de cobre ou outro material, com 5 mm de espessura e 0,15 m de diâmetro, enegrecida com tinta preta de alta absorvidade em cujo centro se aloja um termômetro de bulbo seco que fornece uma indicação dos efeitos combinados da temperatura e velocidade do ar e da

radiação. A temperatura do ponto de orvalho foi calculada por meio do método analítico citado por VAREJÃO-SILVA (2000), de acordo com a seguinte expressão:

$$T_d = 237,3 \ln\left(\frac{e}{6,1078}\right) / (17,269 - \ln\left(\frac{e}{6,1078}\right)) \quad (3.5)$$

onde e é a pressão de vapor, obtida através da equação (3.2).

d) Carga térmica de radiação (CTR): calculada dentro e fora dos galpões, pela expressão citada por (ESMAY, 1969):

$$CTR = \sigma (TRM)^4 \quad (3.6)$$

em que a CTR é dada em $W.m^{-2}$; σ a constante de Stefan – Boltzman ($5,67.10^{-8} W.m^{-2}K^{-4}$) e TRM a temperatura radiante média, K. A temperatura radiante média (TRM) é a temperatura de uma circunvizinhança, considerada uniformemente negra, para eliminar o efeito da reflexão, com a qual o corpo (globo negro) troca tanta quantidade de energia quanto a do ambiente considerado (BOND & KELLY, 1954). A TRM pode ser obtida pela equação.

$$TRM = 100. [2,51 \cdot v^{1/2} \cdot (T_{gn} - T_a) + (T_{gn} / 100)^4]^{1/4} \quad (3.7)$$

em que a TRM é dada em K; v é a velocidade do vento em $m.s^{-1}$.

Os valores diários e as médias das TA, UR, ITGU e CTR, a cada horário medido, serão comparados dentro dos galpões e a área externa, permitindo uma avaliação da influência dos sistemas de condicionamento térmico das mesmas.

3.2.6 - Índices zootécnicos

A avaliação do desempenho produtivo das aves em função das condições ambientais se deu por meio dos seguintes índices de desempenho zootécnicos, sendo que em todos os tratamentos utilizou-se o resultado final do lote.

- ◆ Peso vivo médio das aves (PV) obtido por meio de pesagem das aves, utilizando-se balança com resolução de 1g, ao final do período experimental.
- ◆ Ganho de peso diário (GPD), média diária de ganho de peso, calculado pela diferença entre o valor obtido com a pesagem no final do período e aquela realizada no início deste, dividido pelo número de dias.
- ◆ Conversão alimentar (CA), calculada por meio da relação entre os valores obtidos de consumo de ração e ganho de peso, observado durante o período experimental.
- ◆ Taxa de mortalidade (TM), obtida por meio da relação, em percentagem, entre o número de aves mortas pelo número total de aves alojadas, avaliadas ao final do período experimental.
- ◆ Idade de abate (IdAb), idade (dias) em que as aves foram abatidas.

3.3 - Delineamento experimental

O experimento foi montado no delineamento em blocos casualizados (DBC), com sete sistemas de acondicionamento térmico (tratamentos), cinco horários (8, 10, 12, 14 e 16 horas) e três repetições. Para efeito de análise estatística utilizou-se análise de variância conjunta e de regressão. Para o fator qualitativo, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de significância. Para o fator quantitativo, os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste de F, a nível de até 5% de significância. Para a tipologia dos aviários e as variáveis de desempenho produtivo das aves, utilizou-se a estatística descritiva. Para análise estatística dos resultados, utilizou-se o programa SAEG 7.0 (Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas) desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa, MG.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 – Caracterização da tipologia dos aviários

Dos 355 galpões pesquisados, pertencentes a 72 granjas, distribuídos na mesorregião do Agreste do Estado da Paraíba, foram definidos e encontrados resultados para os seguintes parâmetros.

4.1.1 - Número de galpões por granja

Relativamente ao número de galpões por granja pesquisada (Figura 7) observa-se que a maioria das granjas (37,5%) possui entre 3 e 5 galpões, seguidas de granjas com mais de 5 galpões (33,33%) sendo que a minoria das granjas pesquisadas (29,17%) possui entre 1 ou 2 galpões. Este número de galpões pode ser considerado pequeno em relação às médias da região Sul e Sudeste do Brasil, estando de acordo com o proposto por MALAVAZZI (1982) que sugeriu no mínimo três galpões para uma granja iniciar e manter a atividade economicamente viável. Para os padrões modernos de alta densidade, contudo, o mais importante se relaciona ao galpão e capacidade de alojamento, sendo que o padrão atual é de 100 m de comprimento por 10 m de largura, alojando no mínimo 10.000 aves por galpão e, preferencialmente, de 16.000 a 18.000 aves (TINÔCO, 2001).

4.1.2 - Capacidade de alojamento por galpão

A Figura 8 representa graficamente a capacidade de alojamento das granjas pesquisadas por galpão. Observa-se que a grande maioria das granjas possui pequena capacidade de alojamento por galpão, comparativamente aos padrões atuais sugeridos por TINÔCO (2001), MOURA (2001). Do total dos galpões pesquisados, 48,17% tinham entre 1.000 e 5.000 aves, seguidos de galpões com capacidade de alojamento entre 10.000 e 15.000 (26,20%) e que apenas 7,32% dos galpões podem alojar uma quantidade de aves

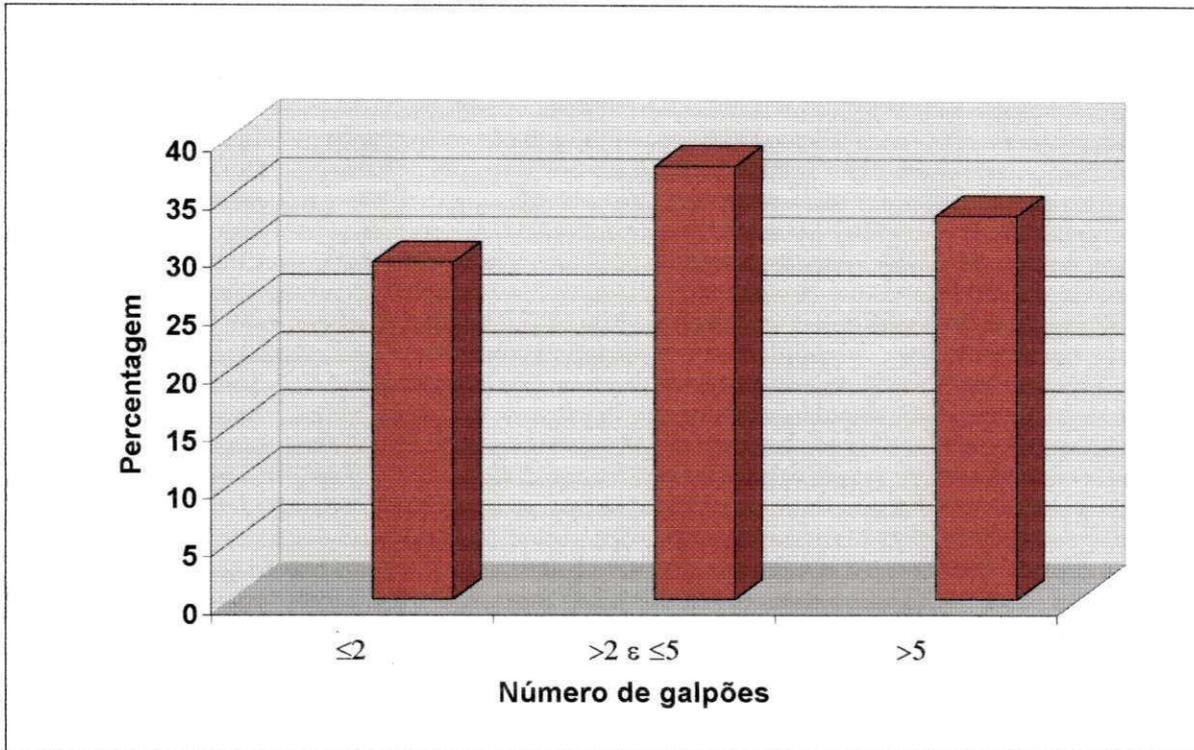


FIGURA 7. Quantidade de galpões por granja

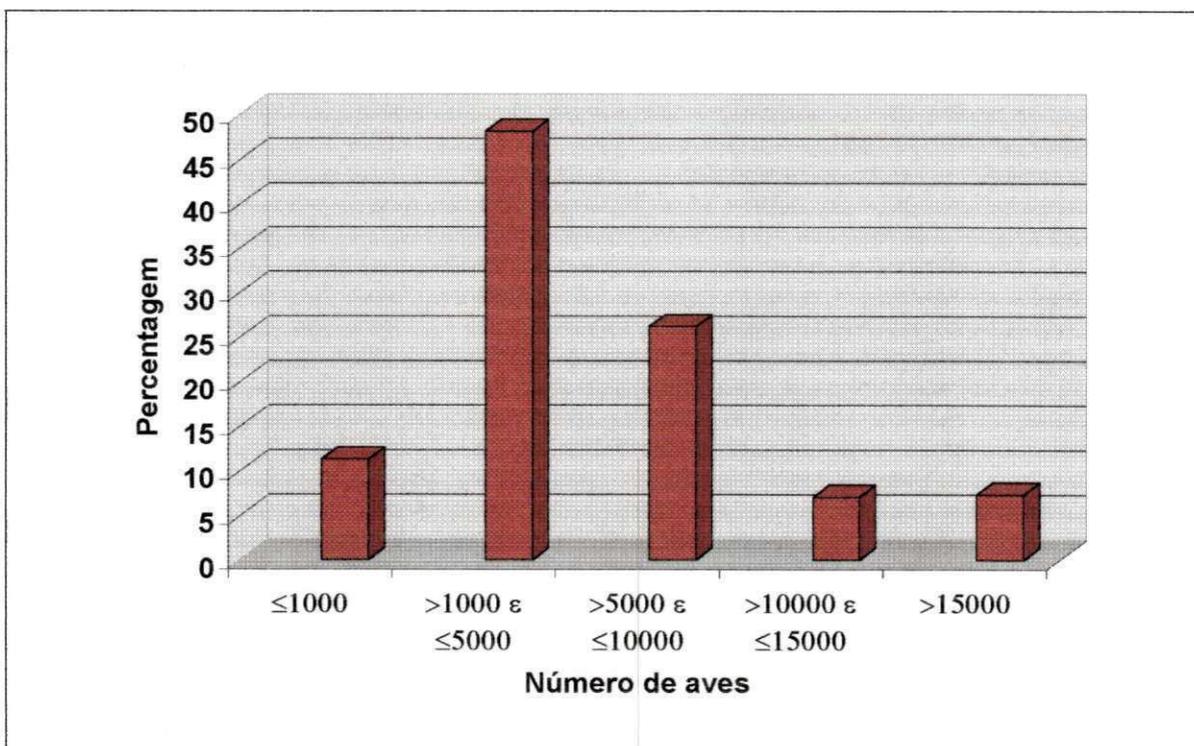


FIGURA 8. Capacidade de alojamento por galpão

superior a 15.000 aves. Esta pequena capacidade pode ser explicada em virtude do excessivo número de galpões com pequenas dimensões e a baixa densidade de alojamento e, especialmente à forma familiar de integração, como tendência regional de redução de custos do investimento.

4.1.3 - Capacidade de alojamento total por granja

Observa-se, na Figura 9, na qual é apresentada a capacidade de alojamento total das granjas, que a sua maioria possui capacidade de alojamento superior a 30.000 aves (26,4%), seguidas daquelas com capacidade de alojamento entre 15.000 e 20.000 aves (22,1%), 5.000 e 10.000 aves (19,4%) e 10.000 e 15.000 aves (18,2%) respectivamente. Apenas uma pequena percentagem (13,9%) tem capacidade de alojamento inferior a 5.000 aves. Esta tendência à maior percentagem de alojamento por granja, está de acordo com o recomendado por MALAVAZZI (1982), BAUKE (1998) e MOURA (2001). A tendência de se aumentar o número de aves por granja é justificado pela busca de maior competitividade, no sentido de se facilitar a compra de ração, pintos, materiais e outros insumos, o que contribui na redução de custos. No caso do presente trabalho, a grande maioria dessas pequenas granjas está inserida no sistema de integração.

4.1.4 - Densidade de alojamento por galpão

A representação gráfica da densidade de alojamento por galpão está apresentada na Figura 10, onde se observa que uma pequena quantidade de galpões possui capacidade de alojar superior a 12 aves m^{-2} (5,07%) demonstrando pequena percentagem de criação de aves em alta densidade, como também entre 11 e 12 aves m^{-2} (10,7%). Esta baixa densidade de alojamento está em desacordo com a tendência atual da avicultura brasileira, em se trabalhar com uma densidade maior de alojamento, objetivando-se melhor aproveitamento das instalações e o aumento da produtividade por área (NÃÃS, 1996; LUCHESI, 1998; BAUKE, 1998; TINÔCO, 2001 e MOURA, 2001). Esta pequena percentagem de alojamento de frangos em alta densidade na avicultura na mesorregião do Agreste da Paraíba, é devida às adversidades climáticas, pela ocorrência de períodos com elevada temperatura e ao fato de que ainda é relativamente pequeno o número de instalações que fazem uso de sistemas artificiais de acondicionamento, especialmente os que envolvem consumo de água, como é o caso do resfriamento evaporativo.

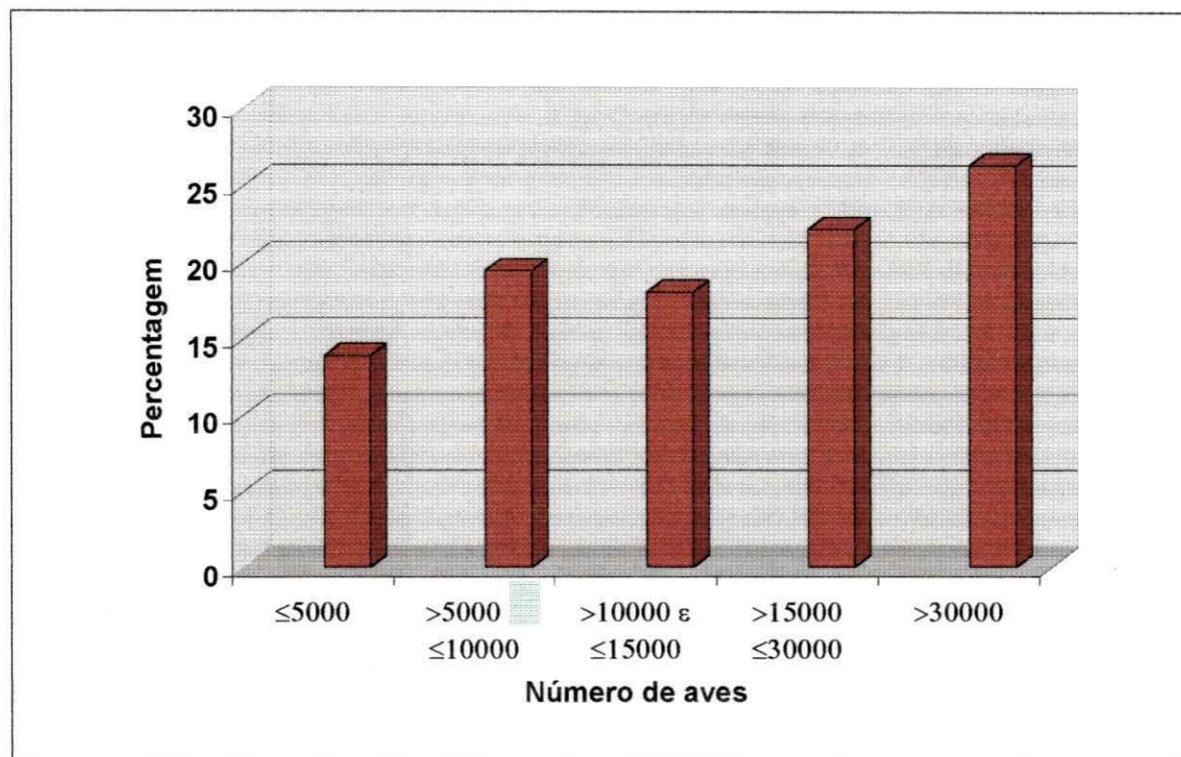


FIGURA 9. Capacidade de alojamento por granja

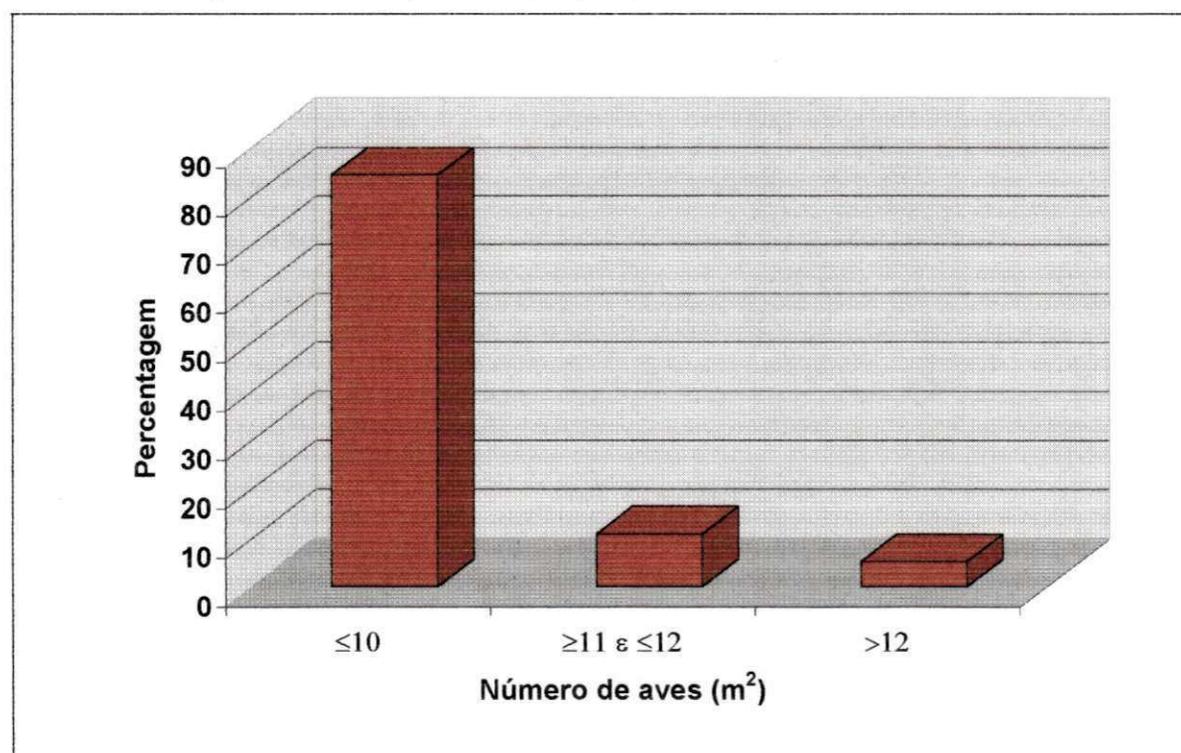


FIGURA 10. Densidade de alojamento por galpão

4.1.5 - Sentido dos galpões

Observou-se que 96,90% dos galpões pesquisados estão no sentido Leste-Oeste; portanto, dentro das recomendações de LEAL (1981), GUELFILHO et al. (1988), BAÊTA e SOUZA (1997), MORAES et al. (1999), ABREU e ABREU (2001), MACARI e FURLAN (2001), PERDOMO (2001) e MOURA (2001) que recomendam, para climas tropical e subtropical, eixo longitudinal dos galpões avícolas orientados neste sentido.

Esta predominância também está de acordo com a maioria dos trabalhos de pesquisa realizados no Brasil em aviários de frangos de corte (PIASENTIN, 1984; ROSA, 1984; CAMPOS, 1986; TINÔCO, 1988; SILVA et al., 1990; TINÔCO, 1996; TEIXEIRA, 1997; ZANOLLA et al., 1999 a, b; FONSECA, 1998; SARTOR et al., 2000; VIEIRA et al., 2001 e FURTADO et al., 2002) demonstrando a vantagem e predominância da orientação Leste-Oeste nos galpões em regiões tropicais e subtropicais brasileiras.

4.1.6 - Distância entre os galpões

Observou-se que 44,37% das granjas pesquisadas mantiveram distância acima de 30 m entre os galpões, tal como é recomendado, para que uns não atuem como barreira à ventilação natural no outro (MALAVAZZI, 1982; ENGLERT, 1987 e TINÔCO, 1998). A pequena distância entre os galpões pode comprometer a temperatura interna, a ventilação e a higiene dentro dos aviários. No período diurno, especialmente na época mais quente do ano, a região Nordeste apresenta temperatura ambiente interna dos aviários, sempre acima da zona de termoneutralidade das aves (FURTADO et al., 2001; PERDOMO, 2001 e FURTADO et al., 2002), o que pode ser atribuído, em parte, à pequena distância entre os galpões.

4.1.7 - Comprimento e largura dos galpões

Observa-se, na Figura 11, que a maioria dos galpões pode ser considerado de pequeno tamanho, com comprimento entre 20 e 50 m, sendo que apenas 22,02% dos galpões têm comprimento acima de 100 m, conforme recomendado por TINÔCO (2001) para a moderna avicultura de corte, com vistas a um manejo mais eficiente e melhor otimização de equipamentos.

Na Figura 12 constata-se que os galpões com largura entre 5,01 a 10 m predominam sobre os demais, conforme faixa recomendada por MALAVAZZI (1982) e

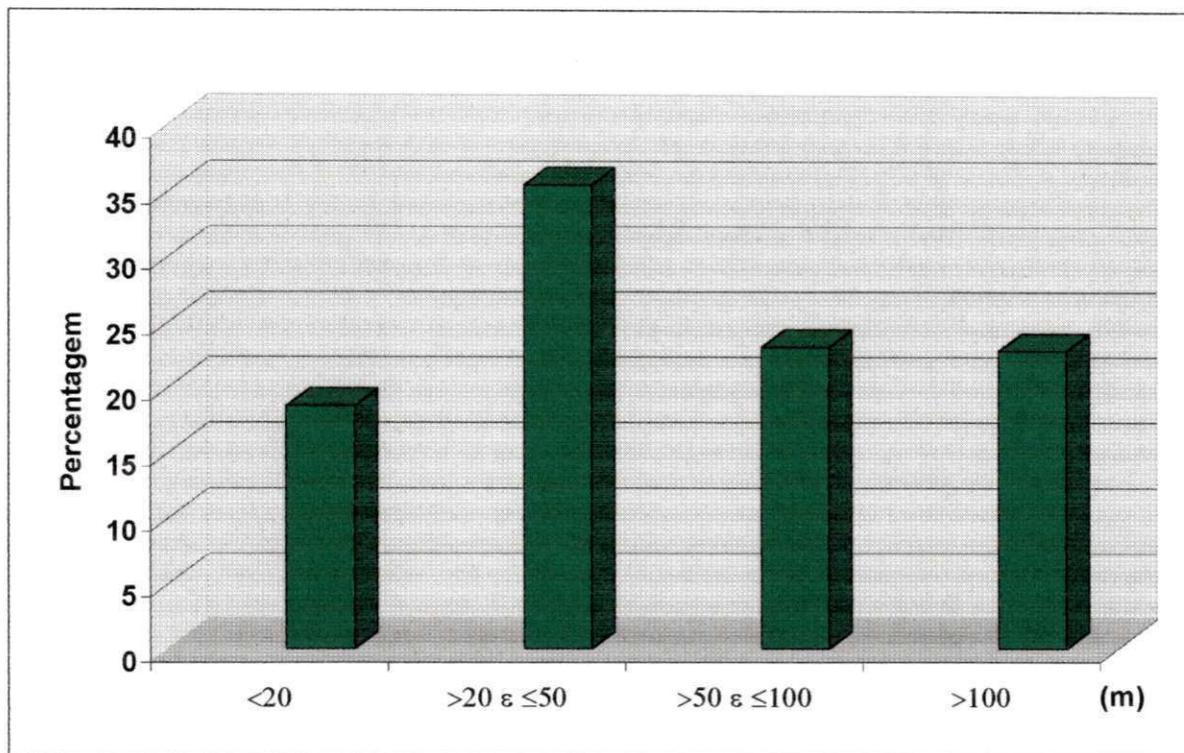


FIGURA 11. Comprimento dos galpões

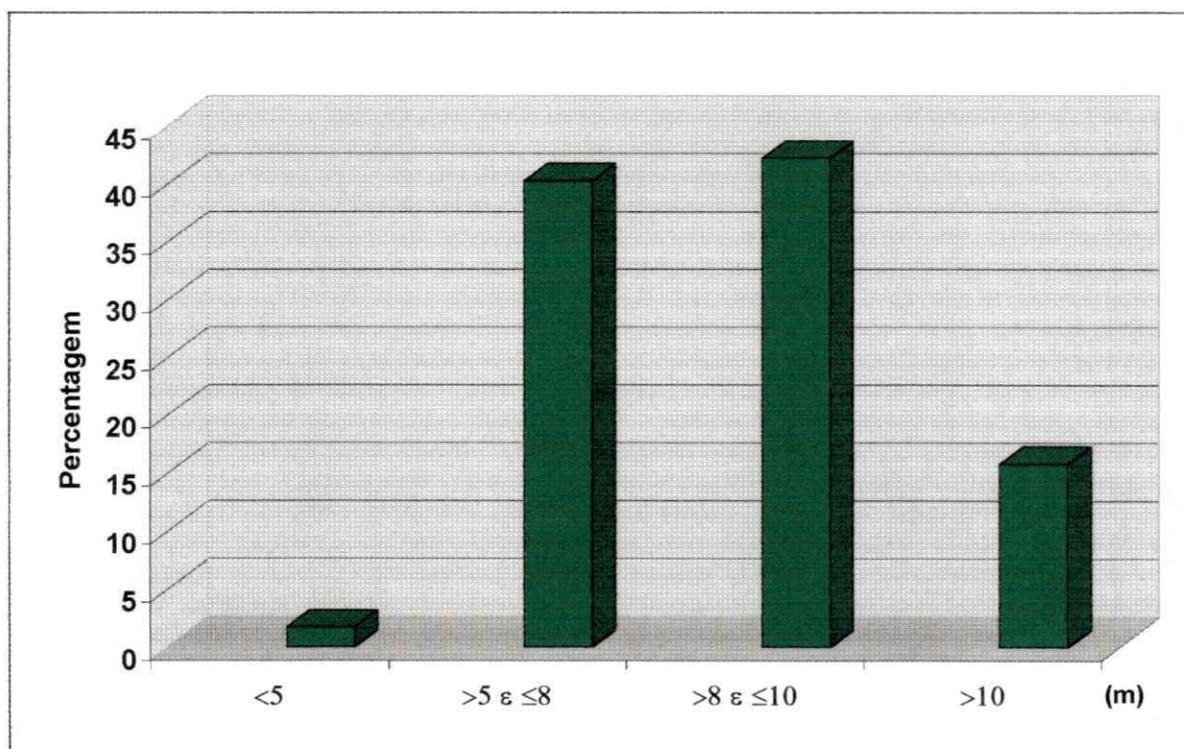


FIGURA 12. Largura dos galpões

PERDOMO (2001); contudo, comparativamente aos galpões modernos, usualmente com dimensões entre 100 e 125 m de comprimento por 10 a 12 m de largura, apenas 15,8 % dos galpões analisados atendiam a este padrão. Segundo BAÊTA (1995) larguras inferiores a 10,0 m são consideradas baixas. O pequeno comprimento dos galpões, associado a uma largura também limitada, reflete a baixa capacidade de alojamento dos galpões e das granjas pesquisadas.

