

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**AVALIAÇÃO DO CONTROLE DO AMBIENTE EM GALPÕES DE
FRANGOS DE CORTE CRIADOS EM ALTA DENSIDADE**

Tese submetida à banca examinadora
para obtenção do título de Doutor em
Engenharia Agrícola na área de
concentração de Construções Rurais e
Ambiência

MARÍA EUGENIA CORRÍA ARADAS

Orientador: IRENILZA DE ALENCAR NÄÄS

**CAMPINAS
DEZEMBRO DE 2001**

UNIDADE BE
Nº CHAMADA UNICAMP
C817a
/ EX
Nº COMBO BC/ 50239
Nº PROC 16.837/02
: DX
Nº REQ R\$ 11,00
DATA 22-10-02
Nº CFD

CM00175012-5

PARECER

Este exemplar corresponde a redação final da Tese de Doutorado defendida por **MARÍA EUGENIA CORRÍA ARADAS** e aprovada pela Comissão Julgadora em 17 de dezembro de 2001.

Campinas, 12 de setembro de 2002.

Prof.ª. Dr.ª. IRENILZA DE ALENCAR NÄÄS
Presidente da Banca

1819.263768

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

C817a	Corria Aradas, Maria Eugenia. Avaliação do controle do ambiente em galpões de frangos de corte criados em alta densidade. --Campinas, SP: [s.n.], 2001. Orientador: Irenilza de Alencar Nääs. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. 1. Frango de corte. 2. Ventilação. 3. Aviários. I. Nääs, Irenilza de Alencar. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.
-------	---

AGRADECIMENTOS

À professora Irenilza de Alencar Nããs, pela orientação e amizade.

À Universidade Estadual de Campinas e ao Departamento de Construções Rurais e Ambiência, pela oportunidade de realização deste trabalho.

À FAPESP pela bolsa de estudos concedida e pelo Auxílio à Pesquisa, que permitiram a implantação e execução do projeto.

À minha família, pelo amor a paciência e apoio.

Ao Sr. Marco Antonio S. Pereira por oferecer sua propriedade para a execução deste trabalho.

Ao Dr. Paulo Valério, ao Zé, Carlinhos, Joaquim e todas as pessoas do Sítio Matueté, pelo auxílio durante a segunda etapa do experimento.

Aos meus colegas Yamília, Marta, Késia, Miwa, Patrícia e Danilo, pela ajuda sempre oportuna.

A Daniel, Vladiane e Douglas, pela colaboração neste trabalho

A todos os demais que possibilitaram a conclusão deste trabalho. OBRIGADA!

00249501

Aos meus Filhos

Aos meus Pais

Ao meu Marido

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	III
SUMÁRIO.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABELAS.....	X
RESUMO.....	XI
ABSTRACT.....	XII
I. - INTRODUÇÃO.....	1
OBJETIVOS.....	4
II. -REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 - O CONFORTO TÉRMICO PARA AS AVES DE CORTE.....	5
2.2 - ASPECTOS FISIOLÓGICOS.....	8
2.3 - MANEJOS QUE POSSIBILITAM O CONFORTO TÉRMICO.....	10
2.4. TRANSFERÊNCIA DE CALOR ENTRE OS ANIMAIS E O AMBIENTE.....	14
2.5 - BALANÇO TÉRMICO.....	16
2.5.1 - <i>Transmissão de calor em regime permanente</i>	16
2.5.2 - <i>Trocas Térmicas em uma Instalação Avícola</i>	17
2.6 - PRODUÇÃO DE CALOR E UMIDADE.....	18
2.7 - ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO.....	19
2.7.1 – <i>Índice de temperatura de globo negro e umidade - ITGU</i>	19
2.7.2 – <i>Índice Biofísico - IBC</i>	20

2.7.3- <i>Temperatura de globo negro - BGT</i>	20
2.8- SISTEMAS DE VENTILAÇÃO PARA GRANJAS DE FRANGOS.....	20
2.8.1- <i>Ventilação forçada</i>	21
2.8.2 – <i>Ventilação tipo Túnel</i>	22
2.9 – ALTA DENSIDADE.....	23
III. – MATERIAL E MÉTODOS.....	25
SIMULAÇÃO EM PROTÓTIPOS A ESCALA REDUZIDA E	
DISTORCIDA – 1ª ETAPA.....	25
3.1 - INSTALAÇÃO DOS PROTÓTIPOS EM ESCALA REDUZIDA E DISTORCIDA.....	25
3.2 - EQUIPAMENTOS PARA OBTER O CONFORTO TÉRMICO.....	27
3.2.1 - <i>Instalação de ventiladores e nebulizadores</i>	27
3.2.2 - <i>Instalação das cortinas</i>	30
3.3 - SIMULAÇÃO DA TEMPERATURA DO FRANGO.....	30
3.4 - EQUIPAMENTOS PARA COLETA DE DADOS AMBIENTAIS.....	31
3.5 - CALIBRAÇÃO DOS TERMOPARES.....	34
3.6 - DADOS COLETADOS.....	35
ADAPTAÇÃO DE GALPÕES PARA SISTEMA DE VENTILAÇÃO	
FORÇADA TIPO TÚNEL – ETAPA 2.....	36
3.7 - ADAPTAÇÃO PARA VENTILAÇÃO TÚNEL DO GALPÃO G2.....	37
3.8 - ADAPTAÇÃO DO GALPÃO G2 PARA ALTA DENSIDADE.....	42
3.9 - INSTALAÇÃO DOS APARELHOS PARA COLETA DE DADOS NA GRANJA.....	42
3.10 - COLETA DE DADOS AMBIENTAIS.....	44
3.11 - COLETA DE DADOS DE DESEMPENHO.....	45
3.12 - SIMULAÇÃO DE DADOS DE PRODUÇÃO.....	46
ELABORAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS.....	47
IV.- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
4.1 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS COLETADOS NA PRIMEIRA ETAPA.....	49
4.2 - DADOS DE PRIMAVERA – VERÃO NA SEGUNDA ETAPA.....	52

4.3 - DADOS DE INVERNO.....	63
4.4 - MODELO DE MORTALIDADE	64
4.5 - MODELO DE GANHO DE PESO	67
V. – CONCLUSÕES	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
ANEXO I_AMOSTRA DOS DADOS DE TEMPERATURA COLETADOS POR LOTES DE AVES.....	76
ANEXO II_ANALÍSE ESTATÍSTICA DOS DADOS DA PRIMEIRA ETAPA	91
ANEXO III_ANALÍSE ESTATÍSTICA DAS TEMPERATURAS DE BULBO SECO NA SEGUNDA ETAPA	95
ANEXO IV_ANALÍSE ESTATÍSTICA DO GANHO DE PESO VS SETORES DE G2	97
ANEXO V_ANALÍSE ESTATÍSTICA DO GANHO DE PESO -G1 VS GANHO DE PESO - G2	100
ANEXO VI_MODELOS MATEMÁTICOS DE PRODUÇÃO VS AMBIENTE	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Previsão da produção de carne de frango em 2001. (Fonte: UBA/ABEF).....	1
Figura 2. Produção e consumo de carne de frango em 20 anos no Brasil (Fonte: UBA).....	2
Figura 3. Modelo esquemático de uma instalação fechada com cortinas.	3
Figura 4. Esquema de balanço de calor numa instalação para aves.	6
Figura 5. Limites de temperatura corporal (°C).	7
Figura 6. Produção de calor <i>versus</i> temperatura ambiente. Adaptado de CURTIS, 1987.....	8
Figura 7. Efeitos da velocidade e temperatura do ar na frequência respiratória e temperatura corporal de frangos de corte (Adaptado de ERNST, 1995).	13
Figura 8. Disposição dos protótipos em escala na Área Experimental.....	26
Figura 9. Ventiladores centrífugos instalados no protótipo 3.	28
Figura 10. Entrada e saída do ar no protótipo com ventilador centrífugo.	28
Figura 11. Conjunto de bomba e temporizador para nebulização.	29
Figura 12. Disposição dos termopares e termômetro de máxima e mínima no interior dos modelos.	31
Figura 13. Sistema de aquisição de dados inicial.	33
Figura 14. Registradores utilizados.	34
Figura 15. Vista dos galpões escolhidos. a) exterior; b) interior.....	37
Figura 16. Vistas do exterior (a) e interior (b) dos exaustores de 1,5 HP instalados no galpão G2.....	38
Figura 17. Vista interior dos ventiladores da cabeceira.	39
Figura 18. Vistas das cortinas instaladas no galpão G2. a) Com as cortinas abaixadas antes de acionar o sistema túnel, destacam-se o bandô, a vedação das portas e a cortina acima dos ventiladores na cabeceira. b) Vista interior com o túnel funcionando.	40
Figura 20. Disposição dos comedouros e bebedouros no galpão G2.	42

Figura 21. Divisão dos galpões em três áreas (box) iguais, representação das entradas e saídas do ar e pontos de medição externo e internos.....	43
Figura 22. Disposição dos termopares e sua adaptação para globo negro e bulbo úmido.....	44
Figura 23. Temperatura de bulbo seco média nos dois galpões durante o primeiro lote avaliado no período primavera-verão.....	53
Figura 24. Comportamento das médias das temperaturas de bulbo seco no galpão G2 nos 2º e 3º lotes avaliados no período de primavera/verão.	54
Figura 25. Comportamento da temperatura de bulbo seco na parte exterior e as médias das temperaturas de bulbo seco em cada um dos galpões estudados.....	55
Figura 26. Comportamento da temperatura de globo negro na parte exterior e as médias das temperaturas de bulbo seco em cada um dos galpões estudados.....	56
Figura 27. Comportamento da Umidade Relativa média nos dois galpões e no ambiente externo.....	57
Figura 28. Comportamento das aves nos dois galpões durante o período de temperaturas críticas. Acima G1 e embaixo G2.....	59
Figura 29. Influência da velocidade do ar sobre a sensação térmica das aves.....	60
Figura 30. Zonas de conforto térmico para humanos com ventilação natural e forçada. Adaptado de LAMBERT <i>et al.</i> (1997).....	60
Figura 31. Comportamento das temperaturas de bulbo seco nos galpões estudados durante o inverno.....	63
Figura 32. Modelos estatísticos propostos para mortalidade.....	65
Figura 33. Modelos estatísticos propostos para ganho de peso.....	68

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Efeito da altura da instalação (pé direito) sobre a temperatura interna.	13
Tabela 2: Dimensões dos modelos em escala real e distorcida.	26
Tabela 3. Distribuição das linhagens de aves nos 5 lotes avaliados, em %.	36
Tabela 4. Resultado da análise estatística entre os tratamentos para Tbs e Entalpia.	49
Tabela 5. Análise estatística entre os tratamentos para Tbs, Entalpia e ITGU para protótipos com cortinas totalmente fechadas.	50
Tabela 6. Análise estatística entre os tratamentos para Tbs com $\alpha = 5\%$	53
Tabela 7. Peso médio dos frangos nos lotes de primavera/verão nos dois galpões.	61
Tabela 8. Análise estatística entre os tratamentos para GP com $\alpha = 5\%$	62
Tabela 9. Análise estatística entre os dois galpões para GP com $\alpha = 5\%$	62
Tabela 10. Resumo da análise de regressão para a mortalidade.	65
Tabela 11. Resumo da análise de regressão para o ganho de peso, kg.	67

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivos estudar sistemas de ventilação forçada do ponto de vista termodinâmico e de desempenho para frangos de corte criados em alta densidade, sendo as avaliações realizadas durante as três últimas semanas pré-abate.

A pesquisa foi realizada em duas etapas. A primeira etapa consistiu na simulação do ambiente interno de instalações avícolas em modelos a escalas reduzida e distorcida, coletando variáveis ambientais (T_{bs} , T_{bu} , T_{gn} , V_v) e simulando, com a ajuda de softwares, o comportamento do desempenho das aves (ganho de peso e mortalidade).

Com os resultados da primeira etapa, escolheu-se um sistema de ventilação forçada tipo túnel, que foi instalado numa granja comercial, adaptada para uma densidade de 18 frangos/m², comparando-o do ponto de vista de ambiente e produção com o sistema de ventilação forçada convencional e densidade de 13 frangos/m². Ficou demonstrado que esse sistema proporciona maior sensação de conforto térmico às aves, levando a uma maior produtividade por área.

Também foram elaborados modelos matemáticos que melhor representaram as relações entre produtividade e ambiente, para criação de frango de corte em alta densidade, com o sistema de túnel proposto.

Palavras chaves: Frangos de Corte, Ventilação, Avicultura.

ABSTRACT

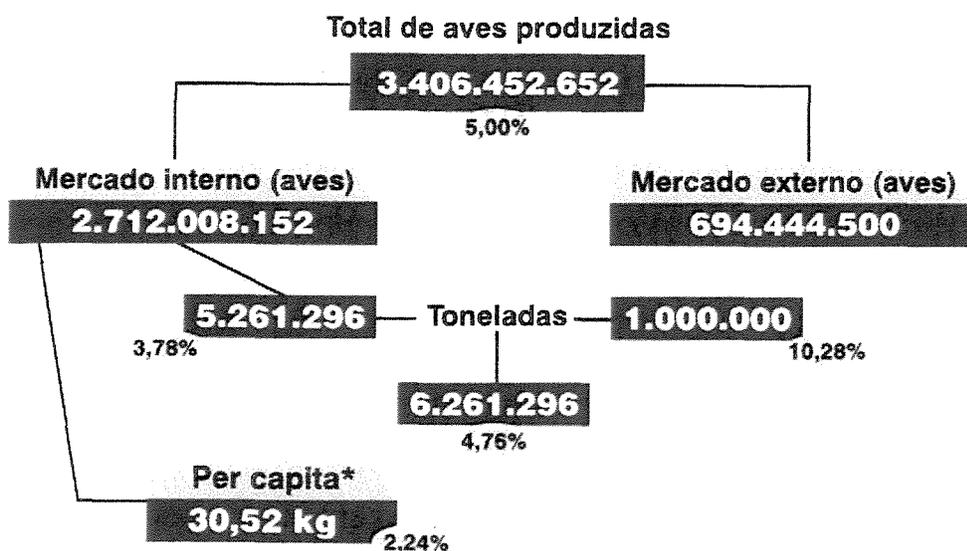
This research had the objective to study forced ventilation systems under both the thermodynamic aspect, as well as the broiler performance grown at high flock density. The evaluation was based on the third last weeks of growth prior to slaughter. The experiments were carried out in three stages: the first one consisted in simulating the poultry housing thermal environment by using reduced and distorted scale models, recording the inside environmental parameters such as dry bulb temperature (Dbt), wet bulb temperature (Wbt), black globe temperature (Bgt) and wind speed (Ws), and simulating by the use of software, the broiler growth and performance (weight gain and mortality). The second one was based on the first stage results. With the results from the first stage an adapted tunnel ventilation design was adopted and installed in a broiler commercial operation, using a flock density of 18 birds/m², and environment and production data were compared with a conventional forced ventilation system and flock density of 13 birds/m². It was found that the adapted tunnel ventilation led to better thermal comfort to the birds, resulting in higher productivity level per floor area. Mathematical models were built based on the statistical analysis, representing the relation between environment and productivity of broiler production under high flock density, using the proposed adapted tunnel ventilation.

Keywords: broiler, poultry production; ventilation.

I. - INTRODUÇÃO

Há vinte anos a avicultura brasileira vem crescendo à média de 10% ao ano, saindo assim de um inexpressivo décimo sétimo lugar para a atual posição de terceiro maior produtor mundial e segundo maior exportador de frangos, segundo levantamentos da USDA em 2000.

A avicultura de corte no Brasil vem crescendo ano após ano, sendo que a previsão em 2001 é atingir novo recorde histórico nas vendas externas de carne avícola, porquanto, superarão as 900 mil toneladas, distribuídas como mostra a Figura 1.

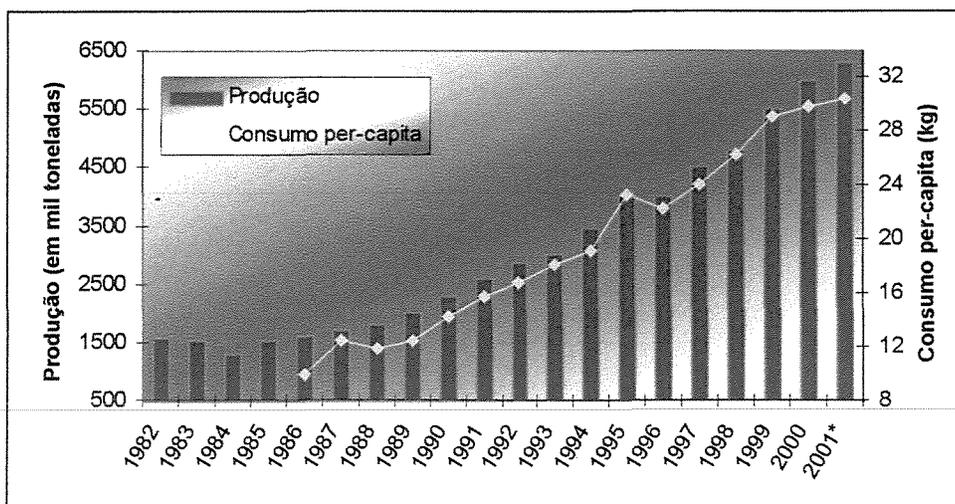


* O consumo per-capita foi estimado considerando a população brasileira de 2001 pelo IBGE. Os números dentro dos ovais indicam a variação percentual sobre o mesmo período de 2000.