4.1.8 - Paisagismo circundante

Na Figura 13 vê-se que a maioria das instalações possui paisagismo circundante, com predominância do paisagismo com árvores e grama (52,68%), seguida da cobertura vegetal (18,59%) e árvores (12,96%). Esses resultados estão de acordo com BOND et al. (1954); CURTIS (1983); CAMPOS (1986); BAÊTA (1995); HARDOIN (1996); SILVA e NÃÃS (1996); TINÔCO (1998); MACARI e FURLAN (2001) e PERDOMO (2001) que recomendam ao redor dos galpões arborização ou grama, ou que seja mantida uma vegetação nativa para melhorar os índices de conforto térmico. Apenas uma pequena percentagem dos galpões (4,79%) não apresentou nenhum tipo de paisagismo circundante, com o solo descoberto, demonstrando a preocupação dos avicultores em utilizar os recursos do paisagismo.

4.1.9 - Paredes laterais (oitões)

Observa-se, na Figura 14, predominância dos galpões com oitões com alvenaria e janelas para ventilação, chamados semi-abertos (60,56%), seguidos dos considerados abertos, ou seja, providos apenas de telas e cortinas (20,28%) e os fechados com alvenaria (19,15%). Em todos os galpões pesquisados, observou-se uma pintura de cores claras nos oitões fechados e semi-abertos, o que está de acordo com as recomendações técnicas (BAÊTA, 1996 e TINÔCO, 2001). Esta preferência pelos galpões semi-abertos justifica-se sobretudo pela facilidade de vedação dos galpões no período de aquecimento das aves e ventilação nos outros períodos, além de baratear os custos de construção (AZEVEDO e NASCIMENTO, 1999). Quanto aos galpões totalmente abertos, apenas providos de telas e cortinas, o principal motivo para isto foi para aproveitar melhor a ventilação natural (ABREU e ABREU, 2001) normalmente abundante na região.

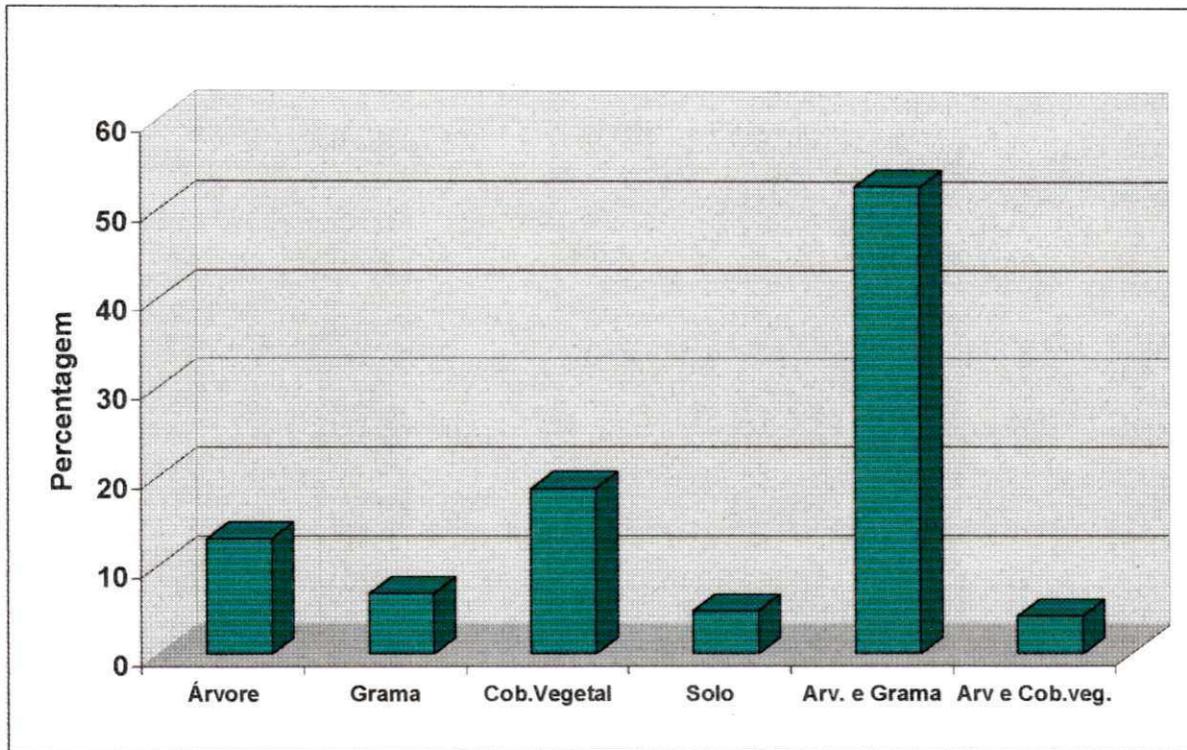


FIGURA 13. Paisagismo circundante

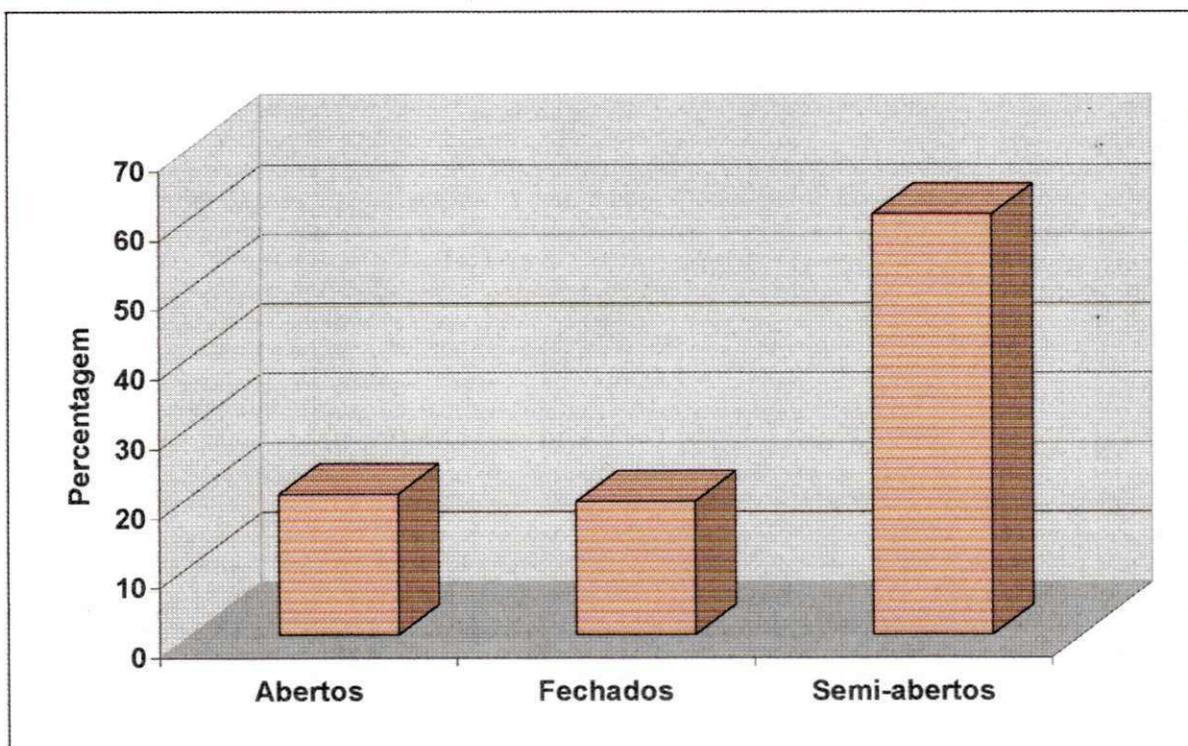


FIGURA 14. Principais tipos de oitão dos galpões

4.1.10 - Formato dos telhados e tipo de cobertura

Observa-se que 99,7% dos galpões apresentaram cobertura em duas águas, fato este justificado pelo menor custo e facilidade de construção e por propiciar melhores condições de conforto térmico (LEAL, 1981; PEREIRA, 1986 e AZEVEDO e NASCIMENTO, 1999). A Figura 15, apresenta os principais tipos de telha, com predominância de telha cerâmica sobre as de cimento amianto, fato que pode ser atribuído ao seu melhor desempenho térmico (MALAVAZZI, 1982; ROSA, 1984; BAÊTA e SOUZA 1997; TINÔCO, 1998; ZANOLLA et al., 1999 a, b e MORAES et al., 1999). No caso das telhas de cimento-amianto a preferência foi em razão desta cobertura apresentar custo de construção inferior àquela executada com telhas cerâmicas devido, principalmente, a estrutura de sustentação ser mais leve e a menor quantidade de mão-de-obra empregada (PEREIRA, 1986 e NÃÃS et al., 2001).

4.1.11 – Lanternim

Constatou-se uma pequena utilização de lanternins nos aviários pesquisados, já que apenas 16 galpões (4,5%) tinham lanternins em sua estrutura, sendo que, destes, metade estava dentro do padrão recomendado por HARDOIN (1989) e ABREU e ABREU (2001) permitindo abertura mínima de 10% da largura do aviário. Entre os galpões pesquisados, observou-se que 206 (60,02%) tinham mais de 8 m de comprimento e deveriam possuir lanternim, já que, segundo a recomendação técnica, galpões com larguras iguais ou superiores a esta, o uso de lanternim é imprescindível (CURTIS, 1983; HARDOIN, 1995; BAÊTA, 1995 e BAÊTA et al., 1996). Segundo os produtores visitados, esta preferência pelo galpão sem lanternim, se baseia principalmente na dificuldade de execução, aumento no custo de construção dos aviários, bem como à dificuldade de fechar o lanternim na fase inicial de vida dos pintinhos, quando o aquecimento é fundamental, assim como no período de inverno.

4.1.12 - Estrutura do telhado

Observa-se, na Figura 16, que a maioria dos galpões estudados (72,68%), possuía cobertura com estrutura de madeira, o que está de acordo com as recomendações de MALAVAZZI (1982), PEREIRA (1986) e AZEVEDO e NASCIMENTO (1999). Esta predominância é justificada em razão da disponibilidade de madeira oriunda da região, como também de sua construção ser mais fácil e barata, tendo em vista que a região tem

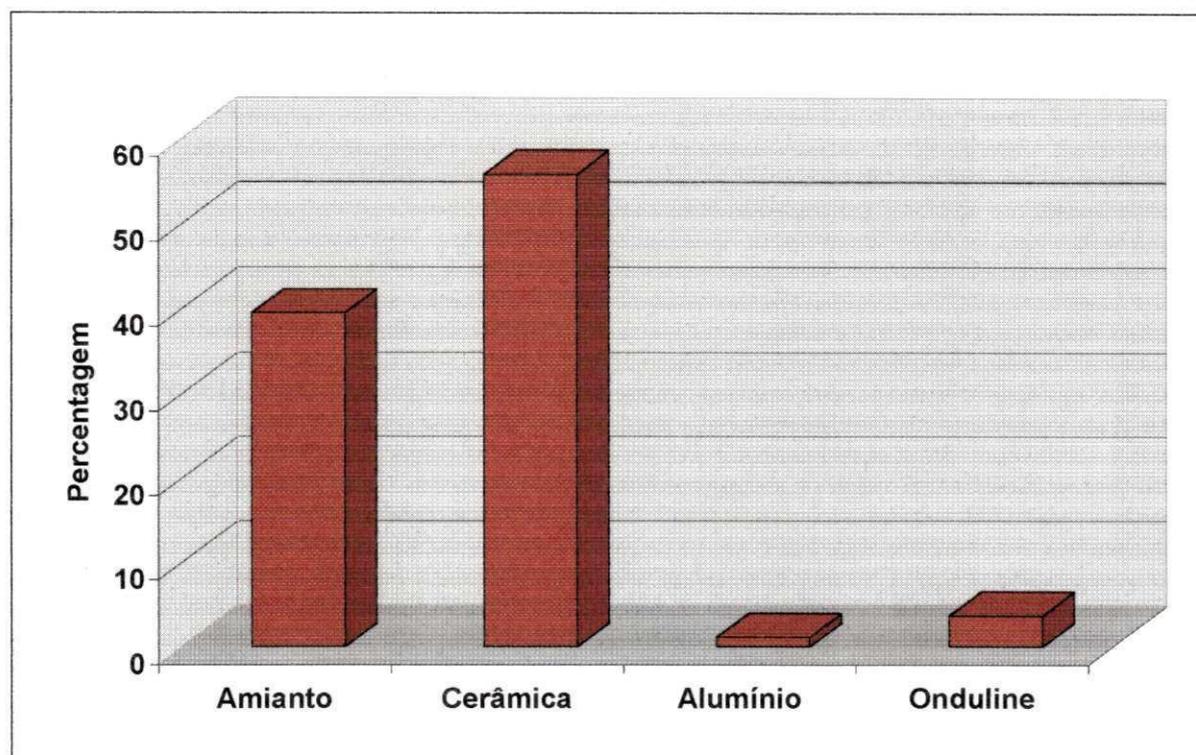


FIGURA 15. Principais tipos de cobertura

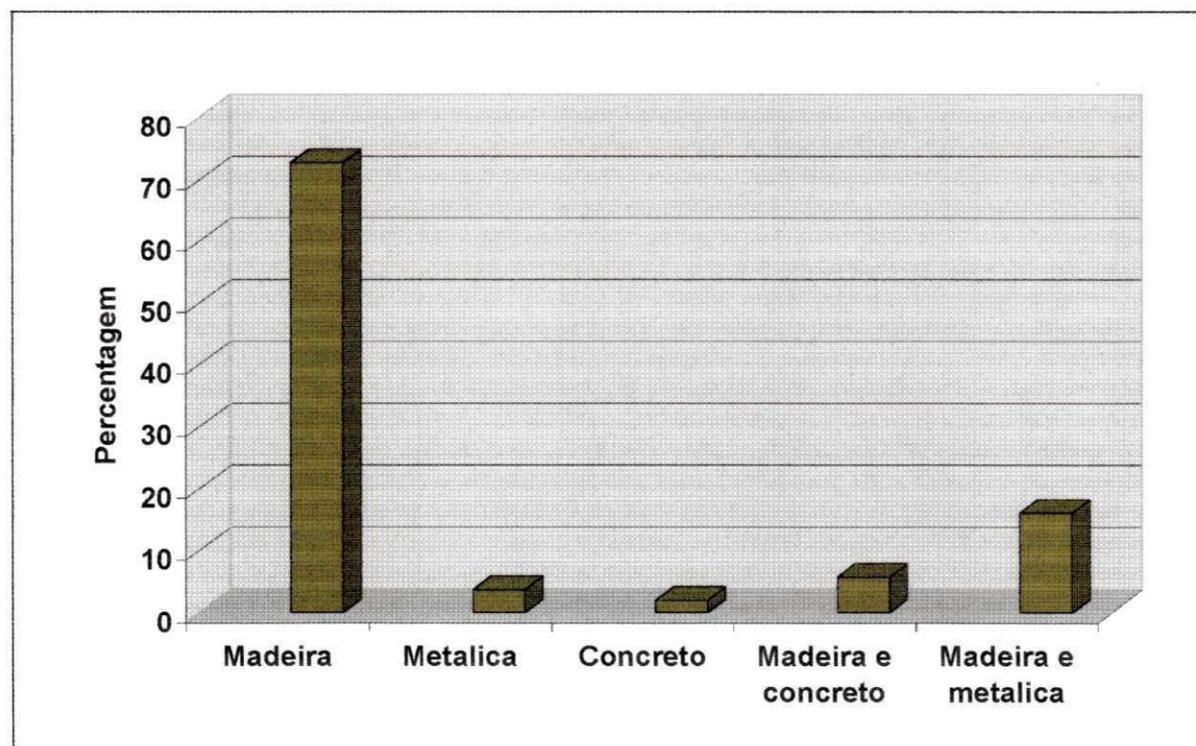


FIGURA 16. Principais tipos de estrutura do telhado

mão-de-obra qualificada. Ademais, considerando-se que as instalações no semi-árido nordestino são predominantemente de larguras reduzidas, o uso de madeira passa a ser mais viável que estruturas metálicas ou pré-moldadas em concreto. Além da resistência e durabilidade, a estrutura de madeira também pode proporcionar bom amortecimento térmico, conferindo melhor conforto aos aviários.

4.1.13 - Altura do pé-direito

A grande maioria dos galpões apresenta pé direito igual ou inferior a 3,0 m, com pequena percentagem (9,58%) acima deste valor (Figura 17). Esses valores estão abaixo dos recomendados por BAÊTA (1995) e MOURA (2001). Correlacionando-se a altura do pé-direito com a largura do galpão, conforme recomendado por TINÔCO (1998), conclui-se que apenas 46 galpões (12,96%) estavam dentro desses padrões. Nos trabalhos realizados no Brasil, observa-se que os galpões também têm pequena altura do pé-direito (ROSA, 1984; TINÔCO, 1996; BAÊTA e SOUZA, 1997; ZANOLLA et al., 1999 a, b e MORAES et al., 1999).

4.1.14 - Tamanho do beiral

Na Figura 18 nota-se predominância de beirais pequenos, ou seja, com tamanho igual ou inferior a 1,0 m. Do exposto, 43,66% dos galpões analisados estão fora do padrão recomendado pelas normas técnicas. Segundo TINÔCO (1998), MACARI e FURLAN (2001) e PERDOMO (2001) o beiral deve ter de 1,2 a 1,5 m, em ambas as faces norte e sul do telhado. BAÊTA (1995) e RODIGURES e ARAÚJO (1996) citam que o beiral deve ter largura igual a 2 m e, em decorrência da inclinação do telhado e do comprimento do galpão e quanto maior for o beiral maior, será a ventilação. Este pequeno tamanho do beiral pode estar contribuindo para o aumento dos índices de desconforto térmico dentro dos aviários.

4.1.15 - Pilares

Observa-se, na Figura 19, que a grande maioria dos galpões tem pilares de concreto (52,12%) seguidos de pilares de alvenaria (34,93%) e madeira (9,29%), o que está de acordo com o observado por MALAVAZZI (1982). Observou-se, também que apenas 37,47% dos galpões têm o vão interno livre, e que 62,53% dos galpões apresentaram

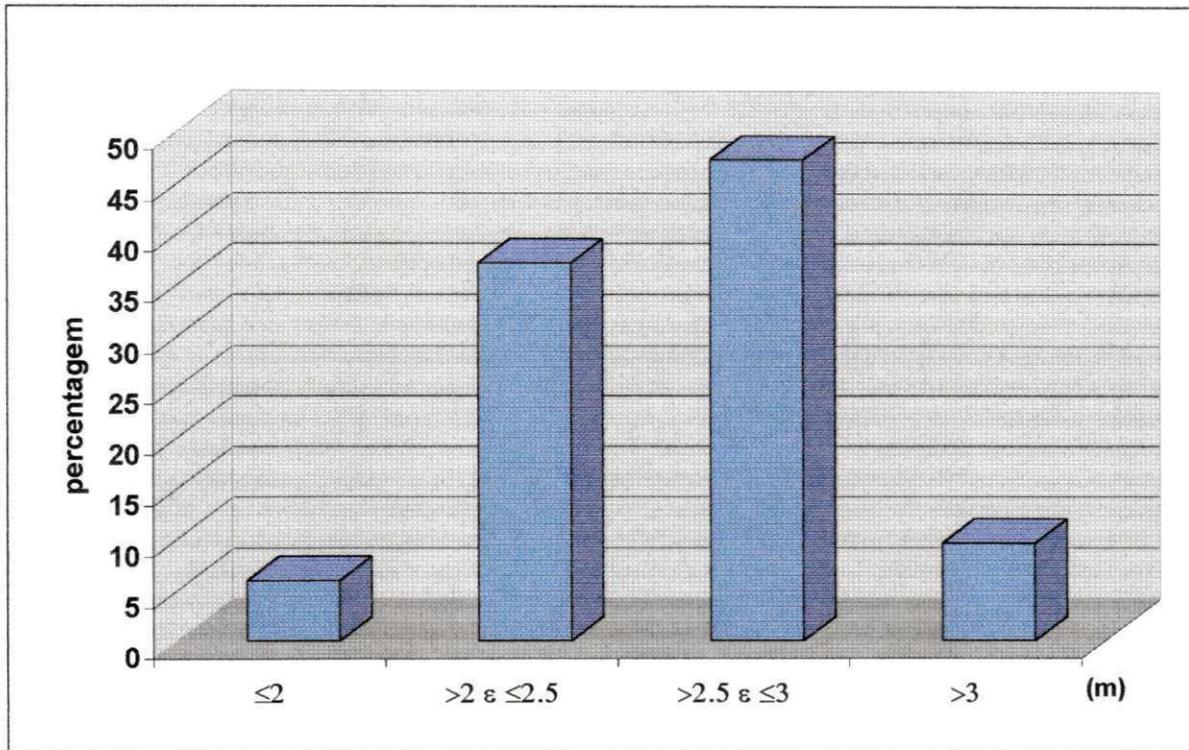


FIGURA 17. Altura do pé-direito dos aviários

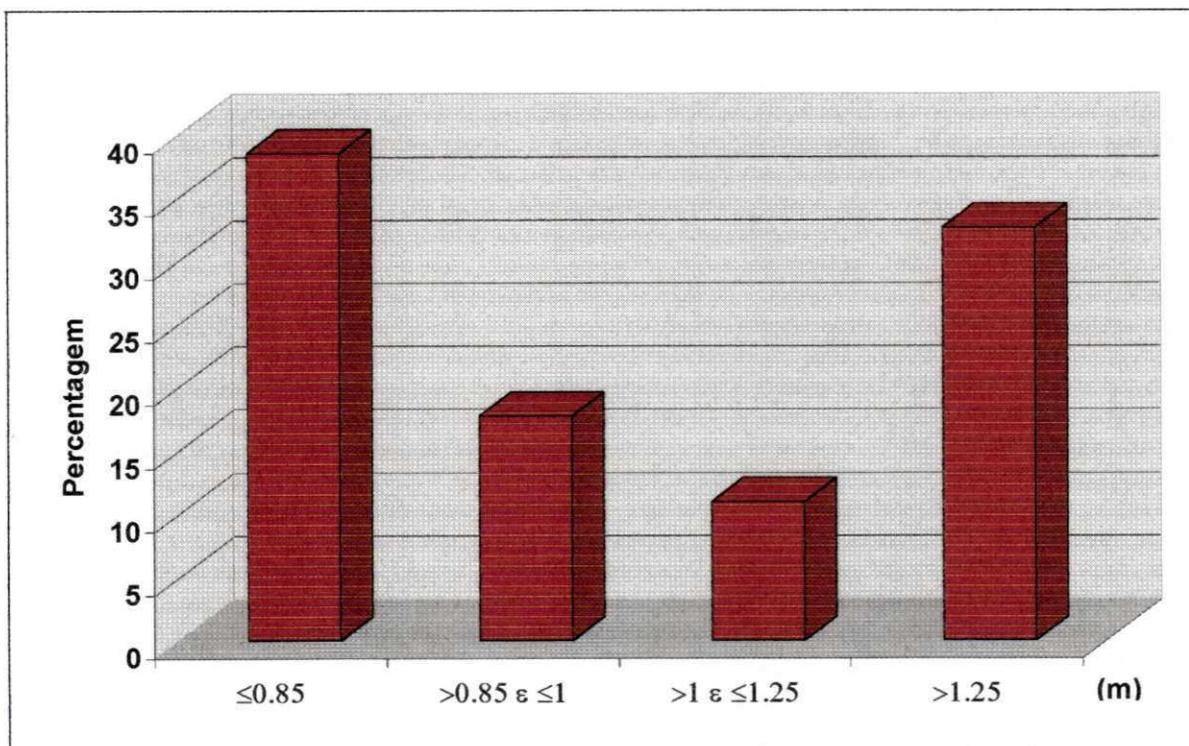


FIGURA 18. Tamanho do beiral

pilares intermediários, situação que não é mais recomendada nas modernas construções de aviários, para não prejudicar a circulação de ar no interior das instalações.