Figura 1. Previsão da produção de carne de frango em 2001. (Fonte: UBA/ABEF).

Outro índice que dá a medida desse crescimento é a produção de carne de frango, que em vinte anos foi de 1,5 milhões de toneladas em 1982, até superar 6,2 milhões de toneladas em 2001 (previsão), com o que aumentaria em 5% a produção de 2000 (UBA, 2000). O

consumo interno também tem aumentado significativamente nesses anos, como mostra a Figura 2, devido fundamentalmente a preços mais acessíveis.



* Previsão.

Figura 2. Produção e consumo de carne de frango em 20 anos no Brasil (Fonte: UBA)

Esse aumento no consumo, assim como a queda dos preços, é resultado, entre outros fatores, do aperfeiçoamento das técnicas de manejo na produção de frango, enquanto a importação de material genético ajudou a melhorar a performance (Brasil passou a importar avós de alta linhagem da América do Norte e da Europa). Com baixo investimento, o Brasil passou a dispor de material genético eficiente para a produção de carne de frango de alta qualidade e produtividade.

Porém, esse material genético não estava preparado para as condições do clima brasileiro, fundamentalmente no verão, onde as temperaturas superam os 30 °C, muito superiores às temperaturas de conforto das aves adultas. Fora do conforto térmico as aves sofrem estresse, diminuindo seu peso, e até levando ao óbito. Alguns mecanismos auxiliares são usados com certo êxito, por exemplo, em regiões tropicais e subtropicais de clima úmido e quente, são utilizadas instalações com parte de suas laterais abertas, possibilitando a circulação de ar de forma natural, e, em locais de pouca ventilação natural, utiliza-se ventilação artificial, com auxílio de ventiladores e/ou exaustores.

Recentemente, avicultores têm tentado novas alternativas de manejo, fechando as instalações durante todo o ciclo de vida do frango, controlando assim a entrada de ar externo.

Para a movimentação do ar e remoção do calor do interior da instalação são utilizados ventiladores e exaustores. Esse sistema vem sendo chamado de “tipo túnel” adaptado. As cortinas funcionam como barreira em épocas frias, dificultando que o calor saia da instalação e, em épocas quentes, dificultando que o calor do ambiente externo, advindo de várias fontes, inclusive a radiação solar dispersa, atinja diretamente as aves alojadas.

Um problema encontrado em instalações fechadas por cortinas, é a otimização da distribuição da temperatura no ambiente final interno. Costuma ocorrer a segmentação da temperatura em três setores, como mostra a Figura 3, onde o setor 3 apresenta temperaturas amenas devido à proximidade dos ventiladores com entrada de ar, enquanto vai aumentando ao longo do galpão, devido à acumulação do calor interno na instalação até as saídas do ar.

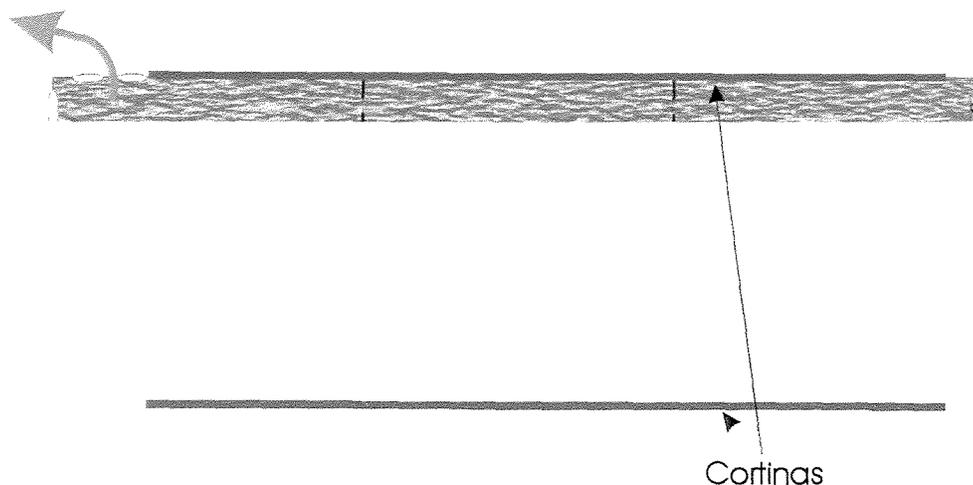


Figura 3. Modelo esquemático de uma instalação fechada com cortinas.

Nos galpões de avicultura de corte esse problema proporciona o congestionamento das aves nos setores de temperaturas mais amenas, levando ao aumento da densidade nos locais mais confortáveis.

A incorporação de equipamentos ao manejo da instalação encarece inicialmente a produção de frangos de corte. Uma alternativa a esse encarecimento é concentrar um número maior de aves numa mesma instalação, ou seja, a chamada alta densidade, que permite uma produtividade maior por área de instalação.

OBJETIVOS

Analisar do ponto de vista termodinâmico, a ventilação forçada em instalações total e parcialmente fechadas, durante as três últimas semanas que antecedem o abate dos frangos de corte.

Como objetivos específicos:

1. Estudar alternativas de ventilação no interior de instalações com laterais maiores fechadas com cortinas, comparando-as.
2. Verificar setorialmente as variáveis climáticas no interior da instalação fechada parcial e totalmente por cortinas;
3. Comparar as variáveis termodinâmicas em instalações fechadas, com uso de ventiladores e nebulizadores, em instalações com diferentes densidades;
4. Desenvolver, em protótipos de instalações a escala reduzida e distorcida, modelos matemáticos que permitam simular a produtividade em aviários com alta densidade e sistemas de ventilação forçada tipo túnel, validando esses modelos com dados obtidos à escala real.

II. -REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - O conforto térmico para as aves de corte

O conforto térmico no interior das instalações avícolas é um fator altamente importante, já que as condições climáticas inadequadas afetam consideravelmente a produção de frangos de corte. Tanto o excesso de frio, como e principalmente o excesso de calor, para países tropicais, reverte em uma menor produtividade das aves, podendo levar altos valores de perdas no lote.

Os animais domésticos comercialmente desenvolvidos pela genética, que visa a otimização da carcaça, como é o caso do frango de corte atual, possuem, em geral, uma capacidade moderada para se protegerem do calor intenso. As aves são animais homeotermos, ou seja, sua temperatura corporal varia dentro de certos limites, obedecendo a um ritmo circadiano. A maioria dos animais domésticos em face de produção de maior peso corporal, tem seu potencial de termorregulação bem melhor desenvolvido para reagir ao frio, sem, entretanto, ter muita defesa para o calor. Conseqüentemente, em ambientes onde as temperaturas máximas sejam críticas para o caso da ave, torna-se importante o controle da temperatura efetiva que incide nela, através do controle ambiental da edificação.

ALBRIGHT (1990), calculando o balanço térmico de uma instalação, considerou diferentes formas de calor que entram e saem de uma instalação (Figura 4). São elas: o calor que atinge o abrigo via radiação solar, o calor sensível e latente liberados pelas próprias aves, o calor gerado por equipamentos e luzes em geral, o calor que entra e sai via ventilação natural ou forçada, o calor que sai da instalação por condução através do piso, paredes, janelas, cortinas e do telhado, e o calor latente produzido pela fermentação da cama, dos excrementos, e de qualquer forma líquida presente na instalação, provinda dos seus arredores.

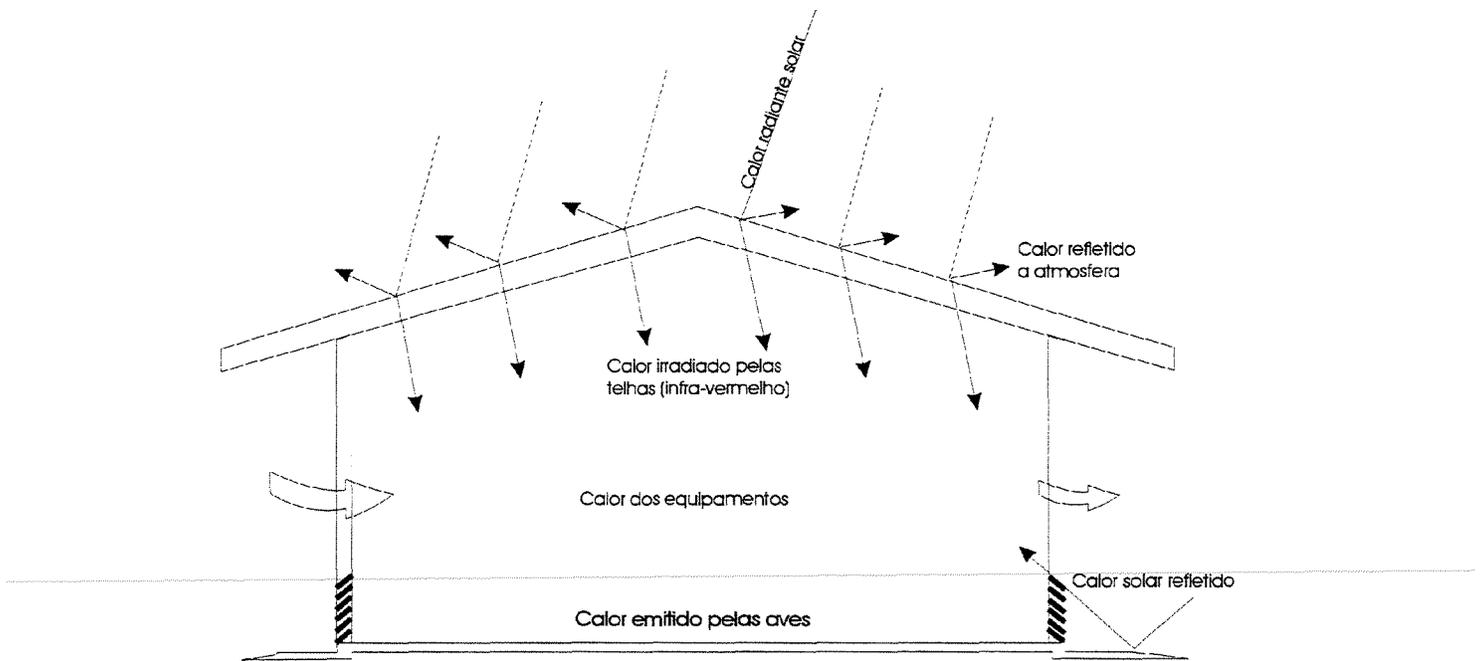


Figura 4. Esquema de balanço de calor numa instalação para aves.

O importante para que a instalação forneça condições de conforto para as aves é que seu balanço térmico seja igual a zero. Quando o balanço térmico entre os homeotermos e o meio ambiente é nulo, seu corpo encontra-se na faixa de conforto térmico. De acordo com ESMAY (1982), para que haja o balanço térmico ideal, deve-se obedecer ao que sugere a Equação 1, onde a energia gerada pelo homeotermo (EH), somado a energia do ambiente (EA), deve ser igual a soma de energia dissipadas por radiação (ER), convecção (ECV), condução (EC) e evaporação (EV), e pelo calor contido nas substâncias corporais eliminadas (CSC).

$$EH + EA = ER + ECV + EC + EV + CSC \quad [1]$$

A temperatura corporal varia para as aves, de acordo com a idade. O pinto recém nascido não tem capacidade de termorregulação bem desenvolvida; isto só vai ocorrer quando a ave estiver com 10 a 15 dias após o nascimento. A ave jovem tem uma temperatura de conforto, de aproximadamente 35 °C, e sua temperatura corporal varia de 39 a 40 °C. A partir do momento em que a ave desenvolve seu sistema de termorregulação, após aproximadamente 4 semanas, sua temperatura corporal oscila ao redor dos 42 °C, dependendo da linhagem

(Figura 5). Sua zona de conforto térmico é aproximadamente 24 °C, enquanto, na sexta semana de vida, a zona de conforto reduz para ao redor de 21 °C, (MACARI *et al.*,1994).

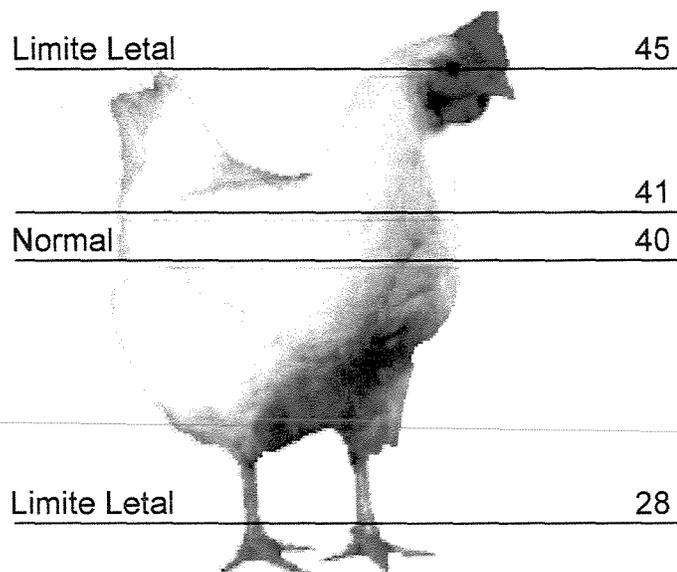


Figura 5. Limites de temperatura corporal (°C).

Fora do conforto térmico, ou da zona termoneutra (termos utilizados por ESMAY (1982) e CURTIS (1987)), o animal passa por problemas que podem levar ao estresse térmico. De acordo com CURTIS (1987), animais domésticos geneticamente desenvolvidos, têm uma certa capacidade para proteger-se do frio, mas, ao contrário, em presença de temperaturas superiores em 5 °C à temperatura crítica superior, aparece o estresse, e dependendo da espécie, tolerância, etc., os animais podem não sobreviver.

No caso das aves, em especial o frango de corte, sobre o qual versa esse trabalho, embora sendo considerada a máxima crítica superior de 27 °C referida na literatura, em geral não há mortalidade, mas as aves demonstram os sinais evidentes do estresse pelo calor e tem o ganho de peso adversamente afetado. Entretanto, suportam até 20 °C abaixo da temperatura de conforto. A zona de termoneutralidade pode ser vista no esquema da Figura 6.

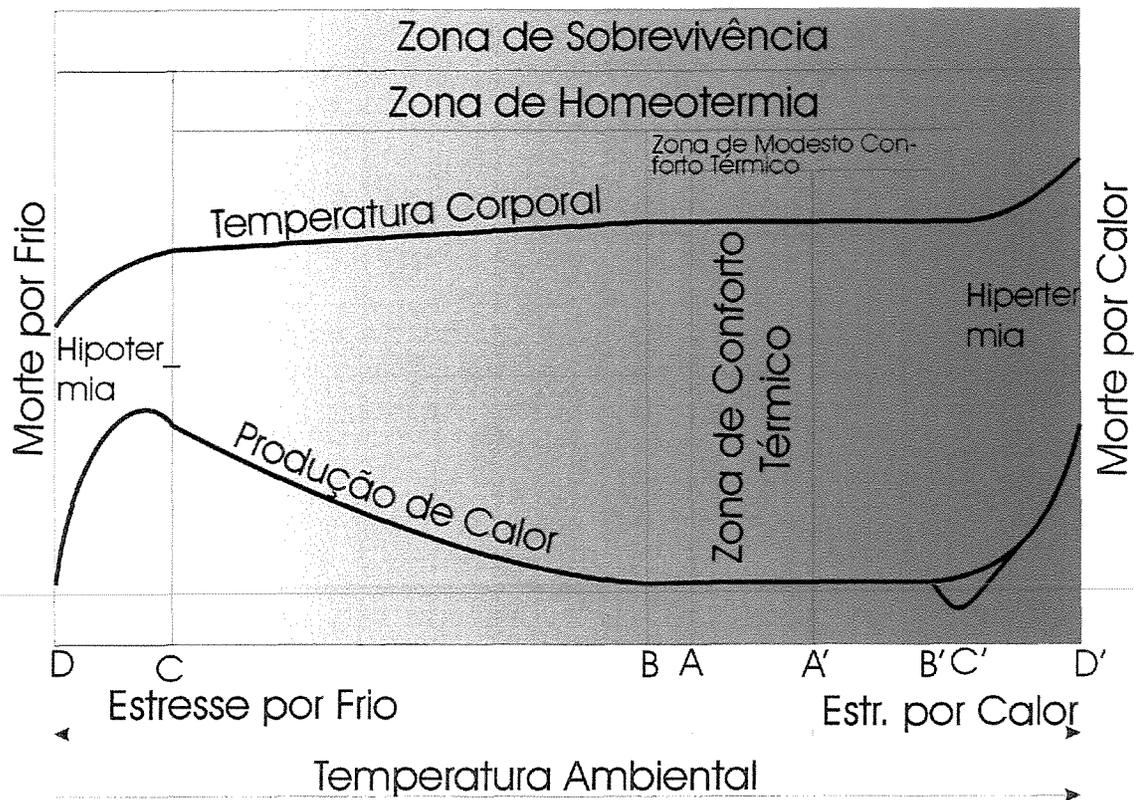


Figura 6. Produção de calor *versus* temperatura ambiente. Adaptado de CURTIS, 1987.