4.1.16 - Cortinas e telas

Todos os aviários pesquisados têm cortinas manuais. Observou-se que 50,42% dos aviários apresentavam lateral completamente fechada com telas, e o restante (49,58%), com apenas parte da lateral protegida por telas. Esta alta percentagem de aviários que não são totalmente protegidos por telas, pode estar mais vulnerável a doenças e contaminações por vetores, segundo ENGLERT (1987) e TEIXEIRA (1997). Ademais, galpões não totalmente telados permitem a entrada de pássaros, que podem competir na alimentação, elevando os custos de produção.

4.1.17 - Muretas, piso e cama

O tamanho das muretas é apresentado na Figura 20 na qual se nota que 73,16% dos galpões apresentam muretas com altura superior a 0,20 m e, portanto, acima das recomendações técnicas (TINÔCO, 1998; BAÊTA et al., 1997 e ABREU e ABREU, 2001). Como apenas 44,37% dos galpões pesquisados mantiveram uma distância acima de 30 m entre eles e que a maioria não possui lanternim, essas alturas elevadas das muretas podem estar influenciando negativamente na ventilação natural no interior do galpão.

Todos os galpões pesquisados apresentaram piso concretado estando, portanto, de acordo com o recomendado por PEREIRA (1986), TINÔCO (1996), ENGLERT (1987) e ABREU e ABREU (2001) uma vez que este tipo de piso propicia melhor conforto às aves e melhora a sanidade dos galpões, ao contrário do piso de chão batido, que não isola bem a umidade e é de difícil limpeza e desinfecção.

No que diz respeito à cama observou-se, por parte dos avicultores, maior utilização da palha de arroz (60,56% dos galpões pesquisados), seguidas de cama com bagaço de cana-de-açúcar (29,29%) e dos galpões com cama de bagaço de cana-de-açúcar associada a palha de arroz (10,15 %). Esses materiais estão de acordo com os recomendados por MALAVAZZI (1982), MOUCHREK et al. (1992 a, b), MIZUBUTI et al. (1994) e ANGELO et al. (1997) e que a escolha dos materiais utilizados na cama variam de acordo com o conforto que propiciam, ser de fácil aquisição e reposição e mais barato.

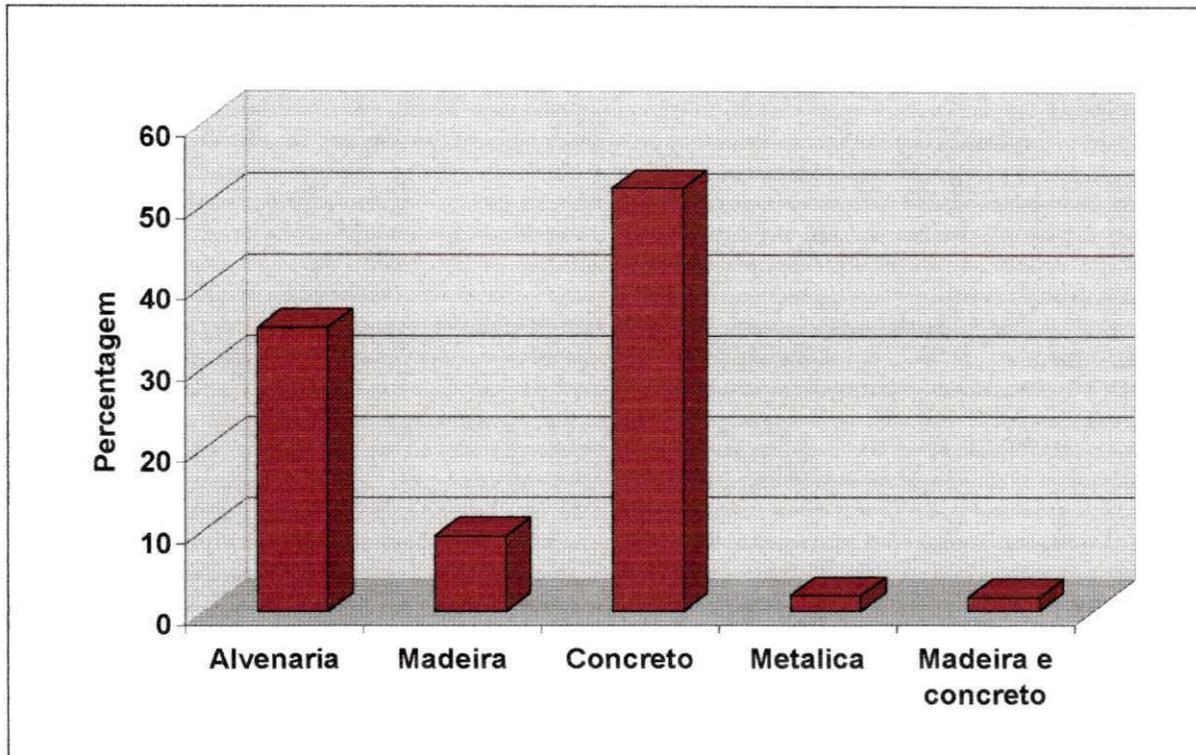


FIGURA 19. Principais tipos de pilares

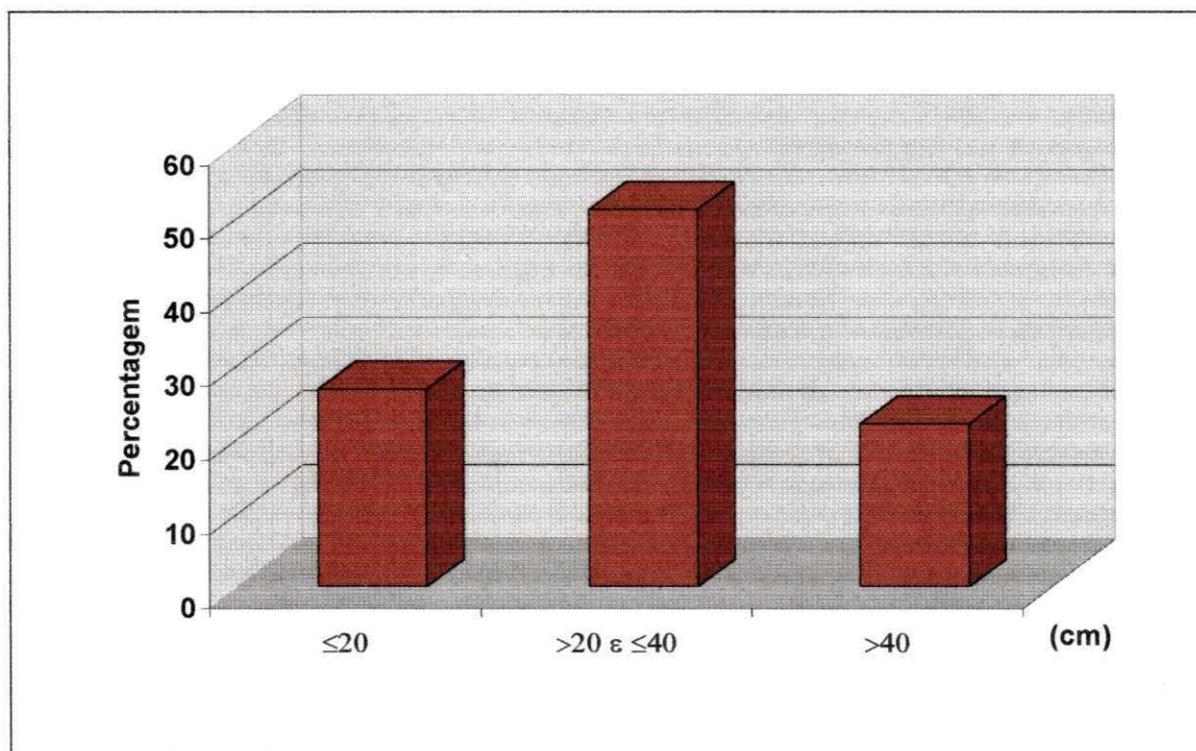


FIGURA 20. Tamanho da mureta

4.1.18 - Fontes de aquecimento

Quanto às principais fontes de aquecimento utilizadas, observou-se predominância do sistema com gás butano (85,63%), seguidas do aquecimento a lenha (14,37%), o que está de acordo com o observado por ABREU e ABREU (2001) e PERDOMO (2001). As fontes de aquecimento são utilizadas principalmente em razão de seu custo, observando-se procura por determinada fonte sempre que esta é mais barata. Como durante a realização da pesquisa o preço do gás butano estava em alta, os produtores estavam promovendo a mudança no sistema de aquecimento para lenha.

4.1.19 - Tipos de comedouro

Os principais tipos de comedouro utilizados são do tipo manual pendular (65,07%) seguido do comedouro automático (34,93%). A preferência é justificada em razão de substancial economia de energia e mão-de-obra. Em média, encontrou-se um comedouro para 30 e 40 aves, para comedouros pendulares e automáticos, respectivamente. Esta preferência pelos comedouros manuais também demonstra a baixa capacidade de alojamento por galpão, já que em alta densidade se deve adotar comedouros automáticos, em razão de ocupar menor espaço e exigir menor manuseio.

4.1.20. Fontes de abastecimento de água e bebedouros

Os principais sistemas de abastecimento de água para as granjas são mostrados na Figura 21. Analisando-se os dados, observa-se predominância do abastecimento por açudes e poços, seguidos pelo sistema de abastecimento urbano. Em todas as situações, com exceção do sistema de abastecimento urbano, a água, antes de ser fornecida aos animais, recebe tratamento químico. Do total de galpões pesquisados, 338 galpões (95,21%) usam bebedouros do tipo automático pendular e apenas 4,79% destes, usam bebedouros automáticos tipo Nipple. Em sua maioria, os fabricantes recomendam um bebedouro para cada 100 aves adultas ou para cada 200 a 300 pintos. Segundo os produtores, a preferência por este tipo de bebedouro automático pendular é que ele, além de ser mais prático, tem melhor preço. Observa-se predominância de comedouros do tipo manual pendular e bebedouros pendulares automáticos, sendo que esses equipamentos são utilizados nos sistemas tradicionais de criação (10 aves m²), já que ocupam mais espaço e necessitam de limpeza mais constante, ou seja, exigem maior trânsito dentro do aviário, sendo que esses fatos podem provocar estresse nas aves.

4.1.21 - Ventiladores e nebulizadores

Observa-se, na Figura 22, que aproximadamente 50% dos galpões possuem algum tipo de acondicionamento térmico do ambiente, e que destes, a maioria dispõe apenas de ventiladores (31,5%) e 17,5% de ventiladores associados a nebulizadores. Comparativamente a outras regiões brasileiras, ainda é pequeno o número de galpões avícolas com acondicionamento térmico por parte dos avicultores, fato que também demonstra porque apenas em pequeno número de galpões se utiliza o sistema de criação em alta densidade.

Quanto à posição dos ventiladores, a grande maioria estava na posição transversal ao galpão, sempre seguindo a direção do vento, de acordo, portanto, com as recomendações de TEIXEIRA (1983), FERREIRA et al. (1997) e ZANOLLA et al. (1999 a). Como o número de ventiladores está associado à sua capacidade, observou-se diferença entre a quantidade de ventiladores por aviário e o número de aves criadas. Em média, utiliza-se um ventilador para cada 1.250 a 2.000 aves. Situação semelhante ocorre com os nebulizadores, sendo que, em média, utiliza-se um nebulizador para cada 250 a 2.000 aves. Em ambos os casos, os números estão de conformidade com as recomendações técnicas.

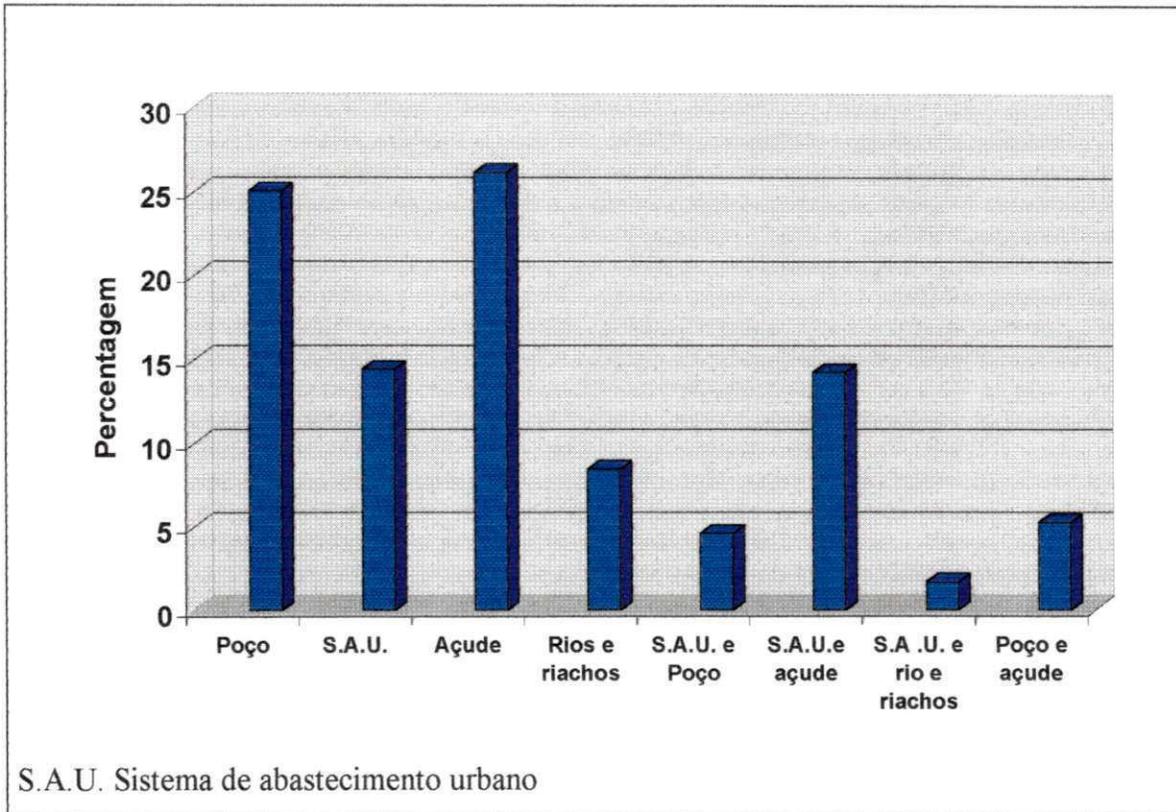


FIGURA 21. Principais sistemas de abastecimento de água

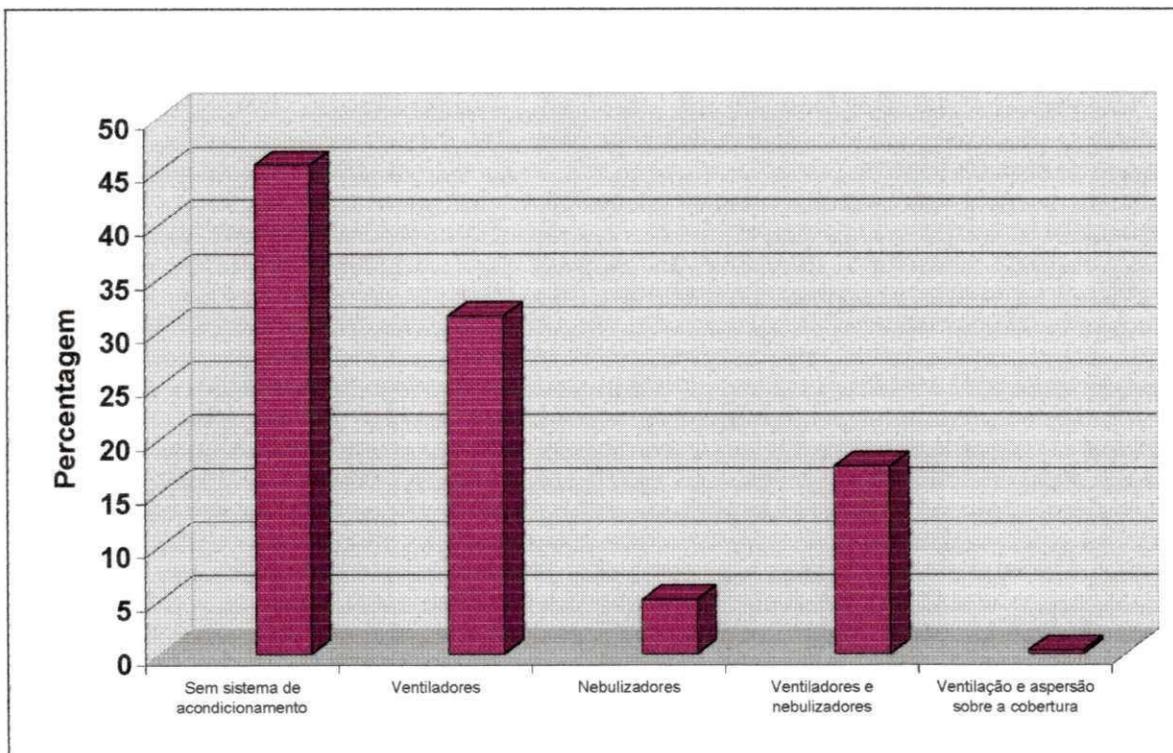


FIGURA 22. Sistemas de condicionamento térmico dos aviários

4.2 - Avaliação dos índices de conforto térmico

O resumo da análise de variância envolvendo os resultados da temperatura ambiente (TA), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica de radiação (CTR) em função dos horários observados, encontra-se na Tabela 1, na qual se observa-se diferença significativa, a nível de 1%, entre os sistemas de acondicionamento do ambiente e entre os horários de observação para a TA, UR, ITGU e CTR. Quanto à interação entre os sistemas de acondicionamento do ambiente e entre os horários de observação, também ocorreu diferença significativa, a nível de 1%, apenas para as TA e CTR.

TABELA 1. Resumo da análise de variância referentes aos efeitos dos sistemas de acondicionamento do ambiente (S), dos horários de observações (H), e da interação entre S x H, da temperatura ambiente (TA), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) e da carga térmica de radiação (CTR).

F.V.	G.L.	TA		UR		ITGU		CTR	
		QM	F	QM	F	QM	F	QM	F
Sistemas (S)	6	8.98**	16.75**	589.36**	34.35**	18.39**	14.83**	1999.82**	18.17**
Horas (H)	4	44.53**	83.04**	721.11**	42.04**	33.06**	26.65**	1995.75**	18.13**
S x H	24	1.33**	2.49**	22.83	1.33	1.66	1.34	256.06**	2.37**
Resíduo	14	2.69	5.03	39.82	2.26	8.52	6.87	639.01	5.08
Resíduo (b)	56	0.53	-	17.15	-	1.24	-	110.03	-
C.V. (%)	-	2.52	-	6.67	-	1.40	-	2.09	-

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F

4.2.1 - Temperatura ambiente

Os resultados médios diários internos da temperatura ambiente, obtidos durante o período experimental nos vários sistemas de acondicionamento ambiental, nos horários das 8, 10, 12, 14 e 16 horas, encontram-se relacionados na Tabela 2, de cujos valores se pode verificar, de uma maneira em geral, diferença significativa ($P < 0,05$) na temperatura ambiente para os sistemas de acondicionamento ambiental, nos diferentes horários de observação.

Nesta mesma tabela, vê-se que, no horário das 8 horas, embora com os sistemas de condicionamento desligados ou iniciando seu funcionamento, ocorreu diferença significativa entre eles e o tratamento TBCV, mesmo não diferindo estatisticamente do tratamento TAVN, apresentou valor superior a 28,0 °C. Tomando-se como base este valor e segundo as recomendações de TINÔCO (1996), BAÊTA e SOUZA (1997) e TEIXEIRA (1997) pode concluir-se que as aves estavam fora da zona de conforto térmico, que deve estar entre 22 e 28 °C.

No horário das 10 horas observa-se que apenas o tratamento TBVN, mesmo não indicando diferença com o sistema TBSV, foi o único que apresentou valor de TA inferior a 28,0 °C, dentro da zona de conforto térmico das aves, demonstrando a eficiência do sistema de condicionamento do ambiente. No horário das 12 horas, considerado um dos mais quentes, a TBVN, apesar de não diferir estatisticamente da TAVN e da TBSV, foi a mais eficiente na redução da temperatura interna, seguida da TAVN, mostrando os efeitos benéficos dos sistemas em que se utilizam a ventilação e a nebulização.

TABELA 2. Valores médios da temperatura ambiente interna, em °C, para os diferentes horários pesquisados, correlacionando-os com os vários sistemas de cobertura analisados

SISTEMAS	HORÁRIOS				
	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00
TASV	26,13 c	29,06 ab	30,87 a	30,77 a	28,70 a
TBSV	26,23 bc	28,63 bc	30,40 ab	30,67 a	29,53 a
TACV	26,36 bc	29,66 ab	30,60 a	30,50 ab	29,20 a
TBCV	28,96 a	30,53 a	31,83 a	30,90 a	29,60 a
TAVN	27,97 ab	30,07 ab	30,20 ab	29,41 ab	27,83 a
TBVN	25,79 c	27,06 c	28,69 b	28,80 b	28,21 a
TAVA	26,40 bc	28,90 ab	30,94 a	30,46 ab	27,86 a

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

No horário das 14 horas, os sistemas TACV, TAVN, TBVN e TAVA não diferiram entre si, mas os sistemas TBVN e TAVN continuaram propiciando uma temperatura interna mais baixa que os outros sistemas. Nos horários das 12 e 14 horas, todos os tratamentos tiveram valores de TA superiores a 28,0 °C e, portanto, fora das

condições ideais de produção. No horário das 16 horas, período em que a temperatura foi menor, e não variou dentro dos aviários, independente do sistema de acondicionamento térmico, mas se observa que apenas os tratamentos TAVN e TAVA apresentaram valores inferiores a $28,0^{\circ}\text{C}$, com o sistema TBVN também muito próximo deste valor. No caso do sistema TBVN, este fato pode ser justificado pela maior densidade de aves criadas neste sistema, com liberação de uma quantidade maior de calor para o meio ambiente, propiciando temperatura mais elevada.

Esses elevados valores da temperatura encontrados no interior dos aviários, foram semelhantes aos encontrados por HARDOIN (1989) o qual verificou que a temperatura interna de aviários com e sem lanternins, ultrapassa o valor considerado confortável para as aves a partir das 9.30 horas, ficando o ambiente desconfortável por um período diário superior a 6 horas. NÃÃS et al. (2001) também encontraram, em aviários de frangos de corte, no horário das 14:30 horas, valores superiores a $28,0^{\circ}\text{C}$. Essas elevadas temperaturas estão de acordo com as descritas por PERDOMO (2001) para a região Nordeste, e FURTADO et al. (2001) e FURTADO et al. (2002) que concluíram que na microrregião de Campina Grande, PB, como nas diversas mesorregiões do Estado da Paraíba, para os períodos diurnos as aves, a partir da terceira semana, estavam em situação de desconforto térmico, havendo a necessidade, para os meses mais quentes do ano, do emprego de mecanismos de acondicionamento ambiental.

Analisando-se apenas os sistemas em que se utilizou a telha de cimento amianto, observa-se que esses sistemas tiveram valores de TA muito próximos, sendo que no horário das 10, 12, 14 e 16h não houve diferença estatística entre eles, demonstrando que, sob altas temperaturas, os sistemas de acondicionamento térmico não funcionaram a contento. No caso dos sistemas com telhas de barro, observa-se diferença significativa entre eles e nos horários considerados mais quentes; das 10 às 14 horas, o sistema TBVN, mesmo com uma densidade de aves superior aos demais, apresentou um menor valor de temperatura ambiente.