É importante saber como varia a faixa de termoneutralidade, em função da temperatura do ambiente em que a ave vive, da alimentação, do manejo utilizado pelo avicultor, do tamanho da ave, da geometria da instalação e da linhagem.

2.2 - Aspectos fisiológicos

À medida que a temperatura corporal da ave se eleva, durante o estresse calórico, numerosos processos fisiológicos são ativados, com a finalidade de aumentar a dissipação de calor por forma sensível, e, principalmente, a produção de calor latente. Para diminuir a produção de calor latente, e aumentar a perda de calor por condução, a ave agacha-se, ou mantém as asas afastadas do corpo, aumentando assim sua área superficial, (RUTZ, 1994). Para facilitar a perda de calor do corpo, o fluxo de sangue das aves é desviado para tecidos periféricos, (BOTTJE *et al.*, 1983), transportando o calor até a superfície da ave. Apenas 10%

do corpo de uma ave não é coberto por penas, esses são a crista, a barbela e os pés. Além disso, as aves não possuem glândulas sudoríparas (COSTA e HUNTON, 1979). A vasodilatação que ocorre nas aves quando submetidas a altas temperaturas faz com que sua crista e barbela aumentem de tamanho, participando de maneira importante na perda de calor sensível corporal.

Outra resposta ao estresse, é o decréscimo de ingestão de alimentos pelas aves, diminuindo assim os substratos metabólicos, e resultando na redução da produção de calor (TEETER, 1993). Dessa forma, a parcela de energia destinada ao ganho de peso das aves é minimizada.

O resfriamento adiabático através da evaporação da água pelo sistema respiratório, também constitui um importante meio de perda de calor (JUKES, 1971). Para cada grama de água que se evapora, são dissipados aproximadamente 0,55 kcal de energia. Os frangos de corte aumentam dramaticamente a frequência respiratória e, dessa forma, os processos de dissipação de calor através da respiração, embora o ofego, por ser termogênico, também represente um gasto de energia. A frequência respiratória pode variar de 25 movimentos respiratórios por minuto, dentro do ambiente termoneutro, para até mais de 250 movimentos respiratórios por minuto, quando ocorre o estresse agudo (LINSLEY e BERGER, 1964).

O maior problema nas áreas tropicais quentes e úmidas, é o excesso de umidade relativa do ar. Esse excesso impossibilita que a ave elimine calor através da respiração, por exemplo, quando a temperatura ambiental alcança 25 °C, essa temperatura acarreta um excesso de ofego pela ave. Estando a temperatura e a umidade relativa altas, a ave não consegue respirar suficientemente rápido para remover todo calor que precisa dissipar de seu corpo. Conseqüentemente, com a umidade relativa muito alta, a ave não suporta a mesma temperatura ambiental, afetando o intercâmbio térmico, e a temperatura corporal pode elevar-se, ocorrendo a prostração e morte, quando a temperatura ambiental alcançar 47 °C, que é o limite máximo fisiológico vital da ave (NÄÄS, 1994; RUTZ, 1994 e MITCHELL, 1987). Isto preocupa mais na medida que a ave amadurece, especialmente nas linhagens mais pesadas, pois a área superficial necessária para a dissipação de calor, diminui proporcionalmente com a idade e com o seu peso corporal.

2.3 - Manejos que possibilitam o conforto térmico

Obter numa instalação a faixa de conforto das aves é um dos meios para que se consiga uma produção ideal. A produtividade ideal corresponde à maximização da parcela de energia para crescimento, de forma a manter o animal vivendo em sua temperatura efetiva, ou seja, aquela que realmente esteja incidindo no animal, sem nenhum desperdício de energia, seja para compensar o frio, ou para acionar seu sistema de refrigeração em combate ao excesso de calor ambiental (NÄÄS, 1992).

Para controlar o ambiente natural, visando adequá-lo à criação intensiva de aves, eliminando o calor gerado no interior da instalação, utilizam-se técnicas naturais como manejo, controles, densidades e outros. Exemplos desses controles de ambiente, são as instalações com aberturas laterais, o tipo de telhado, o manejo de cortinas, e também o recobrimento de áreas vizinhas e sombreamento. Técnicas artificiais também são utilizadas, como o uso de nebulizadores, ventiladores, refrigeração da água de beber, isolamento térmico de tubulações, caixas de água, ou outras tubulações que subtraíam calor às instalações (PEREIRA, 1991), além da nutrição (níveis de energia e densidades) e genética (linhagem mais tolerantes, com pescoço pelado, etc.)

Controlar o calor no interior de uma instalação depende de como o mesmo é gerado e distribuído. O calor gerado pelas aves e aquele proveniente da radiação solar, são duas fontes principais da ocorrência de calor no interior das instalações. No telhado, a radiação solar atua com maior intensidade, sendo a variável mais importante, visto que o fluxo de calor que atravessa um telhado no pico máximo de calor, é da ordem de cinco vezes mais que aquele do ambiente interno. Esse calor pode ser controlado pela ventilação adequada, pelo efeito da radiação, pelo isolamento térmico. O isolamento térmico é, geralmente, o meio mais eficiente e econômico de melhorar as condições ambientais de edificações em geral. Cabe salientar, que o material de construção adequado, pode provocar um isolamento térmico desejável (ESMAY, 1982).

Como foi concluído por LEAL (1981), coberturas de alumínio refletem melhor em condições de alta temperatura, possibilitando menor temperatura no interior da instalação. A cobertura de cimento amianto, por ser composta de material de alta condutividade, tem um

fator de 2,74 menor de reflexão em relação à folha de alumínio. A cobertura de telha cerâmica tem a particularidade de ser um melhor isolante térmico, proporcionando maior conforto.

Em relação ao isolante térmico, a propriedade de inércia térmica é o fator que permite a escolha do material a ser utilizado, em relação ao clima aonde vai ser construído. A ASHRAE (1985) apresenta dados sobre o coeficiente de inércia térmica: cerâmica - 18,0 min; fibrocimento - 7,0 min e o alumínio - 0 min. Segundo ESMAY (1982) e NÄÄS (1994) em instalações que apresentam forros, os valores da ASHRAE aumentam para 25,0; 13,0 e 7,0 minutos, respectivamente.

Para NÄÄS (1994), deve-se orientar uma instalação relacionando-a diretamente com o clima local. A melhor orientação é a leste-oeste por evitar uma incidência direta dos raios solares sobre as aves. Essa orientação proporciona um lado mais frio na instalação, sendo que no hemisfério sul esse lado é o que faceia o Sul, melhorando assim o ambiente para as aves, durante os horários mais quentes do dia. Em áreas quentes e úmidas, a orientação melhor pode variar, dependendo da direção em que os ventos dominantes sopram.

Material de isolamento, segundo a AGRICULTURAL ENGINEERS DIGEST (1970), reduz a taxa na qual o calor é transportado de um lugar para outro. As instalações isoladas têm a seguinte propriedade: em dias frios, as paredes de isolamento impedem que o calor interno se transporte para fora; já em dias quentes, as paredes impedem que todo calor externo passe diretamente para o interior da instalação.

Na mesma idéia de isolamento, NÄÄS (1994) afirmou que, para uma instalação ser a prova da luz, ela deve ser completamente fechada, sem janelas. Sendo o ar removido via exaustores, a iluminação artificial, o teto e as paredes devem proporcionar um arejamento ideal para prover de conforto a instalação.

Um material de isolamento utilizado são as cortinas plásticas. As cortinas protegem as aves recém nascidas, evitando que haja correntes de ar nos galpões, e dificultando a formação de nuvens de poeiras no interior da instalação, evitando eventuais problemas respiratórios. Também não permite a entrada de radiação solar direta sobre o piso do galpão, evitando possíveis aglomerações das aves (ÁVILA *et al.*, 1995).

Ventiladores e exaustores em um ambiente fechado possibilitam uma troca dos gases regularmente. Além disso, ocorre a remoção da umidade que se forma dentro das instalações,

e do calor gerado pelos animais e pela radiação solar, que entra via paredes, teto, e, até mesmo por ventilação natural.

Se a ventilação natural, que ocorre no interior de uma instalação, não é suficiente para eliminar o calor formado, torna-se necessário o uso de equipamentos, como ventiladores e nebulizadores. A quantidade e o dimensionamento de ventiladores depende do número e idade das aves existentes, da dimensão da instalação, o diferencial de temperaturas interna e externa, da velocidade externa de ventos e da eficiência das temperaturas. Os ventiladores devem ser colocados de forma que haja maior turbulência interna à instalação, sendo a melhor configuração aquela em contraposição, desde que os ventiladores estejam colocados a um terço da distância das laterais, percorrendo, portanto, duas linhas de colocação. Se os ventiladores estão associados a nebulizadores, possibilitam o processo de resfriamento adiabático de forma natural, no caso da umidade relativa estar em torno de 70%, (NÄÄS, 1994).

A velocidade do ar dentro do galpão vai ter efeitos diretos na frequência de respiração dos frangos e na temperatura corporal desses, pois, como foi exposto no item 2.2, ocorre o resfriamento adiabático através da evaporação da água pelo sistema respiratório. A relação entre velocidade do ar, frequência de respiração e temperatura corporal, aparece representada na Figura 7 (ERNST, 1995).

A Tabela 1 mostra as vantagens da utilização de ventiladores, e também a importância da altura do pé direito em instalações.

Além da ventilação, as instalações para animais em regiões de clima quente, devem utilizar a aspersão ou, então, nebulizadores (MARTIN e BUCKLIN, 1994). Existem dados sobre a utilização eficiente de nebulizadores, principalmente a partir da quinta semana, onde a ave passa pela fase crítica de controle do conforto térmico. O funcionamento desse sistema consiste na formação de gotículas pequenas, que expostas ao ar aumentam de tamanho, assegurando uma evaporação rápida. Utilizados junto com ventiladores, ocorre uma aceleração do ar que assegura que a pulverização seja bem distribuída (TINÔCO, 1995).

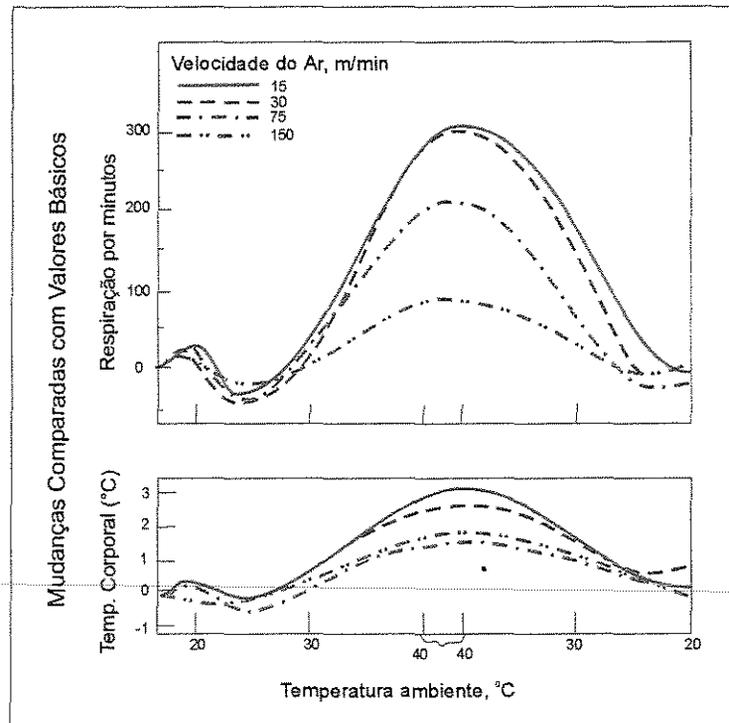


Figura 7. Efeitos da velocidade e temperatura do ar na frequência respiratória e temperatura corporal de frangos de corte (Adaptado de ERNST, 1995).

Tabela 1. Efeito da altura da instalação (pé direito) sobre a temperatura interna.

TEMPERATURAS (das 10 às 18 horas), em °C			
LOCALIZAÇÃO	MÉDIAS	MÍNIMAS	MÁXIMAS
à sombra	31,9	31,9	31,9
sombra de toldo de lona	33,7	32,9	34,2
pé direito baixo sem ventilador	35,7	35,7	35,7
pé direito baixo com ventilador	32,9	32,3	33,3
pé direito alto sem ventilador	33,1	32,4	33,8
pé direito alto com ventilador	31,8	31,4	32,2
instalações usuais	33,1	31,4	35,7
usuais sem ventilação	33,8	32,4	35,7
usuais com ventilação	32,5	31,4	33,3
pé direito baixo	33,6	32,4	35,7
pé direito alto	32,6	31,4	33,8

Fonte: BRAY *et al.*, 1994.

2.4. Transferência de calor entre os animais e o ambiente

As transferências de calor que ocorrem entre o animal e o ambiente envolvem fenômenos de radiação, convecção e condução. As aves ganham calor através da energia da ração e através do calor absorvido por radiação do ambiente. Liberam calor através da radiação emitida, por convecção, através da respiração e da pele. A liberação de calor através da condução envolve a passagem de energia térmica de molécula para molécula segundo as leis da termodinâmica. A convecção é a transferência de energia térmica envolvendo um fluido ou gás que passa pela superfície que está trocando calor. O fluxo sanguíneo nos animais é o meio mais significativo de transferência de calor por convecção do organismo para a superfície do corpo. As perdas evaporativas envolvem uma redução na energia térmica utilizada pelo organismo quando a água é transformada para seu estado gasoso. Até a temperatura ambiental crítica máxima, as perdas sensíveis de calor (condução, convecção e radiação) se encontram no seu limite máximo. Quando a zona de termoneutralidade é excedida, as perdas evaporativas são maximizadas numa tentativa de manter constante a temperatura corporal dos homeotermos (THATCHER e COLLIER, 1982).

A variação diurna na produção de calor animal devido à atividade exercida deve ser levada em conta no cálculo da produção de calor dos animais visto que há uma estreita correlação entre a atividade exercida e a produção de calor. Pesquisas indicaram que a produção de calor pelos animais aumenta quando estão se alimentando. XIN *et al.* (1996) observaram que frangos alojados no escuro produzem 25% menos calor que frangos em ambientes iluminados. Dessa forma, estudando a variação no cálculo da produção de calor latente e sensível de várias espécies animais, afirmaram que as equações responsáveis pelo cálculo devem ser corrigidas por um coeficiente baseado no nível de atividade que o animal está exercendo em determinado momento, evitando assim que a produção de calor diurna seja subestimada, e a noturna seja superestimada.

A temperatura corporal das aves é controlada por um equilíbrio dinâmico entre o calor produzido internamente nas aves e o calor perdido ou ganho do ambiente. A troca de calor sensível entre as aves e o ambiente dependerá das propriedades térmicas e radiantes das superfícies corporais das mesmas. Depende, também, principalmente do diferencial de temperatura entre a superfície corporal das aves e a temperatura ambiental a que estão

submetidas. DAVIS (1972) e WILSON (1974) estudaram as trocas de calor entre a superfície da pele dos animais e a superfície da cobertura dessa pele, sendo, no caso das aves, as penas que as recobrem. As características do empenamento são muito importantes para a eficiência das trocas térmicas por condução, dependendo do comprimento das penas, da espessura do empenamento, e do número de penas por unidade de área de superfície corporal. É importante notar que essas características variam de acordo com a linhagem, sexo, nutrição e, principalmente, de acordo com a idade da ave.

O calor trocado pela superfície do corpo da ave e o ambiente por condução, ocorre quando a ave entra em contato com uma superfície cuja temperatura seja diferente da sua temperatura superficial. A magnitude da troca de calor por condução vai depender da magnitude da diferença de temperatura entre as superfícies que estão trocando calor. A troca de calor por condução em frangos de corte é um fenômeno praticamente nulo, ocorrendo somente quando a ave estiver em contato com uma superfície mais fresca, o que é difícil de ocorrer dentro de um aviário.

A transferência de calor por convecção ocorre como resultado da movimentação do ar pela superfície corporal das aves. Essa movimentação do ar pode se dar de maneira forçada, com uso de ventiladores, ou de maneira natural, sem o uso dos mesmos. A perda de calor por convecção ocorre desde que a temperatura da superfície do corpo da ave seja maior do que a temperatura do ambiente.

As aves ganham e perdem calor por radiação. A transferência de calor por radiação é especialmente difícil de ser calculada, pois a ave troca calor por radiação com qualquer superfície que esteja a uma temperatura diferente da temperatura da sua superfície corporal segundo CHAISTAIN (1998).

A evaporação é um meio muito importante de perda de calor para as aves. Medições realizadas com galinhas poedeiras expostas a temperaturas variando de 10 °C a 40 °C, e mostraram que a evaporação através da pele das aves caiu 60% do total entre 10 °C e 25 °C para somente 15% em 40 °C. A partir dos 25 °C, a perda de calor se deu principalmente através da respiração.