Comparando-se os sistemas testemunhas, TASV e TBSV, nota-se que não houve diferença significativa entre eles mas, comparando-se os sistemas considerados os mais complexos em termos de acondicionamento térmico, ou seja, os sistemas TAVN e TBVN, observa-se diferenças significativas entre eles nos horários das 8 e 10 horas, demonstrando que as telhas de barro mantiveram melhor conforto térmico durante as

primeiras horas da manhã e, a partir das 12 horas, prevaleceram os sistemas de condicionamento térmico.

Por outro lado, os valores da temperatura do ar externa (Tabela 3) nos tratamentos TASV, TACV e TBCV, foram superiores aos da temperatura interna dos aviários. No tratamento TBSV apenas no horário das 16 horas a temperatura interna foi superior à externa (0,9%) e, nos tratamentos TAVN e TBVN, as temperaturas das 8 e 16 horas internas foram superiores às externas, fato que pode ser explicado pela maior densidade de aves criadas nesses sistemas. Quanto ao tratamento TAVA, observa-se que em todos os horários, a temperatura interna do aviário foi superior à temperatura externa. Este fato se explica em razão do racionamento de água que estava em vigor na época do experimento, sendo que, durante os dias em que a água do saneamento se esgotava, utilizava-se água de caminhões pipa. Estes fatos provocaram o desligamento do sistema de aspersão de água sobre a cobertura, por algumas horas. Adicionalmente, os aspersores ficavam constantemente entupidos, necessitando de limpezas periódicas, levando à necessidade de se desligar o sistema, com frequência.

TABELA 3. Valores médios da temperatura ambiente externa, em $^{\circ}\text{C}$, para os diferentes horários pesquisados, correlacionando-os com os vários sistemas de cobertura analisados

SISTEMAS	HORÁRIOS				
	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00
TASV	26,87	29,67	32,13	31,63	28,83
TBSV	26,50	29,77	32,07	31,67	29,27
TACV	27,43	29,85	31,50	31,03	29,60
TBCV	29,53	32,27	32,53	31,87	30,56
TAVN	27,33	29,98	30,57	29,91	27,48
TBVN	24,97	28,70	29,87	30,03	27,57
TAVA	24,23	28,10	30,33	29,77	26,93

Na Figura 23 tem-se a representação gráfica das médias da temperatura ambiente dos respectivos sistemas de condicionamento ambiente, em função dos horários de observação. Os menores valores de TA, para todos os sistemas de condicionamento de ambiente, ocorreram pela manhã, crescendo gradualmente até o valor máximo, entre 12 e

14 horas, e decrescendo até o final do dia, em razão da diminuição da umidade relativa do ar e aumento da carga térmica de radiação.

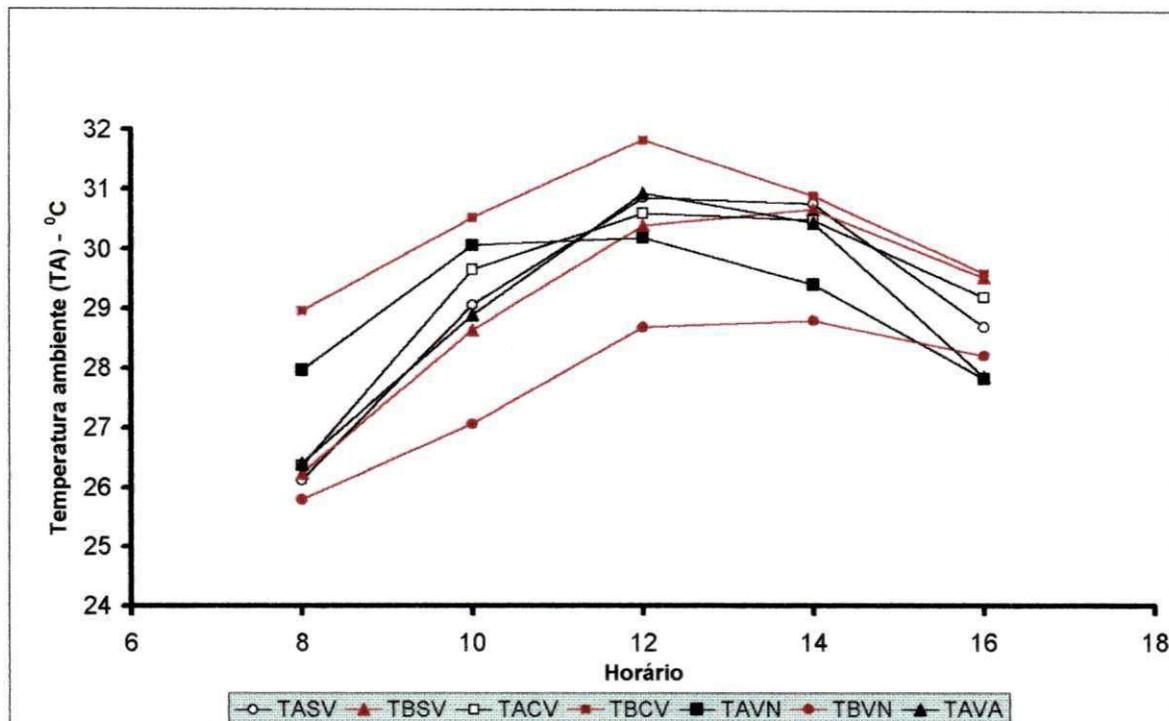


FIGURA 23. Médias da temperatura ambiente para os diferentes horários observados, nos diferentes sistemas de condicionamento ambiental

Com base na TA, o sistema TBVN apresentou as menores temperaturas, seguido do TAVN. Os sistemas TASV, TACV e TAVA foram semelhantes em termos de TA e o sistema TBCV apresentou as temperaturas mais elevadas. No caso desta alta temperatura no sistema TBCV, a justificativa para tal fato é de que a maioria das medições realizadas neste tipo de galpão, ocorreu apenas na microrregião de Guarabira, já que era onde se localizava este tipo de galpão, e onde também os galpões estavam com uma pequena distância entre eles, tinham as telhas já bastante enegrecidas pelo tempo, um pé-direito muito baixo (2,30 m) e um beiral reduzido (0,5 m) fatos que contribuíram para que este índice fosse o mais elevado. Observa-se também que, entre os sistemas em que se utilizou a telha de barro, este foi o único que apresentou, em todos os horários, a temperatura interna inferior à externa, demonstrando que o galpão não tem bom condicionamento térmico.

4.2.2 - Umidade relativa do ar (UR)

Os resultados médios diários internos da umidade relativa do ar, obtidos durante o período experimental nos vários sistemas de condicionamento ambiental, nos horários das 8, 10, 12, 14 e 16 horas, encontram-se relacionados na Tabela 4, de cujos valores, pode-se verificar que, de maneira geral, houve diferença significativa ($P < 0,05$) na umidade relativa do ar, entre os sistemas de condicionamento ambiental nos diferentes horários de observação.

No horário das 8 horas, os sistemas de condicionamento apresentaram diferença significativa, mesmo com os sistemas desligados ou entrando em funcionamento, sobretudo aqueles com nebulizadores, sendo que o sistema TBVN indicou umidade mais elevada, mostrando que a influência deste sistema de condicionamento se estende durante o período noturno, refletindo nos valores de UR, nas primeiras horas. Observa-se, também, que o sistema foi neste horário, o único a ter uma UR considerada acima da zona de conforto térmico que, segundo as recomendações, deve ficar entre 50 e 70% (BAÊTA, 1998 e TINÔCO, 2001).

No horário das 10 horas apenas o sistema TBVN manteve uma umidade mais elevada, diferindo estatisticamente das demais, mas ainda acima da recomendada pelos autores mencionados, embora já dentro das recomendações máximas citadas por MOURA (2001). No horário das 12, 14 e 16 horas, os sistemas em que se utilizou sistemas adiabáticos evaporativos (TAVN e TBVN) mantiveram uma umidade mais elevada, mostrando a eficiência dos sistemas de resfriamento evaporativo.

Em todas as situações, no entanto, observa-se que a umidade relativa do ar média, dentro dos aviários, esteve de acordo com o recomendado por BAÊTA (1998) e TINÔCO (2001) para aves a partir da terceira semana de vida, exceção do sistema TAVA, que apresentou, nos horários da 12 e 14 horas valor inferior a 50%. Os sistemas TASV e TAVN e o sistema TBVN mostraram valores superiores a 70% no horário das 8 horas e das 8, 10 e 16 horas, respectivamente, fatos estes atribuídos aos sistemas de arrefecimento térmico utilizados.

Comparando-se o sistema TASV e TACV, vê-se que, independente do horário de observação, não houve diferença significativa entre eles, diferente do encontrado por FERREIRA et al. (1997) que constataram valores menores de umidade relativa em galpões com telhas de cimento amianto e ventilação artificial. Os valores de UR nos sistemas TAVN e TAVA, foram inferiores aos observados por FONSECA (1998) em

trabalhos com aviários equipados com sistema de ventilação associado a nebulização em modo túnel, e aspersão sobre a cobertura.

TABELA 4. Valores médios da umidade relativa do ar interna, em %, para os diferentes horários pesquisados, correlacionado-os com os vários sistemas de cobertura analisados

SISTEMAS	HORÁRIOS				
	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00
TASV	71,94 bc	59,50 b	53,63 bc	52,10 c	59,07 bc
TBSV	62,95 c	61,19 b	54,58 bc	52,45 c	55,37 bc
TACV	75,60 ab	62,27 b	56,68 bc	55,57 bc	59,75 bc
TBCV	69,36 bc	62,47 b	57,58 bc	57,80 bc	61,40 abc
TAVN	70,49 bc	61,57 b	60,67 ab	63,38 ab	69,30 ab
TBVN	84,02 a	79,10 a	67,96 a	68,50 a	71,37 a
TAVA	64,79 c	55,35 b	47,87 c	49,44 c	57,96 bc

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Analisando-se os sistemas cuja cobertura era de telhas de cimento amianto, ou seja, os sistemas TASV, TACV, TAVN e TAVA observa-se, no horário das 8 horas, que apenas os sistemas TACV e TAVA diferiram estatisticamente entre si e, no horário das 10 horas, não ocorreu diferença significativa entre os 4 sistemas; no horário das 10, 12 (exceção do TAVN), 14 (exceção do TACV) e 16 horas, os valores do presente trabalho foram inferiores aos encontrados por TINÔCO (1996) utilizando sistemas semelhantes, o que pode ser atribuído à influência do local onde foram realizados os experimentos.

A umidade relativa obtida internamente nos tratamentos TASV, TACV, TBCV e TBVN apresentaram, em todos os horários, valores maiores que os obtidos externamente, e relacionados na Tabela 5. O tratamento TBSV mostrou valor de umidade relativa interna das 8 horas inferior à externa e o tratamento TAVN umidade relativa menor no horário das 16 horas. O tratamento TAVA apresentou valor de umidade relativa interna menor que a externa, em todos os horários pesquisados. Há tendência da umidade relativa interna ser ligeiramente superior à externa, pelo fato das aves estarem continuamente transferindo umidade para o meio ambiente e, possivelmente, do mesmo

modo, a cama, caso esteja muito úmida. Esta tendência também foi verificada por TEIXEIRA (1983) e FONSECA (1998).

TABELA 5. Valores médios da umidade relativa do ar externa, em %, para os diferentes horários pesquisados, correlacionado-os com os vários sistemas de cobertura analisado

SISTEMAS	HORÁRIOS				
	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00
TASV	67,22	56,90	45,83	47,83	56,40
TBSV	69,80	56,23	48,11	46,86	55,12
TACV	70,74	59,66	53,96	51,77	58,01
TBCV	67,51	53,54	54,22	52,79	57,92
TAVN	81,87	63,72	60,76	63,05	72,35
TBVN	77,42	64,60	61,69	58,07	67,64
TAVA	73,82	56,52	48,37	49,68	59,76

A Figura 24 mostra a representação gráfica das médias da umidade relativa do ar nos respectivos sistemas de condicionamento ambiente, em função dos horários de observação. Verifica-se, nesta Figura que, para todos os sistemas de condicionamento ambiental, os valores de UR foram decrescentes até as 12 e 14 horas, aproximadamente, crescendo a partir deste horário, conforme esperado, seguindo uma curva com concavidade inversa ao ITGU. Esta tendência também foi verificada por TINÔCO (1996), MORAES et al. (1999), ZANOLLA et al (1999 a) e MATOS (2001). Com base na UR, principalmente nos horários mais quentes do dia, os sistemas TBVN e TAVN apresentaram os maiores valores, seguidos dos sistemas TBCV, TACV, TBSV, TASV e TAVA. Esta maior umidade relativa do ar nos sistemas TBVN e TAVN, pode ser justificada pela presença dos nebulizadores, que injetam certa quantidade de água no ambiente, na forma de vapor, elevando a umidade relativa do ar.

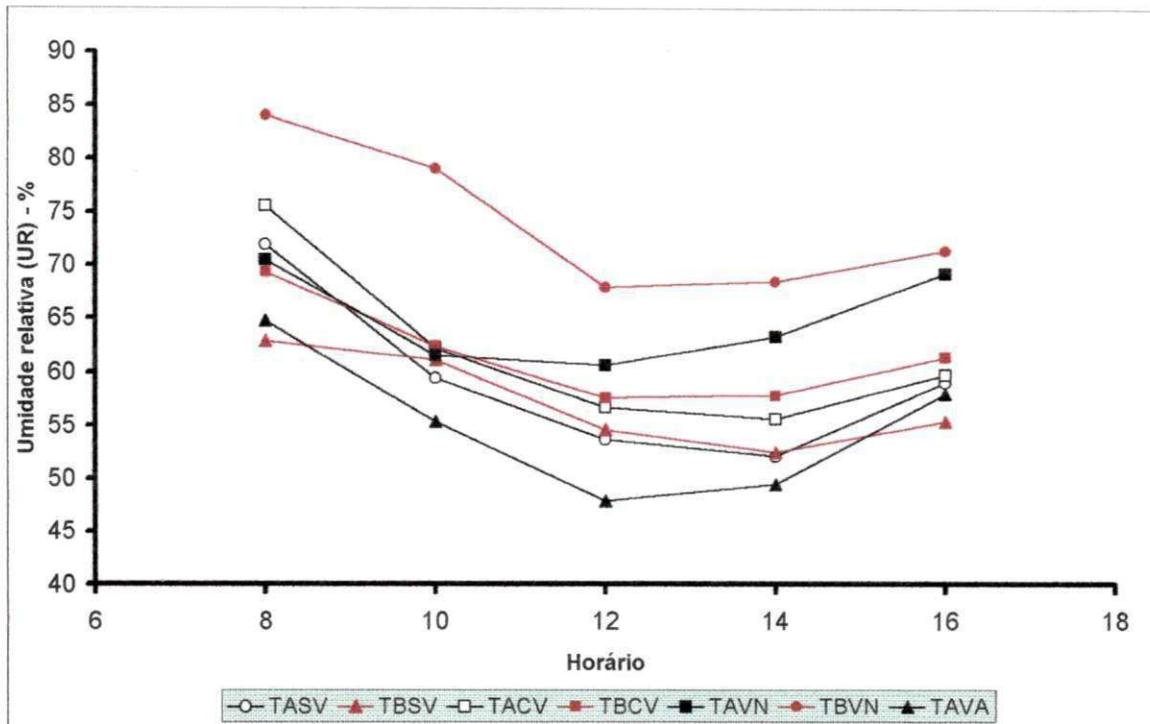


FIGURA 24. Médias da umidade relativa do ar para cada horário observado, nos diferentes sistemas de acondicionamento ambiental

4.2.3 – Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU)

Os resultados médios diários internos do índice de temperatura do globo negro e umidade, obtidos durante o período experimental nos vários sistemas de acondicionamento ambiental, nos horários das 8, 10, 12, 14 e 16 horas, encontram-se relacionados na Tabela 8. De acordo com os valores desta Tabela, verifica-se de maneira geral, diferença significativa ($P < 0,05$) no ITGU para os sistemas de acondicionamento ambiental, nos diferentes horários de observação.

Ainda na mesma Tabela, observa-se que no horário das 8 horas os sistemas de acondicionamento apresentaram diferença significativa, mesmo com os sistemas desligados ou entrando em funcionamento, sendo que os sistemas TBCV e TAVN apresentaram valores mais elevados para o ITGU. No horário das 10 horas observou-se que os sistemas TBCV e TAVN continuaram mostrando valores elevados de ITGU, e no horário das 12 e 14 horas houve pequenas variações estatísticas, com os valores de ITGU os mais elevados registrados, demonstrando que nos horários mais quentes do dia, os sistemas de acondicionamento térmico utilizados, não foram suficientes para reduzir este índice.

TABELA 6. Valores médios do índice de temperatura de globo negro e umidade interna, para os diferentes horários pesquisados, correlacionando-os com os vários sistemas de cobertura analisados

SISTEMAS	HORÁRIOS				
	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00
TASV	76,57 bc	79,33 bc	81,16 ab	80,61 a	78,08 abc
TBSV	77,95 abc	79,27 bc	80,97 ab	80,72 a	79,73 abc
TACV	78,11 abc	80,01 abc	82,11 ab	80,95 a	79,41 abc
TBCV	79,93 a	82,14 a	82,84 a	80,92 a	80,01 ab
TAVN	79,28 ab	81,02 ab	80,40 ab	79,83 a	80,56 a
TBVN	76,78 bc	78,54 c	79,34 b	78,36 a	77,38 bc
TAVA	76,00 c	78,90 bc	80,80 ab	80,00 a	77,08 c

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Considerando-se que o ITGU com valor de até 77 não influencia no desempenho das aves (TEIXEIRA, 1983; PIASENTIN, 1984 e TINÔCO, 1988) observa-se que apenas o tratamento TASV, no horário das 8h, apresentou valor dentro do recomendado, embora diferindo apenas dos tratamentos TACV e TBVN. Esses dados demonstram a necessidade de se melhorar os sistemas de acondicionamento utilizados, já que estes se mostraram ineficientes na diminuição do ITGU. Outro aspecto a se considerar é que, em condições de campo, uma significativa parcela de sobreaquecimento advém do próprio calor gerado pelas aves, agravando mais a situação de desconforto térmico no interior das instalações.

Altos valores de ITGU também foram verificados nos trabalhos realizados por HARDOIN (1989) em aviários com e sem lanternins. Em ambos os casos, o autor verificou que as aves estiveram expostas ao ambiente termicamente desconfortável a partir das 8h11m, por um período superior a 7 horas. LOPES (1999) em pesquisa realizada com matrizes de frangos de corte na região do Triângulo Mineiro, encontrou que, no período matinal, foram obtidos valores de ITGU oscilando em torno de 80. NÃÃS et al. (2001) em experimentos realizados com modelos em escala reduzida encontraram no horário das 14 horas, valores de ITGU também superiores aos recomendados.

Comparando-se os sistemas TASV e TBSV, nos quais não se utilizou nenhum tipo de modificação ambiental, constatou-se que, independente do horário de

ROSA (1984). Esses resultados, entretanto, foram diferentes dos encontrados por SILVA et al (1990) os quais verificaram diferenças significativas entre estes tipos de cobertura, quanto aos valores de ITGU.

Analisando-se os tratamentos TASV e TACV, observa-se que não houve diferença significativa entre os valores de ITGU obtidos nos distintos tratamentos. Esses resultados diferem dos encontrados por FERREIRA et al. (1997) que pesquisando índices de conforto térmico em galpões com telhas de cimento amianto, com e sem ventilação, concluíram que os galpões com ventilação propiciaram menores valores de ITGU. Para o sistema TASV, esses autores encontraram (com exceção das 8 horas) valores de ITGU superiores aos do presente experimento. Quanto ao sistema TACV, os valores do presente trabalho foram superiores nos horários das 8, 10 e 12 horas e semelhantes às 14 e 16 horas os quais podem ser explicados pela influência da latitude. No caso da presente pesquisa, a região de condução do experimento está muito próxima à linha do equador, apresentando elevadas temperaturas e carga térmica radiante, o que pode gerar tendência de se encontrar valores mais elevados de ITGU nestas regiões.

MORAES et al. (1999) em trabalhos com galpões utilizando-se telhas de cimento amianto, encontraram valores de ITGU inferiores nos horários das 8 horas, semelhante às 10 horas e superiores nos outros horários, em relação ao presente trabalho. Quanto aos galpões com aspersão sobre a cobertura, os valores encontrados pelos autores, às 8, 10, e 12 horas foram idênticos aos do presente estudo, sendo que nos horários da 14 e 16 horas foram superiores aos encontrados nesta pesquisa.

FONSECA (1998) encontrou, em galpões com ventiladores e aspersão sobre a cobertura, valores médios de ITGU superiores aos encontrados no presente trabalho no sistema TAVA, com exceção do horário das 16 horas, que foram semelhantes. MATOS (2001) utilizando sistema de ventilação lateral e densidade de 16 aves m^{-2} , encontrou valores de ITGU semelhantes aos encontrados no sistema TAVA, nos horários das 8, 10 e 16 horas, e inferiores nos horários das 12 e 14 horas e, nos galpões com ventilação lateral (TACV), encontrou valores de ITGU menores nos horários das 8, 10 e 16 horas mas idênticos nos horários das 12 e 14 horas.

Comparando-se os sistemas com cobertura de telhas de cimento amianto, observa-se que no horário das 8 horas apenas os sistemas TAVN e TAVA diferiram estatisticamente entre si e, nos horários das 10, 12 e 14 horas, estes não apresentaram diferenças significativas, diferentes dos valores encontrados por TINÔCO (1996) na região

diferenças significativas, diferentes dos valores encontrados por TINÔCO (1996) na região Sudeste do Brasil, que tiveram valores semelhantes para as 8 e 10 horas mas diferentes para os horários das 12 e 14 horas, demonstrando a influência da tipologia e dos fatores ambientais da região sobre os índices de conforto térmico.

Os valores de ITGU atingem o máximo entre as 12 e 14 horas (período mais quente do dia), devido à elevação das temperaturas das vizinhanças do globo negro, principalmente da temperatura do solo aquecido e da superfície inferior da cobertura, que são mais elevados durante o período mais quente do dia, quando a irradiância solar global também é elevada, ROSA (1984). O aumento da temperatura das secções da vizinhança do globo faz com que ele receba mais calor do ambiente, acarretando uma elevação da sua temperatura com conseqüente elevação nos valores de ITGU.

Observa-se que os valores de ITGU do ambiente externo (Tabela 7) foram, para todos os tratamentos e horários, superiores aos ambiente interno, sendo que no horário das 12 horas, considerado um dos mais quentes, este aumento foi de 9,26, 10,34, 8,59, 8,57, 8,2, 7,36 e 8,34 %, para os tratamentos TASV, TBSV, TACV, TBCV, TAVN, TBVN e TAVA, respectivamente, demonstrando o efeito dos diferentes sistemas de acondicionamento de ambiente utilizados e da cobertura na redução deste índice. Esta tendência também foi observada por TINÔCO (1996) e FONSECA (1998) que relatam valores de ITGU do ambiente externo até 23% superiores em relação ao ambiente interno.

TABELA 7. Valores médios do índice de temperatura de globo negro e umidade externa, para os diferentes horários pesquisados, correlacionando-os com os vários sistemas de cobertura analisados

SISTEMAS	HORÁRIOS				
	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00
TASV	80,74	86,50	88,68	89,10	82,37
TBSV	80,28	86,70	89,34	87,84	82,23
TACV	82,99	86,10	89,16	86,51	82,46
TBCV	86,24	88,45	89,94	85,18	81,74
TAVN	85,24	87,73	86,99	85,34	80,84
TBVN	80,33	83,75	85,18	85,05	81,31
TAVA	80,98	85,44	87,54	85,05	79,79

A Figura 25 mostra a representação gráfica das médias do índice de temperatura do globo negro e umidade dos respectivos sistemas de acondicionamento ambiente, em função dos horários. Nesta Figura, pode-se observar que os valores médios de ITGU aumentaram a partir das 10 horas, atingindo um máximo entre 12 e 14 horas, decrescendo em seguida, até as 16 horas. Este comportamento diurno dos valores de ITGU também foi verificado por PIASENTIN (1984), ROSA (1984), CAMPOS (1986), TINÔCO (1988), TINOCO (1996), FERREIRA et al. (1997), FONSECA (1998), ZANOLLA et al. (1999 a, b), MORAES et al. (1999), SARTOR et al. (2000) e MATOS (2001).

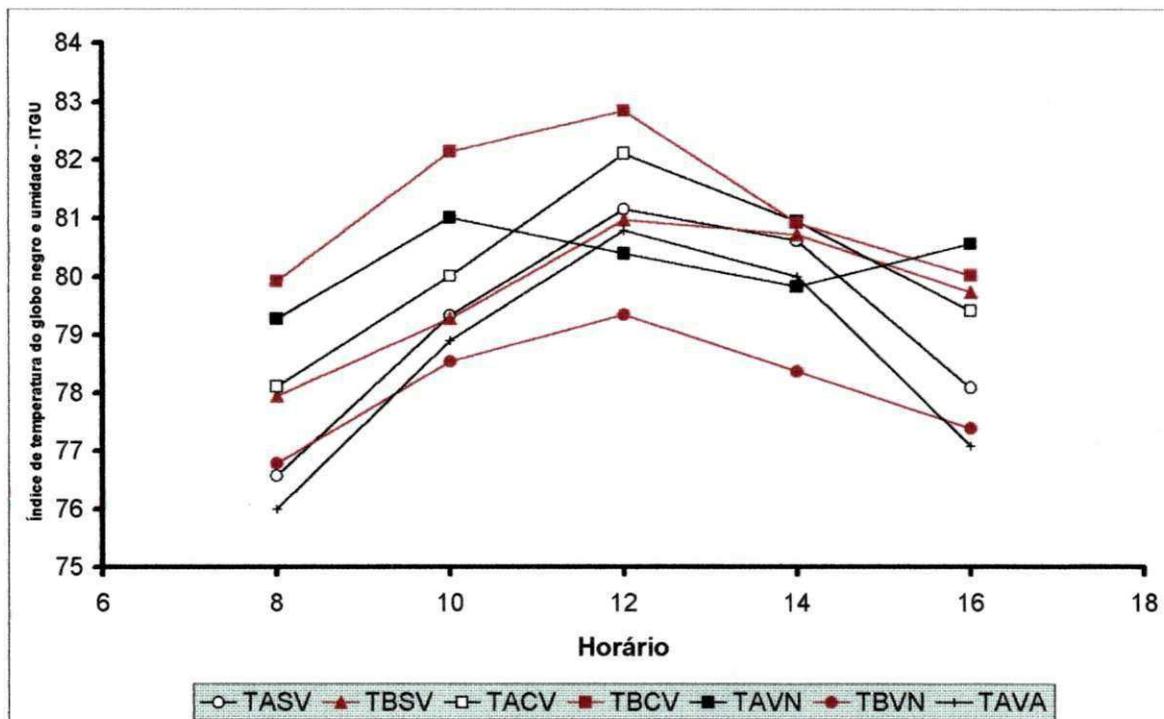


FIGURA 25. Médias do índice de temperatura do globo negro e umidade para cada horário observado, nos diferentes sistemas de acondicionamento ambiental

Com base nesta Figura, observa-se que o ambiente térmico avaliado pelo ITGU nos sete sistemas de acondicionamento do ambiente, mostra uma diferença mais acentuada no horário das 12h, e também que os sistemas TBVN, TAVA, TACV e TBSV apresentaram menores valores de ITGU, principalmente nos horários mais quentes do dia, e os mais elevados no TBCV. Além disso, no sistema TAVN não ocorreu diferença significativa entre os horários, demonstrando que o ITGU se manteve constante ao longo

do dia, com o sistema funcionando perfeitamente. No caso específico do sistema TBCV, o ITGU seguiu a tendência da temperatura ambiente, pelos motivos já citados no item 4.2.1.

4.2.4 – Carga térmica de radiação (CTR)

Os resultados médios diários internos da carga térmica de radiação, obtidos durante o período experimental nos vários sistemas de acondicionamento ambiental, nos horários das 8, 10, 12, 14 e 16 horas, encontram-se relacionados na Tabela 8. De acordo com os valores desta Tabela, verifica-se que, de maneira geral, houve diferença significativa ($P < 0,05$) na CTR, entre os sistemas de acondicionamento ambiental, nos diferentes horários de observação.

TABELA 8. Valores médios da carga de radiação interna, em $W \cdot m^{-2}$, para os diferentes horários pesquisados, correlacionando-os com os vários sistemas de cobertura analisados

SISTEMAS	HORÁRIOS				
	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00
TASV	479,66 b	497,82 b	509,46 bc	505,31 ab	485,23 ab
TBSV	487,65 ab	500,17 b	512,62 bc	508,71 a	504,35 a
TACV	506,04 a	506,79 b	542,05 a	525,20 a	510,04 a
TBCV	508,03 a	533,30 a	529,86 ab	508,98 a	509,58 a
TAVN	498,26 ab	513,94 ab	501,88 c	501,64 ab	492,07 a
TBVN	496,68 ab	489,04 b	501,31 c	480,20 b	464,60 b
TAVA	479,69 b	503,60 b	517,30 bc	508,76 a	485,89 ab

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Vê-se que, no horário das 8 horas, quando os sistemas estavam desligados ou entrando em funcionamento, houve diferença significativa entre eles, sendo que o sistema TBCV apresentou os valores mais elevados, demonstrando a influência das instalações utilizadas na região em que foi realizado o experimento. Nos outros horários constata-se variações estatísticas entre eles, sendo que os sistemas TBCV e TACV apresentaram valores mais elevados de CTR nos horários das 10 e entre 12 e 14 horas, respectivamente.

Considerando-se como referência os valores de $CTR = 498,3 W \cdot m^{-2}$, encontrados por ROSA (1984) para o sistema com telha de barro, observa-se que os

Considerando-se como referência os valores de $CTR = 498,3 \text{ W.m}^{-2}$, encontrados por ROSA (1984) para o sistema com telha de barro, observa-se que os valores encontrados nos tratamentos com este tipo de telha foram inferiores apenas no horário das 8 horas, no sistema TBSV, e nos horários das 8, 10, 14 e 16 horas, no sistema TBVN. Quanto aos abrigos em que se utilizaram telhas de cimento amianto, a autora cita, como valor médio, $CTR = 515,4 \text{ W.m}^{-2}$. No caso do presente experimento observa-se que nos horários das 8, 10 e 16 horas, todos os tratamentos tiveram valor inferior ao obtido por ROSA (1984) e, no horário das 12 horas, os tratamentos TACN e TAVA apresentaram valor superior a este. No horário das 14h, apenas o tratamento TACV mostrou valor superior ao de referência.

Comparando-se os sistemas TASV e TBSV, nos quais não se utilizaram qualquer tipo de modificação ambiental, vê-se que, independente do horário de observação, não diferiram estatisticamente; contudo, foram diferentes dos valores encontrados por ROSA (1984) que relatou, em condições de 9,5; 11,7 e 12,3 horas de insolação, ocorreu maior eficiência de redução da CTR em galpões com cobertura de telha de barro em comparação com cobertura de cimento amianto, tendência esta também corroborada por SILVA et al. (1990). Observa-se também que, para o caso específico do Agreste Paraibano, os valores de CTR nos dois sistemas de condicionamento, nos horários das 12 e 14 h, foram inferiores aos encontrados por ROSA (1984) e SILVA et al. (1990).

MORAES et al. (1999) em trabalhos realizados em Viçosa (Sudeste do Brasil), com galpões utilizando-se telhas de cimento amianto, encontraram valores de CTR inferiores aos encontrados neste trabalho. Quanto aos galpões com aspersão sobre a cobertura, os valores encontrados, com exceção das 16 horas, também foram inferiores aos mostrados no presente trabalho, demonstrando a possível influência climática da região sobre os índices de conforto térmico. FERREIRA et al. (1997) comparando índices de conforto térmico em galpões com telhas de cimento amianto sem ventilação e com ventilação transversal, concluíram que o sistema com ventilação proporcionou menores valores de CTR, diferentes dos encontrados no presente trabalho, cujos sistemas TASV e TACV não diferiram estatisticamente entre si. Observa-se que no sistema TASV, apenas no horário das 8 horas os valores encontrados são superiores aos indicados por esses autores. No sistema TACV, em todos os horários analisados os valores encontrados neste trabalho foram superiores aos calculados pelo autor, demonstrando que apenas a ventilação artificial não é suficiente para reduzir a CTR.

FONSECA (1998) em trabalhos com frangos de corte com densidade de 14 aves m^{-2} , com telhas de cimento amianto e sistema de ventilação associado à nebulização em modo túnel, e aspersão sobre a cobertura, e MATOS (2001) em galpões semelhantes, com 16 aves m^{-2} e sistema de ventilação lateral, encontraram valores médios de CTR inferiores aos indicados no presente trabalho, nos sistemas TAVN e TAVA. ZANOLLA et al. (1999 b) em trabalhos com aviários com ventilação transversal e nebulização, também encontraram valores menores que os do sistema TAVN, sendo que estes fatos podem ser explicados pelo fato de que esses trabalhos foram realizados na região Sudeste do Brasil, que tem menor intensidade de radiação, em relação à região Nordeste.

Comparando-se os sistemas com resfriamento adiabático evaporativo, ou seja, os sistemas TAVN e TBVN, observa-se que estes apresentaram diferença estatística apenas no horário das 16 horas, demonstrando que as telhas de cimento amianto com sistemas de condicionamento térmico, possibilitam um desempenho térmico semelhante as das telhas de cerâmica. Comparando-se apenas os sistemas com cobertura de telhas de cimento amianto, observa-se que estes não diferiram estatisticamente entre si no horário das 10, 14 e 16 horas; no horário das 12 horas, contudo, o sistema TACV diferiu dos demais tratamentos. Observa-se, em todos os horários, à exceção das 12 horas no sistema TAVA, que o sistema TBCV apresentou maior valor de CTR em relação aos tratamentos com telhas de cimento amianto, demonstrando que o sistema de ventilação poderia estar mau dimensionado, ou os galpões com pé direito baixo, o que poderia provocar este índice de CTR maior.

Quanto aos sistemas com cobertura de telhas de cerâmica, nota-se que no horário das 8 horas, período em que os sistemas de condicionamento do ambiente estavam desligados, não ocorreu diferença significativa entre esses tipos de cobertura, independente do sistema de condicionamento e, às 14 horas, período considerado o mais quente, o sistema TBVN diferiu estatisticamente dos demais, tendo uma CTR mais baixa, mostrando a eficiência da cobertura e do sistema de resfriamento adiabático.

Observa-se, ainda, que os valores de CTR, correspondentes ao ambiente externo do galpão (Tabela 9) foram, em todos os tratamentos e horários, considerados superiores aos do ambiente interno, mostrando a eficiência dos sistemas de condicionamento do ambiente utilizados e da cobertura na redução da carga térmica de radiação. No horário das 12 e 14 horas, considerados os mais quentes do dia, a CTR foi de 50,6 e 55,63%; 59,44 e 54,40%; 46,68 e 35,55%; 51,24 e 28,59%; 31,96 e 27,08%; 40,99 e

TBVN e TAVA, respectivamente. Esta tendência também foi encontrada por TINÔCO (1988, 1996), FONSECA (1998), ZANOLLA et al. (1999 b) e NÃÃS et al (2001).

TABELA 9. Valores médios da carga térmica de radiação externa, em $W\ m^{-2}$, para os diferentes horários pesquisados, correlacionando-os com os vários sistemas de cobertura analisados

SISTEMAS	HORÁRIOS				
	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00
TASV	632,05	753,34	767,34	786,41	646,14
TBSV	643,67	786,11	817,33	785,47	649,06
TACV	711,83	731,39	795,11	711,91	625,86
TBCV	741,97	756,81	801,40	654,54	582,03
TAVN	654,89	683,19	662,29	637,47	567,82
TBVN	608,05	641,30	706,80	705,43	642,68
TAVA	744,12	796,57	810,68	754,29	633,51

A Figura 26 mostra a representação gráfica das médias da carga térmica de radiação dos respectivos sistemas de condicionamento ambiente, em função dos horários de observação. Observa-se na Figura que em todos os tratamentos, com exceção do TAVN, os menores e maiores valores de CTR ocorreram às 8 e às 16 horas e às 12 e 14 horas, respectivamente. Este comportamento diurno da CTR também foi verificado por PIASENTIN (1984), ROSA (1984), CAMPOS (1986), TINÔCO (1988), SARTOR et al. (2000), ZANOLLA et al. (1999 b), FONSECA (1998), FERREIRA et al. (1997), NÃÃS (2001) e MATOS (2001); isto pode ser explicado pelo fato de que os valores que definem a CTR ocorrem em função principalmente da irradiação solar direta, a qual atinge os valores mais elevados próximos de 12h, quando o sol se posiciona de forma mais perpendicular ao plano do horizonte local e, também, em função da radiação de ondas longas emitidas pela vizinhança (FONSECA, 1998).

O sistema TBVN foi o que apresentou os menores valores de CTR, seguido do TAVN, enquanto que os sistemas TACV e TBCV foram os que apresentaram maiores valores de carga térmica radiante. No caso específico do sistema TBVN e a TAVN, a CTR seguiu a tendência da temperatura ambiente e do ITGU, já que a CTR é influenciada por esses dois índices, baseando-se nas conclusões apresentadas no item 4.2.1.

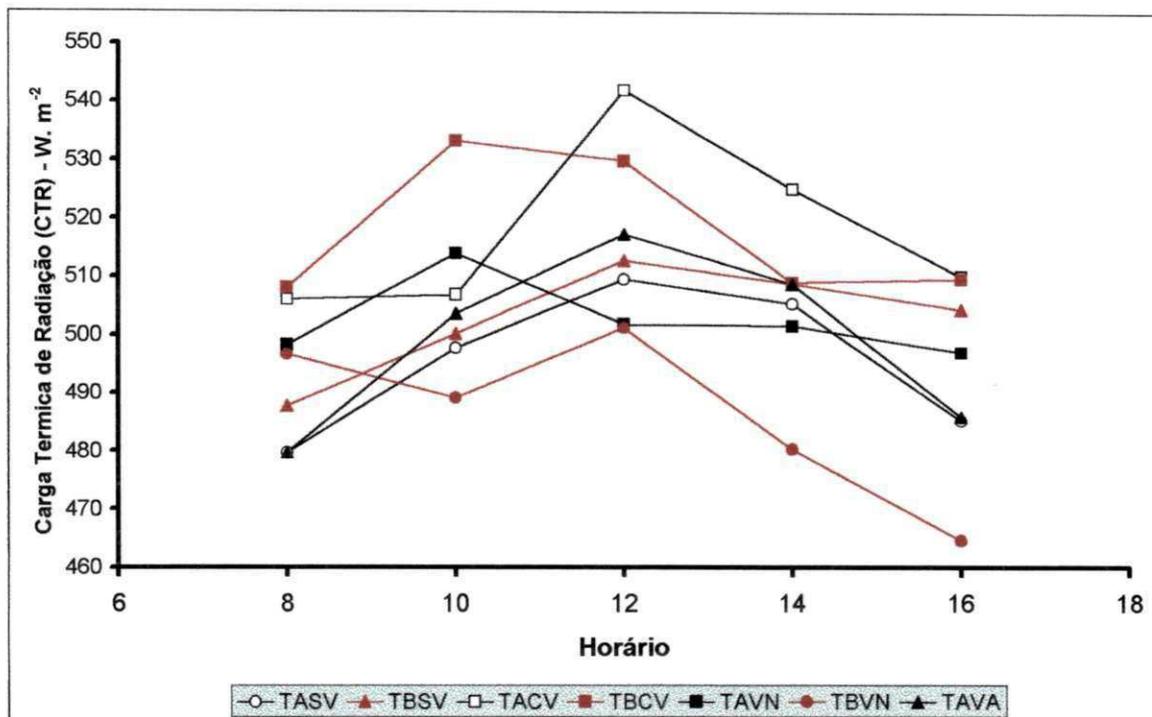


FIGURA 26. Médias da carga térmica de radiação para cada horário observado, nos diferentes sistemas de condicionamento ambiental

4.3 - Avaliação dos índices de produção

Os valores médios e desvios padrão das variáveis produtivas peso vivo (PV), ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar (CA), taxa de mortalidade (TM) e idade média de abate (IdAb) dos diversos sistemas analisados, são apresentados na Tabela 10 e serão analisados a seguir:

4.3.1 - Peso vivo (PV)

Com relação ao peso vivo, as maiores variações ocorreram nos sistemas TBCV e TAVN, e as menores nos sistemas TAVA e TACV. Esses valores estão de acordo com ABREU et al. (1998), CONTE et al. (1998) e BUTOLO (2002) que, aos 42 dias, encontram um peso vivo de 2,42; 2,11 e 2,35 kg, respectivamente. FABRICIO (1994) para frangos com idade de 47,8 dias, encontrou um peso médio de 2,55 e 2,57 kg para galpões com nebulizadores e sem nebulizadores. Esses valores são superiores aos encontrados por VIEIRA et al. (2001) que obtiveram, para galpões tradicionais, valores de peso vivo de 2,28 kg e, para galpões semi-climatizados, valores médios de 2,580 kg de peso vivo. ANGELO et al. (1997) encontraram valores de 2,705 e 2,736 kg, para peso vivo de frangos

com 49 dias de idade e criados em galpões com cama de maravalha e de casca de arroz, respectivamente. Levando-se em consideração a quantidade de carne produzida por m^2 , verificou-se que os sistemas com 10 aves m^{-2} produziram, em média, $26,0 \text{ kg } m^{-2}$, enquanto o sistema TAVN, que tinha 12 aves m^{-2} , produziu $29,88 \text{ kg } m^{-2}$ e o sistema TBVN, que tinha 13 aves m^{-2} , produziu $33,28 \text{ kg } m^{-2}$, correspondendo a um acréscimo de 14,9 e 28 %, respectivamente. No caso do sistema TAVN, este valor foi inferior ao encontrado por FONSECA (1998) que trabalhando em galpões com densidade de 14 aves m^{-2} , encontrou uma produção média de $30,91 \text{ kg } m^{-2}$.

TABELA 10. Valores médios e desvios padrão das variáveis produtivas: peso vivo (PV), ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar (CA), taxa de mortalidade (TM) e idade média de abate (IdAb) das aves nos diversos sistemas de produção analisados

SISTEMAS	PV (kg)	GPD (g)	CA	TM (%)	IdAb (dias)
TASV	$2,57 \pm 0,09$	$54,75 \pm 1,14$	$1,99 \pm 0,08$	$2,57 \pm 0,09$	$47,00 \pm 0,81$
TBSV	$2,60 \pm 0,05$	$55,09 \pm 0,83$	$1,99 \pm 0,02$	$2,60 \pm 0,05$	$47,24 \pm 0,88$
TACV	$2,67 \pm 0,02$	$54,31 \pm 0,51$	$1,93 \pm 0,09$	$2,67 \pm 0,02$	$49,09 \pm 0,10$
TBCV	$2,49 \pm 0,27$	$51,92 \pm 3,71$	$1,97 \pm 0,03$	$2,49 \pm 0,27$	$47,84 \pm 1,89$
TAVN	$2,49 \pm 0,19$	$53,77 \pm 0,28$	$1,82 \pm 0,03$	$2,49 \pm 0,19$	$46,36 \pm 3,49$
TBVN	$2,56 \pm 0,06$	$54,16 \pm 1,65$	$1,94 \pm 0,05$	$2,56 \pm 0,06$	$47,31 \pm 2,15$
TAVA	$2,67 \pm 0,01$	$54,49 \pm 1,00$	$1,93 \pm 0,01$	$2,67 \pm 0,01$	$49,00 \pm 1,00$

4.3.2 - Ganho de peso diário (GPD)

Quanto aos valores de ganho de peso diário, observa-se que as maiores variações ocorreram nos galpões com TBCV e TBVN e as menores variações ocorreram nos galpões com TAVN e TACV. VIEIRA et al., (2001) em experimentos no Maranhão com frangos de corte, encontraram um GPD de $47,32 \text{ g/dia}$ nos galpões tradicionais e $50,35 \text{ g/dia}$ nos galpões semiclimatizados; portanto, inferiores aos encontrados no presente trabalho. Esses dados estão de conformidade com ABREU et al. (1998), CONTE et al. (1998) e BUTOLO (2002) que, realizando pesquisa com frangos de corte encontraram, aos 42 dias um GPD de $56,5$; $50,28$ e $50,10 \text{ g}$, respectivamente. FABRICIO

(1994) encontrou para frangos com 46,7 e 47,8 dias, um GPD de 54,63 e 53,8 g, para galpões com sistemas de nebulizadores e sem nebulizadores, respectivamente, e ANGELO et al. (1997) encontraram valores de GPD de 54,3 e 54,9g, para frangos com 49 dias de idade e criados em cama de maravalha e casca de arroz, respectivamente, também semelhantes aos do presente trabalho.

4.3.3 - Conversão alimentar (CA)

A conversão alimentar teve as menores variações nos sistemas TAVA e TBSV e as maiores variações nos sistemas TASV e TACV, indicando que este tipo de telha pode afetar mais negativamente as aves que os outros sistemas de cobertura. Nos outros sistemas analisados, observou-se uma pequena variação nos desvios padrão, demonstrando a ocorrência de certa uniformidade. Valores semelhantes foram encontrados por TEIXEIRA (1996) e VIEIRA et al. (2000) com conversão alimentar de 1,97, nos galpões tradicionais, e 2,01 nos semiclimatizados, respectivamente.

Estes valores foram superiores aos obtidos por FONSECA (1998) que encontrou valores médios de 1,70. Estes dados estão de acordo com ABREU et al. (1998), CONTE et al. (1998) e BUTOLO (2002) que, aos 42 dias de idade das aves de corte, encontraram uma CA 1,78; 1,78 e 2,06, respectivamente. FABRICIO (1994) encontrou uma CA de 2,07 e 2,11, para galpões com nebulizadores e sem nebulizadores. ANGELO et al. (1997) mostraram valores de 1,92 e 1,91, para frangos com 49 dias de idade e criados em cama de maravalha e casca de arroz, respectivamente.

4.3.4 - Taxa de mortalidade (TM)

Quanto à taxa de mortalidade, observa-se maior variação nos sistemas em que se utilizou a cobertura de telha de cimento amianto (exceção do sistema TAVA), demonstrando que a cobertura de telha de cimento amianto é mais afetada negativamente pela variação da temperatura do ar, ou seja, apresenta menor inércia térmica, prejudicando mais os animais abrigados sobre ela.

O valor médio de TM no presente trabalho foi superior aos encontrados por VIEIRA et al., (2000) com taxa de mortalidade de 2,45% em galpões tradicionais e, 1,35% nos semiclimatizados. BUTOLO (2002) encontrou, aos 42 dias, uma mortalidade de 4,57%. FABRICIO (1994) achou uma TM de 5,82 e 7,82% para galpões com nebulizadores e sem nebulizadores, respectivamente. ANGELO et al. (1997) encontraram

valores de TM de 5,10 e 4,85, para frangos com 49 dias de idade e criados em cama de maravalha e casca de arroz, respectivamente. Levando-se em consideração a quantidade de aves criadas por m², ou seja, os sistemas TAVN e TBVN, observa-se que estes tiveram uma taxa de mortalidade semelhantes aos outros sistemas, que tinham densidade de 10 aves m⁻², demonstrando que é possível, com melhoria nos sistemas de acondicionamento térmico, obter-se uma produção de carne por m², sem elevar a taxa de mortalidade.

4.3.5 - Idade média de abate (IaAb)

Em relação à idade média de abate, constatou-se maior desvio padrão nos galpões com TAVN e TBNV, sendo que esses sistemas são os que utilizam sistemas de climatização mais complexos e criação de aves em alta densidade. Fazendo-se uma correção para uniformizar as datas de abate, observa-se que o peso vivo fica muito mais uniforme, demonstrando que a idade ao abate também pode ter influenciado o ganho de peso diário. A idade média de abate é muito variável, como pode ser observado nos valores encontrados por BUTOLO (2002), ABREU et al. (1998), CONTE et al. (1998) e BUTOLO (2002) em cujos experimentos as aves foram abatidas com 42 dias de idade. FABRICIO (1994) abateu, em seu experimento as aves com idade média de 48 dias e no experimento de ANGELO et al. (1997) as aves foram abatidas aos 49 dias de idade e criados em cama de maravalha e casca de arroz.

f) Considerações sobre os índices produtivos

De maneira geral, pode-se observar certa uniformidade nos valores encontrados para os índices produtivos, os quais estiveram dentro das faixas tidas como ideais pela indústria avícola do País. Como as aves ficaram um período do dia sob condições de estresse calórico, pode-se explicar esses índices com base em MACARI e FURLAN (2001) que demonstram haver mudança comportamental das aves ao longo do dia e que, durante o dia, com o aumento da temperatura ambiente, as aves entram em processo de hipertermia, com redução do apetite e, conseqüentemente, redução na ingestão de alimentos. À noite, as condições ambientais são mais confortáveis para os frangos, já que, observando-se o apêndice B, as temperaturas mínimas ocorridas no interior dos aviários ficaram na média de 22 a 23 °C, favorecendo os mecanismos de ingestão de alimento pelas aves, que conseguem adaptar-se à situação de desconforto térmico ocorrido durante o dia, sem prejuízo drástico de suas funções produtivas. MOURA (2001)

considera, como críticas, temperaturas superiores a 32 °C, com altas taxas de umidade relativa, principalmente acima de 80%, fato que não ocorreu em nenhum dos sistemas de acondicionamento térmico utilizado no presente trabalho. No que se refere à temperatura ambiente máxima observa-se no Quadro 2 dos Anexos, que essas temperaturas no interior dos aviários ficaram na faixa de 32 a 33 °C, mas com umidade relativa baixa; portanto, as aves mesmo em um ambiente fora da sua zona de conforto térmico, conseguem ajustar-se fisiologicamente, mantendo sua homeotermia, sem prejuízo de sua eficiência produtiva.