A evaporação da água através da pele das aves é um processo passivo que não está submetido ao processo de termorregulação.

DESHAZER *et al.* (1973) desenvolveu um modelo para o cálculo do calor trocado pela respiração das aves, o qual é dependente da frequência respiratória das aves, do “Tidal” volume (TV), e da diferença entre a taxa de umidade do ar exalado e do ar inalado.

SCOTT *et al.* (1974), desenvolveu uma relação matemática para a determinação do “Tidal” volume, utilizado para o cálculo do calor latente perdido pela respiração, como sendo uma função exponencial da frequência respiratória (RR) como é demonstrado na equação a seguir:

$$TV = 0,1950 (RR)^{-0,42} \quad [2]$$

O calor latente de evaporação (LHV) é dependente da temperatura das superfícies respiratórias, a qual é assumida como sendo igual à temperatura da cloaca das aves.

Conforme o ar é inalado, o ar inspirado aproxima-se da temperatura do trato respiratório e começa a saturar-se (calor sensível), representando ¼ da perda de calor. Esse processo também refresca a porção do trato respiratório superior por convecção e evaporação. Com o tempo, o ar inalado chega aos pulmões, já se encontrando na temperatura corporal e em condições de completa saturação. Quando o ar é exalado, leva calor e umidade para o trato respiratório superior (calor latente) e representa ¾ do calor total liberado. A mucosa do trato respiratório, por ter tido sua temperatura reduzida quando o ar foi inalado, recebe calor do ar exalado. Dessa forma, a temperatura do ar exalado, é sempre menor que a temperatura corporal. A temperatura do ar exalado é dependente da temperatura e da umidade do ambiente. Quanto menor a temperatura ambiente que a do ar exalado, e quanto menor for a saturação do ambiente, o total de calor (sensível ou latente) do ar expirado será maior do que o ar inalado (STEVENS, 1981).

2.5 - Balanço Térmico

2.5.1 - Transmissão de calor em regime permanente

A transferência de calor entre a construção, seus ocupantes e o ambiente, ocorre por condução, convecção, radiação e evaporação. Em regime estacionário, o fluxo de calor é

função de propriedades térmicas do material, tais como: condutibilidade, emissividade, absorvidade, etc., do gradiente de temperatura e de coeficientes de proporcionalidade que dependem do fenômeno. As equações a seguir relacionam as grandezas envolvidas na transferência de calor unidimensional em regime permanente.

$$q_{cond} = k \frac{T_{se} - T_{si}}{L} \quad [3]$$

$$q_{conv} = h(T - T_s) \quad [4]$$

$$q_{rad} = \varepsilon \sigma T^4 \quad [5]$$

$$q_{evap} = h_{iv} C_{dif} (p_s - p_a) \quad [6]$$

onde:

q_{cond} , q_{conv} , q_{rad} = calor transmitido por condução, convecção e radiação;

q_{evap} = calor transmitido devido à evaporação;

T_{se} , T_{si} = temperaturas das superfícies externa e interna;

k = condutibilidade térmica do material da parede;

ε = emissividade da superfície da parede;

σ = constante de Stefan- Boltzmann, $5,67 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$;

h_{iv} = calor latente de vaporização da água;

C_{dif} = coeficiente de difusão;

p_s , p_a = pressão de saturação da água à temperatura da superfície e pressão parcial de vapor do ar no ambiente interno.

2.5.2 - Trocas Térmicas em uma Instalação Avícola

A primeira condição de conforto térmico, em climas quentes, ou durante o verão, é que o balanço térmico seja nulo, ou seja, o calor produzido pelo organismo animal, mais o calor ganho do ambiente, seja igual ao calor perdido através das trocas térmicas por radiação, convecção, condução e evaporação e do calor contido nas substâncias corporais eliminadas.

Em condições quentes, o projeto de ventilação deve ser elaborado de modo a ter uma vazão máxima possível para retirar todo excesso de calor e para uma renovação eficiente do ar, retirando os gases produzidos e o excesso de umidade. Dessa forma, em condições de clima quente, a ventilação é fundamental na dissipação do calor proveniente das instalações e dos animais.

2.6 - Produção de Calor e Umidade

A manutenção da temperatura corporal constante exige o controle de ambos: produção e perda de calor. Quando os homeotermos produzem calor na mesma quantidade em que o cedem para o ambiente ao seu redor, a temperatura corporal se manterá constante. Isto significa que, sempre que houver um aumento da perda de calor, sua produção de calor terá que aumentar na mesma proporção. Da mesma forma, se a produção de calor aumentar, terá que ocorrer um aumento imediato na perda de calor para impedir que a temperatura corporal aumente.

A temperatura interna das aves normalmente é superior à temperatura ambiente. Mas, considerando as condições ambientais de um clima tropical, e que as aves têm o corpo coberto por um bom material isolante, as penas, e ainda, que as aves são criadas em alta densidade populacional, é fácil admitir que na avicultura industrial o grande problema é com a perda de calor.

Considerando que o principal mecanismo de perda de calor nas aves em temperaturas elevadas, ocorre através da evaporação por via respiratória, é obvio que a capacidade da ave para suportar o calor e varia com o inverso do teor de umidade relativa do ar. E ainda, considerando que a decomposição microbiana de ácido úrico que resulta em amônia e gás carbônico é favorecida pela alta umidade, conclui-se que a alta umidade relativa do ar constitui um fator negativo para a produtividade avícola.

Em temperaturas elevadas há um aumento da frequência respiratória com conseqüente aumento da perda de calor por evaporação. Essa maior perda de água por evaporação, induz a ave a aumentar a ingestão de água, o que torna as fezes mais líquidas e, conseqüentemente, mais umidade é adicionada ao ar, intensificando a dificuldade de perda de calor por via evaporativa.

Os componentes que mais contribuem para a alta umidade das instalações avícolas são: a quantidade de água eliminadas nas fezes, a água evaporada via respiratória e a o vapor de água contido no próprio ar. A produção de umidade pelas aves está diretamente relacionada com a temperatura ambiente. Apesar do grande número de fatores que afetam o teor de umidade das fezes, considera-se que, nas condições de ambiente da zona de conforto ou próximo a essa, as fezes produzidas por frango de corte contém 60% a 70% de água.

2.7 - Índices de Conforto Térmico

Em pesquisa na área de ambiência, ferramentas muito utilizadas são os índices de conforto animal que facilitam a análise dos dados coletados. Esses índices têm como vantagem apresentar valores que envolvam uma ou mais variáveis pesquisada.

Para esse trabalho, serão usados os seguintes índices: Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) e Índice Bioclimático (IBC).

2.7.1 – Índice de temperatura de globo negro e umidade - ITGU

O índice de temperatura de globo negro e umidade (BUFFINTON *et al.*, 1981 e SEVEGNANI, 1997), é um índice físico que relaciona a temperatura de globo negro (que demonstra o efeito na temperatura devido a radiação, T_g em K) e a Temperatura de Ponto de Orvalho (T_o em K). Essa temperatura de orvalho indica a temperatura em que haverá precipitação, isto baseado na temperatura ambiente, pressão barométrica e umidade, ela foi obtida, também, pelo “software” Psicrom, da mesma forma que foram os valores da umidade relativa e da entalpia. O ITGU é determinado pela equação:

$$ITGU = T_g + 0,36 T_o - 330,08 \quad [7]$$

2.7.2 – Índice Biofísico - IBC

Foi relatado por TEXIER *et al.* (1979), que o IBC é um índice biofísico indicador da condição do animal em relação ao ambiente. Esse índice é determinado em função das variáveis físicas: temperatura de bulbo seco (T_{bs} , °C), umidade relativa do ar (UR, %), velocidade do vento (v , m/s), e das constantes biológicas: peso do animal (P , kg) e temperatura corporal (a , °C). O IBC é dado pela equação:

$$IBC = 0,89 T_{bs} + 0,05 UR - 1,81 v + 0,02 P - 0,543 a \quad [8]$$

Se esse índice for zero indica que o animal está na faixa de termoneutralidade, e quanto maior for esse número, maior será o estresse térmico.

2.7.3- Temperatura de globo negro - BGT

O termômetro de globo negro ou globo-termômetro fornece, numa só medida, indicação dos efeitos combinados de temperatura do ar, temperatura radiante velocidade do vento (BOND e KELLY,1955). Provê uma medida indireta do calor radiante do ambiente e a leitura é expressa em termos de temperatura de globo negro, em °C.

2.8- Sistemas de ventilação para granjas de frangos.