5 - CONCLUSÕES

Nas condições de realização do experimento e pelos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- ◆ A avicultura industrial do Agreste Paraibano é conduzida, principalmente, em sete diferentes tipologias arquitetônicas ou sistema de acondicionamento térmico ambiental;
- ◆ Os aviários são predominantemente concebidos em pequenas dimensões de largura e comprimento, com baixa densidade de alojamento. A grande maioria dos galpões está localizado no sentido Leste-Oeste, com pequeno afastamento entre os prédios, apresentam piso concretado, cobertura em duas águas, estrutura do telhado em madeira, ausência de lanternim, pé direito baixo, beirais pequenos e muretas altas, além de disporem de cobertura vegetal ou outros elementos adequados ao correto paisagismo circundante.
- ◆ Quanto aos equipamentos do galpões, a principal fonte de aquecimento dos pintainhos é o gás GLP, os bebedouros são automáticos e pendulares e os comedouros manuais. Cerca da metade dos galpões possuem ventiladores, sendo que uma pequena percentagem destes estão associados à nebulizadores;
- ◆ A temperatura do ar, índice de temperatura de globo negro e umidade e a carga térmica de radiação, apresentaram, nos horários mais quentes, valores médios considerados acima do ideal para frangos de corte. Os valores da umidade relativa do ar permaneceram dentro da faixa considerada ideal;
- ◆ Os índices produtivos são semelhantes para os diversos sistemas de acondicionamento térmico ambiental, os quais apresentam-se dentro das faixas tidas como satisfatórias para a indústria avícola de corte brasileira, enquanto que os sistemas que utilizam uma maior densidade de aves/m², apresentam uma produção de carne/m², superior aquela dos sistemas tradicionais.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, V.M.N. Manejo inicial e seus reflexos no desempenho do frango. **Avicultura Industrial**, Gessulli, p. 25-38. 1999

ABREU, P.G.; ABREU, V.M.N.; PERDOMO, C.C.; BAÊTA, F.C.; MORAES, S.M.R.; SILVA, M.A. Desempenho produtivo de frangos de corte criados em diferentes sistemas de aquecimento. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas, p. 69, 1998.

ABREU, P.G.; ABREU, V.M.N. Conforto Ambiental. **Revista Brasileira de Agropecuária**. Ed. Escala. São Paulo. Ano II, nº 13. p.44-50, 2001.

ANGELO, J.C.; GONZALES, E.; KONDO, N.; ANZAI, N.H.; CABRAL, M.M. Material de cama: qualidade, quantidade e efeito sobre o desempenho de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, Viçosa, v. 26, n.1, p. 121-130, 1997.

ATLAS GEOGRÁFICO DO ESTADO DA PARAÍBA. Vegetação. João Pessoa: Secretaria da Educação e Cultura/Universidade Federal da Paraíba. 1985, 99p.

AZEVEDO, M.A.; NASCIMENTO, J.W.B. Estrutura de madeira para cobertura de aviários no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.**, Campina Grande, v. 3, n. 3, p. 358-390, 1999.

BAÊTA, F.C. Planejamento de instalações avícolas considerando as variações de temperatura. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AMBIÊNCIA E INSTALAÇÃO NA AVICULTURA INDUSTRIAL, 1995, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, p. 123-129, 1995.

BAÊTA, F.C.; DANTAS, F.F.; CECON, P.R.; PASSOS, E.F. Estudo de termossifão em galpões para frangos de corte com cobertura de telhas cerâmicas e de cimento-amianto. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa - AEAGRI. v. 5, n. 14, p. 1-16, 1996.

BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais – conforto animal – Viçosa – MG: UFV, 1997, 246p.**

BAÊTA, F.C. Sistemas de ventilação natural e artificial na criação de aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA E SISTEMAS DE PRODUÇÃO AVÍCOLA, 1998, Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA-CNPSA. p. 96-117. 1998.

BAUKE, C. Aspectos econômicos da criação de aves em ambientes climatizados. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA E SISTEMAS DE PRODUÇÃO AVÍCOLA, 1998, Concórdia: **Anais...** Concórdia, EMBRAPA-CNPSA. p. 1-6, 1998.

BAKKER, W. Conceitos atuais no manejo de frangos. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 3, 2002, Chapecó. **Anais...** Chapecó, p. 87-96, 2002.

BOND, T.E., KELLY, C.F.; ITTNER, N.R. Radiation studies of painted shade materials. Transaction of the ASAE. St. Joseph, v.35, n.6, p. 389-392, 1954.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA; **Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba. II - Interpretação Para Uso Agrícola dos Solos do Estado da Paraíba.** M.A./CONTAP/USAID/BRASIL. (Boletim DPFS. EPE-MA, 15 - Pedologia, 8). Rio de Janeiro. 1972. 683p.

BUFFINGTON, C.S.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D.; THATCHER, W.W.; COLLIER, R.J. Black globe humidity comfort index for dairy cows. St. Joseph. ASAE, Paper, 77- 4517, 1977 . 19 p.

BUTOLO, J.E. Novos padrões de produção avícola. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 3, Chapecó. **Anais...** Chapecó – SC. p. 48-54. 2002.

CAMPOS, A.T. **Determinação dos índices de conforto térmico e da carga térmica de radiação em quatro tipos de galpões em condições de verão para Viçosa, MG.** UFV, 1986, 66 p. (Dissertação de Mestrado).

CAMPOS, J.E. **Avicultura: Razões, fatos e divergências.** Belo Horizonte: FEP-MVZ, 2000. 311 p.

CANTON, G.H., BUFFINGTON, D.E. COLLIER, R.J. Inspired-air for dairy cows. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v. 25, n. 3, p. 730-734, 1982.

CAVALHEIRO, F. Arborização urbana: planejamento, implantação e condução. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2 e ENCONTRO NACIONAL DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1994, São Luiz. **Anais...** São Luiz: SBAR, p. 227-231. 1994.

CHANCELOT, W.J. Cool tropical building: lessons from old style designs. In: International Winter Meeting of the American Society Agricultural Engineering, Chicago, 1991. Chicago:ASAE, Paper n. 91-4521, 19 p., 1991

CONTE, A J.; COTTA, J.T.B.; TEIXEIRA, A.S.; MUNIZ, J.A. Efeitos de dois sistemas de criação e de dois tipos de cama no desempenho de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas – SP, p. 76. 1998

COOPER, M.A. ; WASHBURN, K.W. The relationship of body temperature to weight gain, feed consumption and feed utilization in broilers under heat stress. 1998. **Poultry Science**, 77. P. 237-242, 1998.

COSTA, E.C. **Arquitetura ecológica**. S. Paulo, Edgard Blucher, 1982. 265 p.

CURTIS, S.E. **Environmental Management in Animal Agriculture**. 2:ed. Ames, Iowa: Iowa State University Press, 1983. 407 p.

CZARICK, M. La ventilacion de casetas com cortinas a los costados. **Industria avícola**. v.36, p. 8-12, 1989.

DONALD, J. Planning broiler housing for environmental control systems. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA E SISTEMAS DE PRODUÇÃO AVÍCOLA, 1998, Concórdia, **Anais...** Concórdia: EMBRAPA/CNPSA, p. 118-130. 1998.

ECKMAN, M.K. Influência da temperatura na produção de frangos de corte. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 3, 2002, Chapecó. **Anais...** Chapecó – SC, p.23 – 27, 2002.

ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. 2: ed. Westport CT: ABI Publishing Co., 1969. 325 p

ENGLERT, S. **Avicultura: tudo sobre raças, manejo, alimentação e sanidade**. 6. Ed. Porto Alegre, Agropecuária, 1987. 288 p.

FABRICIO, J.R. Influência do estresse calórico no rendimento da criação de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FACTA, p. 111-118, 1994

FERREIRA, J.H. ; BAETA, F.C. ; BAIÃO, N.C. ; SOARES, P. R.; CECON, P.C. Posicionamento de ventiladores em galpões para frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**. AEAGRI. v. 5, n.1, p. 43 a 62, 1997.

FONSECA, J.M. **Efeito da densidade de alojamento sobre o desempenho de frangos de corte criados em sistemas de nebulização e ventilação em túnel**. UFV - Viçosa – MG. 1998. 57 p. (Dissertação de Mestrado).

FURLAN, R.L.; MALHEIROS, R.D.; MORAES, V.M.B.; MALHEIROS, E.B.; BRUNO, L.D.G.; SECATO, E.R.; MACARI, M. Efeitos da densidade de alojamento e da temperatura ambiente sobre a temperatura corporal de frangos. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, FACTA. Suplemento 2, p. 62. (a), 2000.

FURTADO, D.A.; AZEVEDO, P.V.; FREIRE; I.M. GOMES, A.G. Parâmetros de conforto térmico para produção de aves em Campina Grande (PB). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12 e REUNIÃO LATINO – AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 3, Fortaleza, 2001. **Anais...** Fortaleza, 2001, CD-Rom.

FURTADO, D.A.; AZEVEDO, P.V.; SANTOS JR. R.L. ASSIS, P.C.O. Parâmetros de conforto térmico para produção animal nas messorregiões do estado da Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13, Foz de Iguaçu. **Anais ...** Foz de Iguaçu: SBMET, 2002. CD-Rom.

GARRET, W.R. BOND, T.E.; PEREIRA, N. Influence of shade height on physiological response of cattle during hot weather. *Transactions for the ASAE*, v. 10, n. 4. p. 433-434, 1967.

GUELFILHOS, H.; VILA NOVA, N.A.; OMETTO, D.A.; JANUÁRIO, M. Influência da orientação na carga térmica solar recebida em edificações rurais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 17, São Luiz. **Anais...** São Luiz: SBEA, p. 571-577. 1988.

GUELFILHO, H.; SILVA, I. O.; MOURA, D.J.; CONSIGLIERO, F.R. Índice de conforto térmico e CTR para diferentes materiais de cobertura em três estações do ano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21. Londrina. **Anais...** Londrina: SBEA. p. 94-110, 1992.

HARDOIN, P.C. **Estudo do lanternim em instalações avícolas.** UFV, Viçosa – MG - 1989. 69p. (Dissertação de Mestrado).

HARDOIN, P.C. Qualidade do ar. Sistemas de ventilação natural e artificial na exploração Avícola. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA E INSTALAÇÃO NA AVICULTURA INDUSTRIAL. Campinas. **Anais...** Campinas, p. 89 – 98, 1995.

HARDOIN, P.C. Planejamento e benfeitorias rurais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TÉCNICOS, PESQUISADORES E EDUCADORES DE CONSTRUÇÕES RURAIS, 2, Campinas. **Anais...** Campinas, p.19- 36, 1996.

HELLMEISTER FILHO, P.; SILVA, I.J.O.; SAVINO, V.J.M.; CUSTÓDIO, R.W.S.; COELHO, A.D. Análise da amplitude térmica e da temperatura média proporcionada por aquecedores elétricos e a gás e sua influência sobre o desempenho de pintos para corte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25, Bauru. **Anais...** Bauru: SBEA/UFLA. 1996. CD-Rom.

KAMPEN, M. V. Physiological responses of poultry to ambient temperature. *Archiv fur Experimentelle Veterinar Medizin*, v. 38. p. 384 – 39, 1984.

KELLY, C. F.; BOND, T. E.; ITTNER, N.R. Thermal design of livestock shades. *Agricultural Engineering*, v. 31, n.12, p. 601-606, 1950.

KRAVCHENKO, A.; GONÇALVES, V.A. Influência dos materiais de cobertura na temperatura interna das construções. **Anais da Escola de Agronomia e Veterinária da UFMG**, v. 10, n.1. p. 27-38, 1980.

LEAL, P.A.M. **Determinação do microclima gerado dentro de uma estrutura a partir dos dados ambientais.** Campinas – SP, 1981. 79p. (Dissertação de Mestrado).

LAMBERT, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na Arquitetura**. PW Editores, São Paulo, 1977, 188 p.

LEESON, S.; SUMERS, J.D. **Commercial poultry nutrition**. Guelph., Ontario: University Books, 1991, 335 p.

LOPES, S.P. **Efeitos de densidade, programas e fontes de luz, durante a fase de recria, sobre o desempenho de matrizes de frangos de corte**. UFMG – Belo Horizonte, 1999, 75 p. (Tese de Doutorado).

LUCEHESI FILHO, A. Criação de frangos de corte em alta densidade: pré requisitos, vantagens e desvantagens do sistema. Manejo de Frangos de Corte. In: CONFERENCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Campinas. **Anais...Campinas: FACTA**. p. 13-22, 1977.

LUCHESE, J.B. Custo-Benefício da criação de frangos de corte em alta densidade no inverno e verão. In: CONFERENCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Campinas. **Anais... Campinas: FACTA**. p. 241- 248, 1998.

MACARI, M.; FURLAN, R.L. **Ambiência na produção de aves de corte**. In: SILVA, I.J.O. **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba: FUNEP, p. 31-87, 2001.

MACARI, M. Estresse de calor em aves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38 e SIMPÓSIO SOBRE AVICULTURA E SUÍNOCULTURA, 2001, Piracicaba, **Anais...Piracicaba. SBEA, 2001. CD-Rom**.

MacDOWELL, R.E. **Bases biológicas de la producción animal em zonas tropicalles**. Zaragoza – Espanha: Editorial Acribia, 1975. 629 p.

MALAVAZZI, G. **Manual de criação de frangos de corte**. São Paulo. Nobel, 1982, 163 p.

MATOS, M. L. **Conforto térmico ambiente e desempenho de frangos de corte, alojados em dois níveis de alta densidade, em galpões com sistemas de ventilação em túnel e ventilação lateral**. Viçosa: UFV, 2001. 89 p. (Dissertação de Mestrado).

MAY, J. D. Temperatura e umidade em galpões avícolas com ventilação de túnel: impacto no desempenho de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 1998 E SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE INSTALAÇÕES E AMBIÊNCIA, 1998, Campinas, SP. **Anais... Campinas: FACTA**, p. 221-228, 1998.

MILLIGAN, J. L. & WINN, P.N. the influence of temperature na humidity on boiler performance in enviromental chambers. **Poultry Science**, v.43, p. 817 -824, 1964.

MITCHEL, M. A. Effects of air velocity on convective and radiant heat transfer from domestic foowls at environmental temperatures of 20 °C and 30 °C. **British Poultry Science**. Abingdon, v. 26, p. 413-423, 1985.

MIZUBUTI, I. Y.; FONSECA, N.A.N.; PINHEIRO, J.W. Desempenho de duas linhagens comerciais de frangos de corte criadas sob diferentes densidades populacionais e diferentes tipos de cama. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia.**, Viçosa, v. 23, n. 3. p. 476-84, 1994.

MORAES, S.R.P.; TINÔCO, I.F.F.; BAÊTA, F.C.; CECON, P. C. Conforto térmico em galpões avícolas, sob coberturas de cimento amianto e suas diferentes associações. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** v. 3, n.1, p. 89-92, 1999.

MORO, D. Sistemas de aquecimento em instalações avícola na fase inicial. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AMBIÊNCIA E INSTALAÇÃO NA AVICULTURA INDUSTRIAL, 1995, Campinas, **Anais...**Campinas: FACTA. p. 139-144, 1995.

MOUCHREK, E.; MONTEIRO, P.A.; STHELING, R.; TANAKA, T. Identificação de materiais de "cama" para frangos de corte criados em diferentes densidades populacionais. 1. Resultados em época quente. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29,1992, Lavras. **Anais...**Lavras: SBZ/ESAL, p.343. 1992.

MOUCHREK, E.; MONTEIRO, P.A.; STHELING, R.; TANAKA, T. Identificação de materiais de "cama" para frangos de corte criados em diferentes densidades populacionais. 2. Resultados em época fria. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ/ESAL, p.344, 1992.

MOURA, D.J.; NÃÃS, I.A. Estudo comparativo de índices de conforto térmico na produção de animais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993, Ilhéus. **Anais...**Ilheus: SBEA - CEPLAC, v.1, p.42-46. 1993.

MOURA, D.J. **Ambiência na avicultura de corte.** In: SILVA, I. J. O. **Ambiência na Produção de Aves em Clima Tropical.** Piracicaba: FUNEP, p. 75-149, 2001.

MÜLLER, P.B. **Bioclimatologia Aplicada aos Animais Domésticos.** 2ª Ed. Porto Alegre, RS. Ed. Sulina, 1982, 158p.

NÃÃS, I.A. **Princípios de Conforto Térmico na Produção Animal.** São Paulo : Editora Ícone; 1989. 183 p.

NÃÃS, I.A.; MOURA, D.J.; LAGANÁ, C.A.A amplitude térmica e seu reflexo na produtividade de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1995, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FACTA, p. 297-298, 1995.

NÃÃS, I.A. Ambiência nas instalações agropecuárias. In: ENCONTRO DE TÉCNICOS, PESQUISADORES E EDUCADORES DE CONSTRUÇÕES RURAIS,2, 1996, Campinas. **Anais...**Campinas. p. 37 – 47, 1996.

NÃÃS, I.A.; SEVEGNANI, K.B.; MARCHETO, F. G.; ESPELHO, J.C.C.; MENEGASSI, V.; SILVA, I.J.O. Avaliação térmica de telhas de composição de celulose e betumem,

pintadas de branco, em modelos de aviários com escala reduzida. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 21, n.2, p. 121-126, 2001.

OLIVEIRA, J. L.; ESMAY, M. L. Ventilation air-flow patterns by use of models. *Transactions of the ASAE*, v. 25, n. 5, p. 1355-1359, 1982.

PERDOMO, C.C. Mecanismos de aclimatização de frangos de corte como forma de reduzir a mortalidade no inverno e verão.. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE INSTALAÇÕES E AMBIÊNCIA, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas. p. 229-240, 1998.

PERDOMO, C.C. Controle do ambiente e produtividade de frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38 E SIMPÓSIO SOBRE AVICULTURA E SUÍNOCULTURA, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 2001. CD- Rom.

PEREIRA, M.F. **Construções Rurais**. São Paulo, Nobel, 1986. 330p.

PIASENTIN, J.A. **Conforto medido pelo índice de temperatura do globo e umidade na produção de frangos de corte para dois tipos de pisos em Viçosa, MG**. Viçosa, MG, UFV, 1984, 77 p. (Dissertação de Mestrado).

PITT, D.; SOERGELL, I.; ZUBE, E. **Tress in the city**. In: **Nature in cities: The natural environment in the design and development of urban green spaces**. Chichester: I.C. Laurie, p. 123-138, 1988.

PROUDFOOT, F.G.; HULAN, H.W.; RAMEY, D.R. The effect of four stocking densities on broiler carcass grade, the incidence of breast blisters, and other performance. **Poultry Science**, v. 58, p. 791,193, 1979.

RODRIGUES, E.H.V.; ALVES, S. Efeito do sombreamento arbóreo em instalações avícolas considerando orientação leste-oeste e norte-sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31, Salvador, **Anais...** Salvador: EAUFBA/SBEA, 2002. CD-Rom.

ROSA, Y.B.C.J. **Influência de três materiais de cobertura no índice de conforto térmico em condições de verão, para viçosa - mg**. UFV, 1984. 77p. (Dissertação de Mestrado).

SANTOS, A.C. **Análise de diferentes tipos de bezerreiros individuais móveis para as estações de outono e inverno na região de Viçosa-MG**. UFV. 1993. 99 p. (Dissertação de Mestrado).

SARTOR, V.; BAÊTA, F.C.; ORLANDO, R.; LUZ, M.F.L.; TINÔCO, I.F.F. Efeito do resfriamento evaporativo em instalações para frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 20, n.2, p. 87-97, 2000.

SATTLER, M.A. Arborização urbana e conforto ambiental. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1 E ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 4, 1992, Vitória. **Anais...** Vitória: SBAR, p. 15-28, 1992.

SAVASTANO JR. H.; SILVA, I.J.O.; LUZ, P.H.C.; FARIA, D.E. Desempenho térmico de alguns materiais de cobertura em aviários. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 8, n. 1. p.1-10, 1997

SELL, J.L. Use of supplemental fat to improve productive efficiency fo poultry. Florida Nutrition Conference, p. 43-46, 1979.

SEVEGNANI, K.B.; GUELFILHO, H.; SILVA, I.J.O. Comparação de vários materiais de cobertura através de índices de conforto térmico. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 51, n.1, p. 1 – 7, 1994.

SEVEGNANI, K.B. **Avaliação de tinta cerâmica em modelos em escala reduzida simulando galpões para frangos de corte**. Campinas, FEAGRI/UNICAMP, 1997. 64p. (Dissertação de Mestrado).

SEVEGNANI, K.B. **Avaliação dos efeitos fisiológicos causadas pela ventilação artificial em frangos de corte, em dispositivos de simulação climática**. Campinas, FEAGRI/UNICAMP, 2000. 96 p. (Tese de Doutorado).

SILVA, I.J.O.; GUELFILHO, H.; CONSIGLIERO, F.R. Influência dos materiais de cobertura no conforto térmico de abrigos. **Engenharia Rural**, v. 1. n.2, p. 43-55, 1990.

SILVA, I. J. O.; SEVEGNANI, K.B. **Ambiência na produção de aves de postura**. In: SILVA, I. J. O. **Ambiência na Produção de Aves em Clima Tropical**. Piracicaba: FUNEP, p. 150- 214, 2001.

SILVA, I.J.O.; NÃÃS, I.A. Efeito da arborização na produção de ovos. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.7 (ÚNICO), p. 93-97, 1996.

SMITH, W. K. **Poultry housing problems in the tropics and subtropics**. In: CLARCY, J. A. **Environmental aspects of housing for animal production**, Butterworths, London, 1981, 51 p.

TEIXEIRA, V.H. **Estudo dos índices de conforto em duas instalações de frango de corte para a regiões de Viçosa e Visconde do Rio Branco, MG**. UFV, 1983, 59p. (Dissertação de Mestrado).

TEIXEIRA, V.H. Instalações para aves. In: **CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS**, 1991, Campinas...Campinas: FACTA, p. 31-36, 1991. **Anais**

TEIXEIRA, V.H. **Construções e Ambiência – Instalações para aves e suínos**. Lavras – MG. UFLA/FAEPE, 1997. 181 p.

THOM, E.C. Cooling degree – days air conditioning, heating, and ventilating. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, Michigan, v. 55, n.7, p. 65-72, 1958.

TIMMONS, M.B.; HILLMAN, P.E. Tunnel ventilation revisited in prevention of heat stress. **Poultry Digest**, n. 52. p. 4-8, 1993.

TINÔCO, I.F.F. **Resfriamento adiabático (Evaporativo) na produção de frangos de corte**. Viçosa – MG. UFV: Imprensa Universitária, 1988. 92p. (Dissertação de Mestrado)

TINÔCO, I.F.F. **Efeito de diferentes sistemas de condicionamento de ambiente e níveis de energia metabolizável na dieta sobre o desempenho de matrizes de frangos de corte, e condições de verão e outono**. Belo Horizonte - UFMG, 1996. 169p. (Tese de Doutorado).

TINÔCO, I.F.F. **Ambiência e instalações para a avicultura industrial**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, e Terceiro Encontro Nacional de Técnicos, Pesquisadores e Educadores de Construções Rurais, 1998, Lavras. In: Victor Hugo Teixeira e Lúcia Ferreira./Lavras: UFLA/SBEA, 1998: p. 1 – 86. 1998.

TINÔCO, I. F.F. Avicultura industrial: Novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas. v. 3, n. 1, p 1 – 26, 2001.

TINÔCO, I. F. F.; FIGUEREDO, J. L. A.; SANTOS, R.C.; PAULA, M. O.; VIGODERIS, R. B.; PUGLIESI, N.L. Avaliação de materiais alternativos utilizados na confecção de placas porosas para sistemas de resfriamento adiabático evaporativo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, p. 142-146, 2002.

TURCO, S.H.N. ; BAÊTA, F.C.; COSTA, P.M.A.; CECON, P.R. Modificações das condições ambientais de verão, em maternidade de suínos. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 3, n. 11, p. 1-12, 1994.

VAQUEIRO, E.G. **Projeto e Construção de Alojamento Para Animais**. 7. Ed. Lisboa, Portugal; Litexa, 1981. 237 p.

VAREJÃO-SILVA, M.A. **Meteorologia e Climatologia**. Gráfica Editora Stilo. INMET. Brasília, DF, 2000, 532p.

VIEIRA, L.G.; FURTADO, D.A.; NOTARO, I.A.; NASCIMENTO, J.W.B. Produção de frangos de corte em alta densidade no Estado do Maranhão. . In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz de Iguaçu, **Anais...** Foz de Iguaçu: SBEA, 2001. CD-Rom.

VILLARES, J.B. A eficiência dos ruminantes para utilizar alimentos nos trópicos. In; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL NOS TRÓPICOS: PEQUENOS E GRANDE RUMINANTES, 1986, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, p. 33 – 45, 1986.

WIERSMA, F.; STOTT. G. H. Evaporative cooling. In: HÉLLICKSON, M. A. WALKER, J. N. (Ed.) **Ventilation of Agricultural Structures**, 2. Ed. St. Joseph. Michigam: ASAE, 1983. 370p, p. 103-18.

WHITAKER, J.H. **Agricultural Building and Structure**. 2. Ed. Heston, Virginia: Heston Publishing Company, 1979, 289 p.

ZANOLLA, N.; TINÔCO, I.F.F.; BAÊTA, F.C.; CECON, P.R. Conforto térmico e desempenho de frangos de corte criados em alta densidade e sob diferentes sistemas de ventilação. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 7, n. 1. p. 23-34, 1999.

ZANOLLA, N.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F.C.; CECON, P.R. MORAES, R.R.P. Sistemas de ventilação em túnel e lateral na criação de frangos de corte em alta densidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n.3, p.361-366, 1999.

ANEXOS

QUADRO 1. Resumo da tipologia dos sistemas de acondicionamento térmico ambiental.

SISTE- MAS	COMPRI- MENTO	LARGU- RA	DENSIDADE- DE ALOJA- MENTO	TOTAL DE AVES	DIST. DOS GALPÕES	MURETA	PÉ DIREITO	BEIRAL	VENTILA DORES	NEBULI- ZADORES
	(m)	(m)	(m ²)	-	(m)	(m)	(m)	(m)	(n ⁰)	(n ⁰)
TASV	72,0	11,0	10,0	23.760	60	0,30	3,0	1,8	-	-
TBSV	60,0	8,0	10,0	14.400	40	0,40	3,0	2,2	-	-
TACV	72,0	11,0	10,0	23.760	70	0,30	3,0	1,8	4	-
TBCV	75,0	9,0	10,0	20.250	12	0,30	2,3	0,5	3	-
TAVN	105,0	11,0	12,0	41.580	60	0,22	3,2	1,2	18	66
TBVN	105,0	11,0	13,0	45.045	50	0,20	3,2	1,2	18	66
TAVA	50,0	9,0	10,0	13.500	45	0,20	3,0	1,8	2	-

QUADOR 2. Valores médios da temperatura máxima (T_{\max}) e temperatura mínima (T_{\min}), em $^{\circ}\text{C}$, interna dos aviários, para cada sistema de acondicionamento ambiental.

DIAS	TASV		TBSV		TACV		TBCV		TAVN		TBVN		TAVA	
	T_{\max}	T_{\min}												
1	33	23	30	21	33	22	33	22	30	25	33	23	33	22
	32	23	31	21	33	24	33	23	33	24	33	23	33	24
	32	24	32	22	33	22	31	22	33	23	31	22	33	22
2	31	22	32	22	33	22	33	22	31	24	33	22	33	22
	31	22	30	22	33	21	33	23	32	23	33	22	33	21
	33	24	33	22	29	22	34	22	32	23	31	22	29	22
3	31	21	31	22	33	22	34	22	31	24	32	22	33	22
	32	21	28	22	33	21	33	22	32	23	29	23	33	21
	31	23	33	22	32	22	33	22	32	23	30	23	32	22
4	31	21	31	23	27	20	33	22	30	25	33	23	27	20
	31	21	30	22	29	20	34	23	32	23	29	22	29	20
	34	21	33	23	31	20	33	22	29	22	31	23	31	20
5	33	22	29	22	29	20	34	22	30	23	30	22	29	20
	33	21	30	23	32	21	33	22	33	23	32	22	32	21
	31	23	32	22	34	23	33	21	30	23	31	23	34	23
6	29	22	31	22	29	21	32	22	30	25	30	21	29	21
	29	22	30	22	32	22	32	23	33	23	30	23	32	22
	32	24	32	22	33	23	33	21	32	23	30	23	33	23
7	32	22	32	23	29	21	31	22	30	23	31	22	29	21
	32	22	32	22	28	22	31	21	33	23	28	23	28	22
	33	24	30	22	33	21	31	22	32	22	30	23	33	21
8	30	22	32	23	26	21	32	22	31	24	31	21	26	21
	31	22	32	21	32	23	32	22	31	24	27	23	32	23
	33	23	31	22	33	21	31	22	30	23	30	22	33	21
9	32	21	32	23	26	21	34	22	32	25	31	23	26	21
	32	21	31	21	32	23	34	22	30	23	28	22	32	23
	32	22	32	23	33	21	31	21	32	23	30	23	33	21
10	30	21	32	23	30	21	32	22	30	25	31	22	30	21
	30	21	30	22	33	23	32	22	31	24	30	22	33	23
	32	22	31	23	32	22	34	22	31	24	30	22	32	22

QUADRO 3. Valores médios da temperatura máxima (T_{\max}) e temperatura mínima (T_{\min}), em $^{\circ}\text{C}$, externa aos aviários, para cada sistema de condicionamento ambiental.

Dias	TASV		TBSV		TACV		TBCV		TAVN		TBVN		TAVA	
	T_{\max}	T_{\min}												
1	34	22	32	21	35	24	35	23	30	25	35	23	35	24
	34	22	34	20	36	21	35	23	33	24	37	21	35	21
	34	22	33	23	33	22	33	21	34	23	33	21	33	22
2	32	22	33	21	35	24	33	22	31	24	34	23	35	24
	32	22	31	21	36	21	33	22	30	23	37	21	36	21
	34	22	33	22	30	22	33	22	34	23	33	21	30	22
3	32	21	32	20	35	20	35	22	34	24	35	22	35	20
	33	21	31	21	36	21	35	22	33	23	31	21	36	21
	33	22	33	22	33	22	35	23	32	23	32	22	33	22
4	32	21	34	21	28	21	35	22	31	24	31	22	28	21
	32	21	32	22	34	20	35	22	30	22	31	21	34	20
	33	22	34	22	36	23	33	22	33	23.5	33	20	35	23
5	33	21	33	21	31	23	35	22	30	24	32	22	31	23
	33	21	32	22	37	20	35	22	34	23	31	20	36	20
	34	23	34	22	35	23	33	21	30	23	34	21	35	23
6	30	22	34	21	33	21	33	23	30	25	31	21	33	21
	31	21	32	22	34	22	33	23	34	23	29	20	34	22
	34	22	35	21	35	23	32	25	32	23	32	22	35	23
7	32	21	34	22	33	19	33	22	30	24	35	22	33	19
	32	21	35	20	29	29	33	22	34	24	28	20	29	29
	35	21	32	22	33	21	31	21	33	23	33	22	33	21
8	32	21	32	22	27	21	33	22	32	23	31	23	26	21
	33	21	34	21	34	22	33	22	32	23	27	21	34	22
	34	23	34	21	34	21	30	23	30	23	32	22	33	21
9	33	21	35	23	29	21	33	22	32	24	32	24	29	21
	33	21	34	20	34	22	33	22	33	24	29	21	34	22
	33	22	35	21	33	20	33	22	33	23	33	21	33	20
10	32	21	34	21	30	20	34	22	29	25	31	21	30	20
	33	21	31	21	34	21	34	22	30	23	31	21	34	21
	33	21	34	22	33	22	34	22	33	23	34	22	33	22

QUADRO 4. Valores diários e médios para cada horário de observação da temperatura ambiente (TA), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR) do sistema com telha de amianto sem ventilação artificial (TASV)

HORÁRIO	TA (°C)			UR (%)			ITGU			CTR (W m ⁻²)		
	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3
8.00	28.00	26.00	28.00	66.48	71.61	60.55	78.82	78.57	77.28	491.27	504.62	478.32
	26.00	25.00	29.00	65.19	71.04	61.26	75.02	75.18	79.68	468.27	477.27	502.26
	26.00	24.00	24.00	71.61	77.40	77.40	76.57	74.33	74.33	481.78	469.53	469.53
	26.00	24.00	27.00	92.47	84.64	65.85	78.09	75.85	76.42	479.07	479.75	472.25
	26.00	26.00	28.00	71.61	71.61	66.48	76.57	76.57	78.82	478.47	478.47	490.96
	25.00	24.00	29.00	77.86	84.64	61.26	75.71	75.85	78.68	481.32	492.34	488.94
	25.00	25.00	28.00	77.86	77.86	60.55	74.71	74.71	77.28	460.29	460.29	478.76
	24.00	24.00	29.00	77.40	84.64	67.08	73.33	73.85	80.22	453.97	453.97	497.91
	25.00	25.00	28.00	71.04	77.86	72.66	74.18	75.71	79.35	462.18	477.27	495.92
	26.00	26.00	28.00	65.19	78.29	66.48	76.02	77.09	79.82	479.66	479.66	505.61
10.00	29.00	30.00	31.00	61.26	56.43	57.17	80.68	80.54	80.95	516.28	507.74	499.20
	30.00	30.00	32.00	51.15	51.15	52.77	78.97	78.97	82.81	491.08	491.08	517.31
	29.00	29.00	29.00	55.66	55.66	55.66	79.12	79.12	79.12	498.49	498.49	498.49
	27.00	27.00	28.00	65.85	65.85	66.48	70.42	77.42	78.82	384.40	489.64	495.92
	28.00	28.00	30.00	66.48	66.48	61.93	78.82	77.82	81.08	495.00	480.18	507.74
	28.00	28.00	31.00	66.48	66.48	57.17	78.82	78.82	81.95	492.43	492.43	511.64
	26.00	27.00	31.00	71.61	72.15	57.17	77.57	77.96	81.95	495.79	487.74	513.23
	27.00	28.00	32.00	65.85	66.48	57.88	77.42	78.82	83.36	494.59	500.87	526.61
	29.00	30.00	30.00	55.66	51.15	61.93	80.12	79.97	81.08	511.14	504.31	504.31
	30.00	30.00	28.00	51.15	51.15	66.48	79.97	79.97	79.82	508.66	508.66	511.26
12.00	33.00	33.00	32.00	48.70	48.70	57.88	84.67	83.67	83.36	537.39	523.90	517.31
	31.00	31.00	33.00	46.99	46.99	48.70	79.81	79.81	83.67	499.20	499.20	527.33
	31.00	31.00	31.00	46.99	46.99	46.99	80.81	79.81	78.81	511.36	497.78	484.26
	29.00	30.00	30.00	55.66	56.43	61.93	79.12	79.54	80.08	500.11	492.18	492.18
	29.00	30.00	31.00	67.08	61.93	57.17	81.22	80.08	80.95	517.66	493.26	499.66
	28.00	29.00	32.00	60.55	61.26	52.77	78.28	79.68	82.81	491.86	498.20	517.60
	30.00	31.00	32.00	61.93	57.17	57.88	81.08	80.95	83.36	507.74	499.20	520.74
	30.00	30.00	33.00	56.43	56.43	48.70	81.54	81.54	83.67	519.72	519.72	525.31
	30.00	31.00	32.00	56.43	51.98	57.88	80.54	81.39	83.36	508.66	515.13	521.66
	30.00	31.00	32.00	56.43	51.98	47.87	80.54	81.39	82.24	508.66	515.13	521.66
14.00	32.00	32.00	31.00	47.87	47.87	51.98	82.24	82.24	80.39	519.76	519.76	498.71
	31.00	31.00	33.00	42.19	46.99	48.70	80.20	80.81	82.67	511.64	511.64	510.92
	30.00	30.00	30.00	51.15	51.15	51.15	78.97	78.97	78.97	494.91	494.91	494.91
	29.00	29.00	33.00	55.66	55.66	48.70	80.12	79.12	81.67	516.98	501.80	497.13
	32.00	32.00	31.00	52.77	52.77	57.17	81.81	81.81	80.95	507.78	507.78	501.31
	27.00	28.00	31.00	72.15	66.48	51.98	77.96	77.82	81.39	486.15	478.90	511.64
	29.00	31.00	33.00	61.26	57.17	53.53	80.68	80.95	83.23	509.27	496.87	509.86
	27.00	29.00	33.00	65.85	61.26	48.70	78.42	79.68	82.67	498.83	498.20	510.63
	30.00	32.00	33.00	51.15	47.87	48.70	79.97	81.24	82.67	504.89	504.24	510.77
	30.00	32.00	32.00	51.15	43.15	47.87	79.97	81.65	82.24	507.74	520.74	520.74
16.00	30.00	31.00	30.00	51.15	51.98	56.43	78.97	79.39	80.54	493.70	484.26	509.54
	28.00	29.00	29.00	49.36	50.27	55.66	77.11	77.54	80.12	492.43	485.17	512.43
	27.00	28.00	28.00	65.85	66.48	66.48	76.42	76.82	76.82	472.68	465.42	465.42
	28.00	28.00	27.00	60.55	60.55	72.15	78.28	77.28	76.96	494.76	480.06	473.84
	27.00	27.00	29.00	72.15	72.15	61.26	76.96	75.96	76.68	474.43	459.27	456.42
	28.00	28.00	31.00	66.48	66.48	51.98	77.82	77.82	81.39	478.76	478.76	511.36
	27.00	29.00	31.00	65.85	61.26	57.17	76.42	76.68	81.95	471.63	459.22	509.54
	27.00	27.00	31.00	65.85	65.85	57.17	76.42	76.42	83.95	473.96	473.96	544.41
	29.00	30.00	28.00	55.66	56.43	66.48	78.12	79.54	77.82	487.36	493.70	481.08
	29.00	30.00	30.00	50.27	51.15	46.07	78.54	77.97	78.37	502.26	477.92	493.26

QUADRO 5. Valores diários e médios para cada horário de observação da temperatura ambiente (TA), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR) do sistema com telha de barro sem ventilação artificial (TBSV).

HORÁRIO	TA (°C)			UR (%)			ITGU			CTR (W m ⁻²)			
	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	
8.00	27.00	24.00	27.00	59.80	77.40	65.85	74.87	75.33	77.42	459.27	483.42	487.74	
	27.00	24.00	28.00	59.80	84.64	72.66	74.87	74.85	78.35	459.27	471.18	480.64	
	25.00	25.00	28.00	64.49	77.86	60.55	72.62	75.71	77.28	447.14	472.92	478.47	
	26.00	25.00	28.00	65.19	77.86	66.48	75.02	75.71	79.82	468.27	477.27	511.26	
	26.00	25.00	29.00	65.19	77.86	61.26	75.02	75.71	78.68	467.32	475.37	485.97	
	26.00	25.00	28.00	65.19	77.86	66.48	75.02	75.71	77.82	466.39	473.50	478.76	
	26.00	24.00	29.00	65.19	84.64	67.08	76.02	75.85	80.22	479.94	481.04	498.77	
	27.00	26.00	28.00	65.85	65.19	72.66	77.42	76.02	79.35	493.69	487.47	499.97	
	26.00	25.00	26.00	59.02	77.86	71.61	74.45	75.71	77.57	464.20	469.13	486.43	
	24.00	26.00	27.00	84.64	71.61	72.15	73.85	76.57	77.96	453.51	478.15	484.37	
	10.00	27.00	26.00	30.00	59.80	71.61	61.93	76.37	77.57	82.08	482.03	498.64	524.13
		29.00	28.00	31.00	50.27	66.48	57.17	78.54	77.82	80.95	497.91	478.47	497.49
27.00		28.00	29.00	59.80	66.48	61.26	75.87	78.82	80.68	471.95	490.96	510.23	
28.00		29.00	31.00	54.84	61.26	51.98	76.70	79.68	81.39	482.48	505.94	518.81	
28.00		29.00	31.00	54.84	61.26	57.17	76.70	79.68	81.95	478.16	497.30	510.17	
29.00		23.00	30.00	50.27	92.00	61.93	78.54	78.99	82.08	498.49	527.73	518.48	
29.00		28.00	30.00	55.66	66.48	67.66	78.12	78.82	83.61	486.46	495.00	537.82	
29.00		29.00	30.00	50.27	55.66	61.93	78.54	79.12	81.08	498.20	498.20	504.61	
28.00		29.00	30.00	54.84	61.26	61.93	77.70	79.68	82.08	495.92	502.26	524.13	
24.00		29.00	31.00	84.64	55.66	57.17	74.85	79.12	80.95	471.18	502.26	499.66	
12.00		27.00	28.00	32.00	59.80	60.55	57.88	78.87	79.28	85.36	520.26	511.26	552.92
		31.00	29.00	31.00	42.19	67.08	57.17	79.20	80.22	82.95	497.49	497.91	524.13
	28.00	29.00	31.00	60.55	61.26	57.17	78.28	79.68	82.95	495.92	502.26	530.66	
	30.00	29.00	33.00	51.15	61.26	48.70	78.97	79.68	83.67	492.43	500.61	526.60	
	31.00	31.00	32.00	46.99	51.98	52.77	79.81	81.39	82.81	497.78	511.36	517.89	
	31.00	30.00	32.00	42.19	56.43	57.88	79.20	80.54	83.36	497.63	504.61	517.60	
	31.00	31.00	32.00	42.19	46.99	52.77	80.20	80.81	82.81	510.17	510.17	516.70	
	31.00	31.00	32.00	42.19	51.98	57.88	80.20	81.39	83.36	517.65	517.65	524.18	
	30.00	32.00	31.00	46.07	47.87	62.58	79.37	82.24	85.48	509.54	522.54	564.11	
	24.00	31.00	31.00	84.64	51.98	57.17	73.85	80.39	82.95	456.15	499.66	530.66	
	14.00	30.00	28.00	31.00	51.15	66.48	57.17	79.97	78.82	81.95	508.66	495.92	515.13
		31.00	30.00	32.00	42.19	61.93	47.87	79.20	81.08	82.24	497.78	504.89	517.89
29.00		31.00	31.00	55.66	51.98	51.98	79.12	81.39	80.39	500.61	513.48	498.84	
32.00		31.00	32.00	43.15	51.98	52.77	80.65	80.39	82.81	503.65	497.18	516.70	
31.00		31.00	31.00	42.19	46.99	51.98	79.20	79.81	81.39	496.35	496.35	508.51	
31.00		29.00	32.00	42.19	67.08	52.77	79.20	80.22	82.81	499.08	501.10	520.50	
32.00		32.00	33.00	43.15	47.87	48.70	80.65	82.24	83.67	506.13	521.66	528.26	
32.00		32.00	32.00	43.15	52.77	52.77	81.65	82.81	82.81	521.88	521.88	521.88	
29.00		32.00	30.00	55.66	43.15	61.93	80.12	81.65	82.08	517.66	521.66	524.13	
23.00		30.00	30.00	84.31	46.07	56.43	71.48	79.37	82.54	435.26	508.66	539.66	
16.00		30.00	28.00	30.00	51.15	60.55	56.43	78.97	78.28	81.54	491.92	493.25	520.12
		29.00	28.00	30.00	50.27	60.55	56.43	77.54	78.28	80.54	484.12	490.33	503.07
	29.00	29.00	30.00	50.27	55.66	56.43	77.54	78.12	80.54	485.97	485.97	506.76	
	30.00	29.00	29.00	51.15	61.26	55.66	78.97	78.68	80.12	490.78	484.44	510.23	
	29.00	29.00	31.00	50.27	55.66	51.98	78.54	79.12	84.39	503.35	503.35	564.65	
	29.00	29.00	30.00	50.27	61.26	56.43	78.54	79.68	79.54	506.67	506.67	495.46	
	30.00	29.00	31.00	51.15	55.66	62.58	78.97	79.12	84.48	492.68	501.10	543.93	
	30.00	30.00	28.00	46.07	51.15	66.48	79.37	79.97	77.82	504.01	504.01	478.32	
	30.00	30.00	30.00	46.07	56.43	56.43	78.37	80.54	81.54	492.56	507.26	522.02	
	24.00	28.00	28.00	84.64	54.84	66.48	73.85	77.70	80.82	456.15	495.92	526.67	

QUADRO 6. Valores diários e médios para cada horário de observação da temperatura ambiente (TA), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR) do sistema com telha de amianto com ventilação artificial (TACV).

HORÁRIO	TA ($^{\circ}$ C)			UR (%)			ITGU			CTR ($W m^{-2}$)			
	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	
8.00	27.00	26.00	27.00	65.85	71.61	72.15	80.42	74.57	78.96	535.67	453.18	523.30	
	27.00	25.00	27.00	65.85	77.86	72.15	80.42	74.71	76.96	513.16	471.18	480.21	
	27.00	27.00	29.00	65.85	65.85	73.15	77.42	77.42	78.73	497.10	507.64	471.64	
	26.00	25.00	25.00	71.61	71.04	71.04	83.64	75.18	82.64	605.22	492.95	587.44	
	25.00	24.00	30.00	84.95	92.17	79.82	76.22	74.85	82.61	481.32	471.50	525.87	
	25.00	26.00	30.00	77.86	71.61	73.62	77.71	77.57	82.12	515.74	509.83	523.12	
	28.00	24.00	29.00	66.48	84.64	73.15	82.82	76.85	80.73	557.66	516.34	519.81	
	28.00	23.00	30.00	66.48	92.00	67.66	77.82	74.99	82.61	476.14	495.87	555.67	
	24.00	22.00	29.00	84.64	91.83	79.46	74.85	75.62	76.23	491.36	530.43	405.63	
	26.00	22.00	28.00	78.29	91.83	85.78	76.09	73.62	80.34	470.29	489.84	506.24	
	10.00	30.00	27.00	32.00	51.15	65.85	47.87	79.97	76.42	83.24	516.12	483.43	563.92
		31.00	30.00	28.00	46.99	51.15	72.66	80.81	80.97	79.35	512.72	551.13	513.47
		32.00	30.00	29.00	52.77	51.15	73.15	82.81	79.97	80.73	529.12	526.67	515.95
		32.00	28.00	29.00	52.77	54.84	73.15	82.81	77.70	80.73	534.84	511.60	519.12
30.00		27.00	33.00	61.93	72.15	69.22	81.08	77.96	83.78	524.34	500.10	497.13	
30.00		29.00	33.00	61.93	55.66	58.55	81.08	80.12	82.76	512.71	528.85	497.13	
27.00		27.00	32.00	72.15	72.15	63.19	78.96	77.96	83.88	516.11	497.10	535.23	
30.00		30.00	28.00	67.66	61.93	79.09	75.61	80.08	79.85	422.00	498.49	513.01	
30.00		27.00	30.00	61.93	72.15	73.62	80.08	75.96	79.12	496.99	459.27	457.27	
29.00		30.00	30.00	67.08	61.93	67.66	79.22	80.08	79.61	493.51	498.49	477.92	
12.00		34.00	30.00	33.00	36.35	51.15	44.07	82.31	80.97	83.09	523.37	551.13	548.65
		33.00	30.00	25.00	39.61	51.15	92.32	84.48	80.97	75.72	554.82	551.13	469.09
		34.00	32.00	31.00	44.94	43.15	62.58	84.53	82.65	85.48	541.56	564.26	598.98
		27.00	33.00	28.00	65.85	39.61	79.09	77.42	84.48	81.85	504.09	590.99	554.31
	31.00	30.00	34.00	51.98	59.16	64.34	81.39	81.81	86.67	522.59	539.82	550.59	
	30.00	29.00	33.00	61.93	55.66	53.53	80.08	82.12	84.23	495.28	567.31	539.00	
	30.00	29.00	33.00	61.93	50.27	53.53	81.08	80.54	85.23	516.90	548.05	564.26	
	25.00	30.00	33.00	84.95	51.15	53.53	80.22	81.97	85.23	531.03	560.59	564.65	
	27.00	32.00	31.00	72.15	47.87	68.20	77.96	82.24	85.00	496.29	532.12	581.81	
	32.00	28.00	31.00	52.77	66.48	62.58	82.81	78.82	84.48	519.25	506.38	573.13	
	14.00	35.00	33.00	33.00	29.50	39.61	39.61	83.45	81.98	82.48	554.82	533.95	541.43
		34.00	33.00	29.00	40.56	44.07	55.66	82.93	83.09	78.12	528.26	546.26	494.14
		33.00	34.00	32.00	39.61	32.30	52.77	82.48	83.64	81.81	537.26	577.64	513.04
		24.00	34.00	33.00	84.64	40.56	58.55	73.85	82.93	84.76	462.73	527.09	546.03
23.00		33.00	33.00	92.00	39.61	53.53	81.99	81.48	84.23	607.37	517.89	543.08	
28.00		29.00	32.00	66.48	67.08	52.77	77.82	76.22	83.81	482.66	433.81	552.95	
23.00		29.00	29.00	92.00	67.08	67.08	73.99	82.22	79.22	478.32	548.05	491.86	
29.00		31.00	29.00	61.26	51.98	67.08	74.68	83.39	79.22	412.67	567.18	493.70	
29.00		29.00	31.00	67.08	55.66	62.58	85.22	82.12	81.48	626.04	574.82	508.38	
30.00		31.00	30.00	56.43	51.98	67.66	81.54	82.39	79.61	530.20	546.35	477.92	
16.00		33.00	33.00	32.00	39.61	39.61	52.77	82.48	82.48	81.81	541.43	546.26	513.48
		31.00	32.00	29.00	42.19	43.15	61.26	79.20	82.65	78.68	503.39	564.26	492.78
		30.00	33.00	30.00	61.93	39.61	61.93	80.08	82.48	80.08	498.49	546.26	502.81
		24.00	31.00	30.00	84.64	42.19	61.93	73.85	79.20	81.08	457.21	507.50	523.49
	32.00	29.00	30.00	47.87	55.66	67.66	83.24	81.12	82.61	533.64	554.06	544.86	
	28.00	28.00	30.00	66.48	60.55	67.66	77.82	78.28	82.61	482.66	503.38	546.92	
	23.00	29.00	30.00	92.00	61.26	61.93	73.99	79.68	79.08	478.32	509.72	477.92	
	25.00	26.00	30.00	84.95	71.61	61.93	75.22	78.57	79.08	465.91	534.85	477.92	
	27.00	23.00	30.00	72.15	76.92	67.66	76.96	75.94	80.61	479.66	536.58	503.09	
	29.00	29.00	30.00	55.66	55.66	61.93	79.12	78.12	79.08	504.39	492.15	477.92	

QUADRO 7. Valores diários e médios para cada horário de observação da temperatura ambiente (TA), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR) do sistema com telha de barro com ventilação artificial (TBCV).

HORÁRIO	TA (°C)			UR (%)			ITGU			CTR (W m ⁻²)		
	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3
8.00	26.00	27.00	30.00	78.29	78.29	67.66	77.09	77.42	80.61	495.68	502.82	497.61
	30.00	30.00	28.00	61.93	61.93	85.78	81.08	80.54	80.34	520.24	520.38	507.50
	31.00	31.00	28.00	57.17	52.77	79.09	81.95	81.95	74.85	528.95	530.20	399.41
	33.00	31.00	28.00	48.70	48.70	72.66	81.67	81.95	80.35	497.13	528.31	534.05
	30.00	29.00	29.00	67.66	62.58	73.15	80.61	79.68	80.73	501.86	515.44	519.47
	28.00	28.00	30.00	85.78	85.78	67.66	80.34	80.34	81.61	510.37	511.11	522.23
	28.00	25.00	29.00	79.09	85.24	73.15	74.85	74.72	80.73	393.82	447.14	519.70
	29.00	28.00	30.00	67.08	73.15	67.66	81.22	80.35	81.61	542.95	541.54	529.69
	28.00	28.00	29.00	66.48	61.93	73.15	79.82	78.82	80.73	531.80	510.99	515.95
	30.00	28.00	30.00	79.82	73.15	61.93	82.61	80.85	81.08	518.98	526.74	518.98
10.00	27.00	26.00	32.00	72.15	72.15	57.88	77.96	79.09	82.36	507.42	541.82	515.02
	33.00	33.00	30.00	53.53	45.77	67.66	84.23	79.23	79.61	545.80	428.68	477.92
	31.00	31.00	29.00	57.17	47.87	73.15	82.95	82.95	80.73	551.20	552.90	512.58
	31.00	30.00	31.00	57.17	48.70	62.58	82.95	81.08	83.48	555.95	523.49	550.62
	32.00	31.00	31.00	57.88	48.70	62.58	82.36	81.95	84.48	513.54	532.45	567.18
	30.00	31.00	32.00	67.66	57.88	63.19	79.61	81.48	84.88	477.92	506.38	552.73
	29.00	29.00	32.00	73.15	67.66	63.19	80.73	80.73	84.88	515.83	515.83	557.60
	32.00	30.00	28.00	52.77	62.58	79.09	87.81	83.61	79.85	660.10	569.31	507.91
	30.00	30.00	31.00	56.43	47.87	68.20	82.54	80.97	84.00	561.15	545.81	546.78
	33.00	31.00	30.00	69.22	50.26	67.66	83.78	84.48	82.61	497.13	563.96	543.90
12.00	26.00	28.00	30.00	85.24	72.66	67.66	76.60	73.82	80.61	478.47	389.23	500.17
	33.00	33.00	30.00	48.70	53.53	67.66	83.67	84.23	79.61	542.08	542.96	477.92
	33.00	32.00	31.00	53.53	45.77	68.20	84.23	84.36	85.00	543.08	557.41	575.90
	33.00	33.00	33.00	53.53	44.94	53.53	84.23	83.23	84.23	542.08	519.57	541.43
	30.00	30.00	35.00	67.66	62.58	45.77	80.61	80.61	83.96	501.10	498.63	510.25
	30.00	31.00	32.00	67.66	62.58	57.88	79.61	82.00	84.36	477.92	505.66	549.62
	31.00	32.00	32.00	68.20	57.88	63.19	85.00	84.36	85.88	573.39	555.64	573.55
	35.00	33.00	31.00	45.77	53.53	62.58	87.96	84.23	83.48	600.93	541.43	551.39
	34.00	32.00	32.00	40.56	47.87	63.19	81.93	81.02	84.88	503.66	531.69	557.60
	34.00	34.00	32.00	64.34	45.77	47.87	86.67	84.64	84.24	548.35	524.84	579.79
14.00	29.00	27.00	27.00	61.26	46.07	78.70	78.68	78.42	79.47	493.51	526.60	524.69
	32.00	31.00	30.00	57.88	48.70	67.66	82.36	80.95	79.61	513.36	505.25	477.92
	31.00	31.00	31.00	57.17	47.87	62.58	80.95	80.95	81.48	506.57	506.57	504.82
	30.00	31.00	34.00	61.93	52.77	44.94	81.08	81.95	82.53	526.44	527.52	503.66
	27.00	29.00	33.00	78.70	61.93	48.70	79.47	79.22	82.67	527.16	492.08	520.07
	30.00	30.00	32.00	67.66	62.58	57.88	79.61	79.61	83.36	477.92	477.92	532.12
	31.00	31.00	30.00	62.58	57.88	67.66	81.48	81.48	79.61	504.61	504.61	477.92
	34.00	33.00	30.00	44.94	44.07	67.66	82.53	82.09	79.61	503.66	519.44	477.92
	32.00	32.00	30.00	43.15	44.07	67.66	81.65	82.24	79.61	539.10	539.10	477.92
	33.00	33.00	33.00	53.53	49.50	44.07	84.23	82.67	82.09	542.96	519.38	518.65
16.00	29.00	28.00	27.00	55.66	60.55	78.70	78.12	78.82	79.47	494.27	509.36	526.97
	30.00	30.00	29.00	61.93	57.17	67.08	80.08	80.08	79.22	499.12	499.25	491.27
	29.00	30.00	30.00	61.26	51.98	67.66	78.68	78.54	80.61	496.47	477.92	499.85
	29.00	30.00	30.00	61.26	51.98	61.93	78.68	78.54	80.08	494.33	477.92	498.06
	27.00	28.00	31.00	78.70	61.93	57.17	79.47	79.35	81.95	525.65	509.74	528.95
	29.00	29.00	30.00	67.08	61.93	61.93	79.22	79.22	82.08	494.52	492.50	540.46
	30.00	29.00	30.00	67.66	67.66	67.66	80.61	80.22	81.61	501.98	511.56	519.83
	30.00	29.00	31.00	56.43	67.66	62.58	80.54	80.22	81.48	523.73	517.33	506.38
	32.00	30.00	29.00	43.15	38.62	67.08	81.65	80.37	81.22	541.31	537.41	533.99
	31.00	32.00	30.00	62.58	52.77	56.43	82.48	81.81	79.54	526.57	511.85	498.98

QUADRO 8. Valores diários e médios para cada horário de observação da temperatura ambiente (TA), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR) do sistema com telha de amianto com ventilação artificial e nebulização (TAVN).

HORÁRIO	TA (°C)			UR (%)			ITGU			CTR (W m ⁻²)			
	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	
8.00	28.00	31.00	26.90	72.66	59.85	67.03	78.35	81.72	77.19	484.37	512.13	485.97	
	29.50	27.00	25.30	70.35	82.07	75.93	80.67	77.72	75.17	493.81	480.82	473.29	
	29.00	32.00	25.80	67.08	71.57	72.82	81.22	85.64	76.60	527.14	555.03	489.68	
	29.00	30.50	28.00	73.15	65.07	60.55	79.73	81.55	78.58	493.31	512.43	509.09	
	28.00	31.00	28.00	79.09	68.20	66.48	79.85	83.00	78.22	507.77	529.46	483.05	
	25.00	31.00	24.00	92.32	65.36	80.98	77.72	81.74	76.59	508.96	502.74	516.34	
	29.00	30.00	26.80	73.15	73.62	66.97	79.73	80.12	77.05	494.08	477.92	485.35	
	28.00	32.00	27.00	79.09	68.72	68.97	78.85	82.39	77.99	483.72	490.66	498.87	
	27.00	30.00	27.00	78.70	73.62	65.85	77.47	81.12	76.82	480.49	498.20	480.50	
	29.00	29.00	27.50	67.08	73.15	63.15	79.22	81.73	77.15	492.98	532.06	486.94	
	10.00	29.00	32.00	29.50	61.26	57.36	58.80	79.68	82.30	80.11	494.52	509.29	512.91
		29.50	32.50	28.60	64.46	63.49	57.57	79.15	85.08	79.18	483.96	548.74	502.97
32.00		32.50	27.00	52.77	60.83	65.85	82.81	84.82	78.92	528.31	547.57	537.87	
30.00		31.00	27.00	61.93	62.58	72.15	82.08	82.48	77.86	533.61	526.16	503.01	
31.00		32.00	28.00	57.17	57.88	60.55	82.95	84.36	79.58	549.84	558.75	528.18	
29.00		33.00	29.70	73.15	58.55	57.84	80.73	82.76	79.98	514.11	497.13	508.45	
30.00		32.00	29.00	67.66	63.19	61.26	81.61	84.88	79.68	519.69	555.44	499.85	
32.00		31.00	30.00	57.88	68.20	56.43	82.36	83.00	80.04	513.29	527.65	500.95	
28.00		31.00	28.00	72.66	68.20	60.55	78.35	81.00	77.58	483.72	484.26	487.85	
29.00		31.00	28.00	73.15	68.20	60.55	81.73	81.00	78.08	535.85	484.26	492.86	
12.00		30.00	33.50	30.00	61.93	51.48	56.43	81.08	82.16	80.04	520.10	489.67	500.08
		30.00	31.00	27.50	61.93	68.20	66.17	82.08	83.00	77.12	546.92	525.59	476.32
	32.00	29.00	29.50	57.88	76.27	56.05	83.36	79.98	79.33	520.01	494.08	503.35	
	31.00	32.00	28.00	62.58	63.19	60.55	82.48	83.38	78.28	527.92	518.50	499.97	
	31.00	33.00	29.00	62.58	58.55	55.66	81.48	83.76	80.12	505.59	518.72	564.61	
	29.00	33.50	30.00	67.08	56.36	56.43	79.22	83.70	78.54	492.43	511.29	477.92	
	30.00	30.50	30.50	67.66	65.07	54.16	81.61	80.55	80.47	522.99	491.23	502.35	
	32.00	31.00	30.00	52.77	65.36	51.15	82.81	80.74	78.47	527.81	484.26	486.59	
	30.00	29.00	29.00	61.93	76.27	55.66	78.08	79.98	78.12	456.58	491.72	486.92	
	29.00	28.00	28.00	67.08	79.09	60.55	79.22	78.85	77.58	493.18	485.80	487.24	
	14.00	31.00	30.50	30.60	57.17	62.26	53.72	81.95	79.78	80.95	524.13	481.08	523.51
		30.00	30.00	29.00	67.66	70.61	57.31	81.61	80.86	80.09	506.25	496.83	539.78
32.00		27.00	29.50	57.88	85.52	53.36	84.36	80.97	81.05	555.44	537.66	519.40	
30.00		27.00	27.53	61.93	85.52	66.01	82.08	79.97	76.42	543.31	524.69	466.62	
30.00		31.00	31.00	61.93	68.20	54.55	81.08	80.00	81.67	520.51	462.20	522.59	
29.00		31.00	29.00	61.26	68.20	55.66	78.68	81.00	77.52	492.43	484.26	480.38	
29.00		30.30	29.00	61.26	68.99	55.66	79.68	80.83	76.92	516.59	493.44	466.79	
28.00		29.00	29.00	66.48	73.15	61.26	76.82	79.73	79.18	465.42	493.70	492.77	
28.00		30.00	30.30	79.09	67.66	49.86	78.85	79.61	80.22	486.70	477.92	508.19	
27.00		29.00	28.50	72.15	73.15	58.05	78.96	78.73	78.60	523.70	471.64	501.39	
16.00		29.00	30.00	28.50	67.08	61.93	58.05	79.22	79.58	76.70	485.71	488.51	468.52
		28.00	27.00	27.00	66.48	82.07	53.98	78.82	76.72	73.28	505.22	459.27	440.45
	27.00	29.00	28.00	78.70	73.15	60.55	79.47	80.73	76.78	524.30	508.41	472.42	
	27.50	27.00	27.80	78.90	78.70	61.57	79.66	82.47	76.61	516.40	587.50	472.31	
	30.00	30.00	29.00	61.93	79.82	61.26	81.08	83.61	79.68	520.51	543.11	511.26	
	28.00	30.00	26.00	66.48	79.82	67.09	79.82	84.61	74.59	527.80	559.44	461.84	
	26.00	28.00	28.00	78.29	79.09	54.84	72.09	77.85	77.20	386.77	465.42	493.87	
	28.00	28.00	27.00	66.48	79.09	65.85	77.82	80.85	76.72	483.72	526.74	480.36	
	27.00	28.00	28.00	78.70	72.66	60.55	77.47	78.35	78.28	480.49	487.03	506.38	
	26.00	26.00	26.00	78.29	92.47	65.19	77.09	77.09	76.02	495.95	473.07	478.15	

QUADRO 9. Valores diários e médios para cada horário de observação da temperatura ambiente (TA), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR) do sistema com telha barro com ventilação artificial e nebulização (TBVN).

HORÁRIO	TA (°C)			UR (%)			ITGU			CTR (W m ⁻²)			
	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	
8.00	30.00	24.80	24.80	56.43	84.00	90.00	79.54	74.12	76.48	503.62	451.02	501.51	
	29.00	26.40	25.30	67.08	86.00	82.00	79.22	77.48	75.76	496.36	494.94	490.81	
	28.00	26.40	24.70	72.66	86.00	83.00	80.35	77.48	75.76	541.54	495.97	503.31	
	27.00	24.50	26.50	72.15	97.00	78.00	77.96	73.32	77.12	506.62	479.41	494.07	
	24.00	25.60	25.20	84.64	94.00	90.00	77.85	77.20	76.48	573.52	487.80	493.73	
	28.00	25.70	26.00	72.66	92.00	85.00	79.35	76.84	76.48	518.37	485.57	479.50	
	29.00	24.70	23.20	61.26	97.00	97.00	79.68	77.20	74.12	519.70	500.02	478.93	
	24.00	24.00	24.60	92.17	93.00	91.00	76.35	75.48	75.48	518.43	492.62	480.06	
	27.00	25.50	25.10	78.70	93.00	84.00	77.47	74.12	76.12	484.73	437.49	495.95	
	25.00	24.80	25.00	92.32	90.00	87.00	76.72	76.48	76.12	496.92	500.69	497.14	
	10.00	31.00	28.70	28.70	62.58	57.00	73.00	81.48	78.40	78.12	509.86	502.88	477.42
		27.00	29.70	27.80	78.70	65.00	69.00	77.47	81.48	78.12	483.98	533.34	494.30
28.00		23.70	26.10	72.66	65.00	84.00	78.35	79.32	77.48	490.89	650.46	501.70	
30.00		27.50	28.70	61.93	81.00	68.00	82.06	79.48	79.48	550.11	522.07	501.32	
26.00		27.30	28.30	85.24	82.00	72.00	77.60	78.48	76.12	505.78	505.94	432.91	
29.00		27.20	28.00	67.08	88.00	77.00	80.22	77.20	77.48	523.60	455.34	465.42	
30.00		24.60	26.10	61.93	97.00	78.00	80.08	78.20	76.12	502.54	527.58	476.45	
26.00		27.00	26.70	85.24	77.00	77.00	77.60	78.12	77.12	504.45	510.67	489.48	
30.00		26.10	27.50	67.66	78.00	79.00	79.61	72.12	77.48	477.92	380.87	474.31	
27.00		27.80	27.50	72.15	73.00	78.00	76.96	78.12	78.48	482.62	495.06	500.75	
12.00		29.00	31.70	29.60	67.08	52.00	60.00	79.22	81.40	79.40	497.17	522.16	510.99
		31.00	29.30	29.70	57.17	65.00	62.00	82.95	79.12	78.76	564.94	492.22	484.05
	26.00	29.30	30.50	85.24	65.00	73.00	78.60	79.48	80.84	536.53	493.06	494.60	
	30.00	30.10	29.70	56.43	65.00	64.00	80.54	81.48	80.48	526.10	524.33	507.59	
	26.00	29.70	28.80	92.47	24.00	70.00	78.09	81.36	76.48	504.86	457.84	423.13	
	30.00	27.20	29.40	61.93	89.00	73.00	83.08	80.20	78.84	580.46	531.68	464.00	
	27.00	27.20	28.00	78.70	89.00	67.00	78.47	80.20	78.12	508.75	529.87	490.52	
	31.00	26.20	29.00	57.17	80.00	63.00	79.95	76.12	78.12	484.26	474.88	471.64	
	28.00	28.30	28.70	79.09	63.00	70.00	78.85	78.76	76.48	489.59	508.43	429.15	
	27.00	23.60	29.80	85.52	60.00	73.00	78.97	79.40	77.20	508.75	621.57	406.11	
	14.00	30.00	33.40	30.30	67.66	45.00	63.00	81.61	83.40	81.48	529.06	540.97	523.83
		27.00	26.70	30.10	78.70	74.00	58.00	81.47	76.12	78.76	598.58	465.75	475.81
27.00		26.70	30.70	78.70	74.00	62.00	76.47	76.12	76.12	459.27	464.84	389.61	
30.00		31.10	28.80	56.43	58.00	75.00	80.54	81.12	76.84	527.77	507.36	425.38	
27.00		28.70	30.70	72.15	71.00	62.00	77.96	78.48	76.12	509.83	477.37	388.62	
30.00		25.50	28.80	61.93	86.00	75.00	81.08	76.48	76.84	527.99	487.27	425.67	
26.00		25.50	27.70	85.24	86.00	65.00	76.60	76.12	73.76	478.47	488.07	394.18	
30.00		28.60	29.90	61.93	72.00	57.00	79.08	80.48	74.40	477.92	529.18	380.81	
27.00		30.20	30.30	78.70	59.00	69.00	77.47	80.76	78.84	484.14	524.36	447.87	
25.00		31.00	30.40	92.32	56.00	63.00	77.72	80.76	78.48	520.27	508.94	446.75	
16.00		29.00	26.90	30.80	73.15	78.00	54.00	79.73	76.48	79.76	497.64	461.24	488.24
		27.00	30.70	30.00	72.15	61.00	54.00	74.96	79.12	79.40	432.31	463.31	504.64
	27.00	24.80	28.60	72.15	93.00	81.00	78.96	74.84	80.20	533.59	450.86	504.05	
	29.00	30.30	27.80	61.26	67.00	73.00	79.68	79.84	76.48	520.49	472.48	444.78	
	26.00	26.50	29.30	85.24	79.00	61.00	80.60	75.12	74.40	569.65	444.64	396.82	
	28.00	25.70	27.80	66.48	88.00	73.00	77.82	74.84	76.48	491.15	433.49	443.66	
	24.00	25.70	27.40	92.17	88.00	61.00	75.35	76.84	73.04	490.07	483.25	405.03	
	27.00	26.70	28.80	78.70	71.00	62.00	76.47	75.76	73.40	459.27	464.65	378.95	
	28.00	29.40	29.70	72.66	62.00	64.00	78.35	78.40	75.76	490.47	489.21	406.58	
	26.00	30.80	29.20	85.24	54.00	63.00	76.60	80.76	76.48	478.36	513.57	417.15	

QUADRO 10. Valores diários e médios para cada horário de observação da temperatura ambiente (TA), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR) do sistema com telha de amianto com ventilação artificial e aspersão sobre a cobertura (TAVA)

HORÁRIO	TA (°C)			UR (%)			ITGU			CTR (W m ⁻²)			
	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	
8.00	27.50	28.30	25.30	59.01	57.90	75.93	76.96	78.42	75.17	485.14	497.82	469.44	
	28.00	25.00	25.00	54.84	64.49	74.41	77.20	73.12	75.35	488.27	455.67	482.84	
	24.00	26.00	28.30	84.64	67.09	59.04	73.85	75.69	77.73	456.15	478.88	490.05	
	27.30	28.00	27.00	58.27	54.84	65.85	77.62	77.70	77.72	499.16	499.97	498.87	
	26.50	24.00	26.00	65.53	77.40	71.61	76.52	73.23	76.57	483.48	454.65	487.47	
	26.30	26.30	27.00	63.53	66.65	72.15	76.28	76.75	78.56	489.33	488.33	504.06	
	27.30	25.50	26.00	58.27	71.33	70.30	75.82	75.27	76.36	473.14	471.26	485.75	
	24.30	27.50	26.00	78.96	63.15	65.19	73.35	77.65	75.92	451.46	489.72	485.75	
	27.80	25.50	25.00	57.51	70.01	67.73	77.91	74.77	75.40	497.72	465.22	489.90	
	26.00	26.00	25.00	70.30	71.61	71.04	75.76	77.07	74.58	472.81	496.08	468.21	
	10.00	29.80	31.00	29.00	49.43	50.97	65.90	78.71	80.58	80.11	495.06	504.30	506.31
		28.00	30.50	29.00	54.84	41.69	55.66	77.70	78.77	79.22	495.92	503.71	511.63
		30.00	30.50	29.00	56.43	46.53	55.66	80.04	79.59	78.62	500.95	507.20	500.17
		28.50	29.00	28.00	52.51	50.27	66.48	78.42	78.34	79.22	503.69	502.83	506.90
28.50		28.10	28.00	55.25	60.04	66.48	77.91	79.26	80.32	491.42	510.36	526.04	
29.50		29.00	30.00	53.36	55.66	56.43	79.05	79.82	80.34	500.79	513.04	509.22	
28.50		29.00	29.00	52.51	55.66	55.66	77.92	79.82	80.12	499.66	513.04	523.73	
26.30		29.40	29.00	69.83	55.43	55.66	75.53	79.93	79.52	466.99	509.44	513.27	
29.30		26.30	29.00	51.59	65.39	52.94	78.79	75.64	78.84	499.56	473.14	506.31	
28.30		29.50	28.00	57.90	60.47	60.55	77.62	80.77	79.18	485.57	518.22	509.72	
12.00		31.00	33.00	32.50	46.99	44.07	54.65	80.31	82.59	84.48	507.39	520.45	543.11
		31.00	32.30	29.00	46.99	42.06	55.66	80.81	81.10	79.12	515.13	513.61	509.72
		32.00	33.00	29.50	43.15	40.93	48.13	81.65	82.67	79.76	521.66	532.30	528.24
		28.80	31.20	30.00	53.85	40.99	56.43	77.87	81.00	80.54	488.72	532.77	512.71
	29.80	30.50	31.00	46.88	51.57	54.55	77.90	81.68	81.67	487.38	527.39	519.18	
	33.50	32.30	31.00	42.28	48.12	46.99	83.01	83.17	80.81	526.79	531.43	519.18	
	32.50	28.50	31.00	42.70	55.25	49.46	81.25	79.21	80.60	511.41	511.38	510.42	
	32.50	29.40	30.00	45.93	54.89	51.15	83.17	79.98	79.97	537.81	510.98	512.71	
	31.00	29.00	30.00	44.57	55.66	51.15	79.51	80.62	79.97	499.66	525.39	512.71	
	29.30	32.50	31.00	53.19	50.70	46.99	78.76	83.74	80.81	496.49	537.81	515.13	
	14.00	30.00	32.50	30.30	51.15	43.62	57.74	79.97	81.87	80.77	508.66	517.16	509.40
		29.00	31.80	28.50	55.66	39.31	58.05	78.62	79.05	78.20	494.58	492.87	497.01
		30.50	31.00	32.00	49.03	44.57	47.87	79.89	80.51	82.74	504.16	519.18	538.77
		28.00	31.80	30.00	60.55	42.50	56.43	77.58	80.89	78.04	485.22	517.37	469.26
31.50		28.10	31.00	42.68	60.04	57.17	80.22	78.26	83.25	507.53	495.02	542.01	
31.50		32.80	31.00	42.68	46.19	46.99	80.22	83.10	80.11	510.16	526.93	506.93	
30.80		30.50	30.00	49.29	46.53	51.15	80.02	80.39	79.97	503.89	516.53	512.71	
32.50		33.40	30.00	45.93	42.19	48.58	82.67	83.77	79.07	529.00	537.18	502.25	
29.30		27.30	31.00	54.27	58.85	46.99	78.88	76.38	81.81	496.49	479.33	536.73	
30.50		27.30	29.80	49.03	70.40	46.88	80.19	77.92	79.20	508.80	490.38	507.38	
16.00		28.00	30.50	28.30	54.84	50.55	59.04	76.70	78.87	78.53	480.64	485.69	501.86
		27.00	28.00	28.00	65.85	60.55	49.36	76.42	76.78	76.91	474.43	474.04	499.57
		27.00	26.80	29.00	59.80	59.65	61.26	75.87	75.58	79.68	474.43	475.21	509.72
		28.00	30.30	28.50	60.55	44.87	58.05	77.58	79.62	77.20	485.22	514.64	477.15
	27.50	27.00	29.00	63.15	65.24	61.26	76.85	76.77	80.18	477.53	480.50	515.01	
	28.00	28.40	28.30	54.84	58.54	55.09	76.50	77.92	77.63	479.21	487.73	493.19	
	28.30	28.50	28.30	53.43	55.25	55.09	76.46	77.21	77.13	475.90	480.72	484.54	
	28.00	29.30	26.00	60.55	56.99	65.19	77.58	78.66	75.82	487.85	488.81	484.03	
	27.30	24.50	27.50	64.22	68.07	57.27	76.88	73.56	77.79	479.33	463.67	505.48	
	29.30	23.30	28.00	48.98	82.18	54.84	77.79	73.83	76.60	488.81	472.70	479.12	