O fluxo de ar sobre as aves ajuda a resfriá-las em períodos quentes, mas deve ser mínimo em épocas frias. Entretanto, algum fluxo de ar sobre as camas ou esterco, em períodos frios, é extremamente útil no controle da umidade e níveis de amônia. Esse fluxo moderado de ar interior também pode reduzir a estratificação da temperatura, e trazer o ar mais aquecido para próximo do solo. O resfriamento evaporativo, tanto com nebulização ou painéis úmidos, reduz a temperatura e aumenta a umidade, o que pode proporcionar um resfriamento muito necessário em épocas quentes.

A ventilação, que é o movimento de ar através (para dentro e para fora) de um galpão, é essencial para transportar o calor, umidade, amônia, poeira, e outras substâncias transportadas pelo ar para fora desse. A mistura do ar é parte do sistema geral de ventilação, já que o ar dentro do galpão deve ser bem misturado para evitar que existam áreas onde o calor, umidade, ou contaminantes, permaneçam concentrados, e assegurar que sua remoção seja eficiente. Os sistemas de ventilação para galpões avícolas podem ser tanto naturais como mecânicos.

2.8.1- Ventilação forçada

A ventilação natural forçada é usada na maioria dos galpões no Brasil. Geralmente, são usados ventiladores suspensos no interior do galpão para aumentar a velocidade do ar sobre as aves. As cortinas são abertas para permitir o fluxo de vento. Segundo BOTTCHER *et al.* (1996), alguns problemas encontrados são:

- Se existir árvores por perto ou se os galpões estiverem muito próximos, a velocidade do vento pode ser muito baixa. Um princípio importante da ventilação é que o vento irá fluir por uma obstrução por uma distância horizontal de aproximadamente 3 a 4 vezes a altura da obstrução, antes de mover-se para baixo em direção ao chão. Se a obstrução for uma área com árvores, os galpões deveriam, na verdade, estar a uma distância de pelo menos 4 vezes a altura das árvores. Isto também se aplica aos galpões e plantações; os galpões com uma altura de cumeeira de 5 m idealmente, devem estar pelo menos 20 m separados entre si.
- Se não forem usados ventiladores suficientes no interior do galpão para dar uma cobertura de ar de alta velocidade na maior parte do piso, as aves se agruparão em áreas perto dos ventiladores. Desse modo, na maioria dos galpões avícolas, seria necessário um grande número de ventiladores para cobrir completamente o piso com velocidades de ar elevadas.
- A nebulização não é tão eficiente quanto a ventilação por túnel, já que o vento nem sempre está disponível para evitar que a umidade molhe bastante o piso (de modo que o índice de umidificação em um galpão naturalmente ventilado pode ser apenas 1/3 do índice de um galpão com ventilação por túnel). Também a nebulização em um espaço com baixa

velocidade do ar, onde os ventiladores para mistura não estão movendo o ar e quando o vento parou de soprar, molha o piso e as aves, produzindo efeitos negativos.

- Os painéis de resfriamento evaporativo não podem ser usados (requerem uma pressão estática para sugar o ar entre eles).

As principais vantagens da ventilação natural são:

- Frequentemente é menos dispendioso para o criador já que os ventiladores suspensos não necessitam ser de tão alta qualidade, como os ventiladores da ventilação de tipo túnel que devem mover o ar contra uma pressão estática (de modo que possam ser usados ventiladores mais velhos, por exemplo). Também, abrir buracos nas paredes para os ventiladores e entradas de ar é dispendioso, e os custos com energia elétrica facilmente podem ser maiores com ventilação de túnel.
- O risco devido às falhas de energia não é tão grande quanto com a ventilação de tipo túnel.

2.8.2 – Ventilação tipo Túnel

A ventilação de tipo túnel é uma forma de ventilação mecânica na qual os exaustores estão em uma extremidade do galpão e as entradas de ar na outra extremidade, de modo que o ar flui ao longo do comprimento do galpão em uma velocidade relativamente alta.

Quando as entradas de ar estão ao longo das paredes laterais na extremidade oposta dos ventiladores de túnel; por exemplo, com cortinas usadas para entrada de ar (BOTTCHER e CZARICK, 1997), pode resultar na formação de espaços mortos de ar abaixo das entradas de ar ao longo das paredes laterais. A ventilação de tipo túnel pode ser benéfica em climas quentes, mas geralmente não é apropriada para clima frio nem para animais muito jovens. Nas taxas reduzidas de ventilação usadas em clima frio, o ar demoraria muito tempo para se mover através do galpão, resultando em ar frio e condensação nas camas em uma das extremidades, e ar mais quente e deteriorado na outra. A ventilação durante tempo frio normalmente envolve poucos ventiladores nas paredes com entradas de ar distribuídas ao longo das beiradas

2.9 – Alta densidade

Nas condições brasileiras é comum a densidade de 12 frangos/m² em média, que são abatidos ao redor de 40 dias de idade com, aproximadamente, 2,30 kg. Isso significa 27,60 kg de frango/m² de instalação no sistema de criação convencional. O sistema de criação de frangos em alta densidade tem um rendimento produtivo de até 40 kg de carne/m², ou seja, um aumento de 33,5% na produção de ave viva na mesma área e no mesmo período de tempo. Isso possibilita uma melhor relação custo/benefício para o sistema em alta densidade pela maior produção de carne em uma menor área de instalação, o que favorece ao produtor, além da maximização de seus ganhos, otimização de sua instalação e redução dos custos, alcançar menor tempo na amortização dos seus investimentos.

O adensamento, além de melhorar os ganhos dos produtores, pode atuar diretamente na redução de índices zootécnicos de produção e na qualidade de carcaça.

Uma questão que deve ser abordada nesse novo sistema de criação, é a viabilidade operacional e econômica para a obtenção do conforto térmico ideal para aves. Alguns mecanismos auxiliares são usados, até com certo êxito.

As granjas avícolas possuem, de maneira geral, ventiladores para uma melhor renovação do ar, bem como para oferecer uma sensação de conforto térmico aos frangos. Muitas vezes, os ventiladores são utilizados de maneira incorreta, seja pela localização ineficiente, instalação incorreta ou capacidade diferente da necessária. Por isso, grandes áreas dentro de um aviário podem ser prejudicadas, não recebendo ventilação e, conseqüentemente, a renovação de ar necessária ou recebendo em excesso.

A má localização dos sistemas de ventilação pode causar transtornos às aves. A incidência direta do vento sobre o dorso pode ter diversas conseqüências, desde mudança de comportamento, até problemas fisiológicos, implicando em perda de apetite e queda na produtividade.

Os países de clima frio e de avicultura desenvolvida têm praticado o adensamento em galpões climatizados, com as condições ambientais controladas. Como alternativa para a redução dos custos e o aumento da produtividade tem-se implantado a criação de frangos de corte em alta densidade. Os testes de implantação em países como os Estados Unidos

comprovaram que é possível produzir mais carne em menor área de ocupação, utilizando sistemas climatizados em galpões fechados (GATES, 1998).

As citações de pesquisas efetuadas com criação de frangos em alta densidade em sistemas climatizados confirmaram a eficiência no rendimento produtivo. No entanto, para a avicultura brasileira a implantação da climatização requer algumas adaptações de equipamentos devido ao custo elevado das instalações. Em pesquisas desenvolvidas por NÄÄS (1996), observou-se que na época de verão é quando ocorre a maior queda de produtividade das aves e a solução do problema poderia ser o emprego da semi-climatização, como alternativa para as criações adensadas.

Durante os períodos críticos de temperatura as aves utilizam o seu sistema termo-regulador - (circulação sanguínea mais periférica, abertura das asas e do bico) - como reação ao estresse calórico, visando a manutenção da estabilidade térmica. Na criação em alta densidade, as condições de ambiência devem ser criteriosamente monitoradas com o acompanhamento da temperatura, da circulação de ar no interior dos galpões, do fornecimento de água tratada continuamente, além de outras medidas que possibilitem o bem estar das aves.

No Brasil prevalece o calor na maior parte do ano e para tornar a criação adensada produtiva, torna-se relevante que o estímulo às novas pesquisas e informações técnicas sejam melhor detalhadas, na determinação do adequado adensamento, da distribuição eficiente dos equipamentos e dos parâmetros de avaliação do bem estar das aves.

III. – MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho experimental foi desenvolvido em duas etapas. Uma primeira etapa consistiu em simular em protótipos em escala reduzida e distorcida o comportamento termodinâmico de uma instalação comum de avicultura de corte com alta densidade nas últimas semanas que antecedem o abate, comparando diferentes sistemas de ventilação forçada. Foi elaborado um modelo matemático com os dados de produção (ganho de peso e mortalidade) simulados.

Com os resultados obtidos na primeira etapa, de simulação, foi escolhida uma granja de avicultura de corte, onde foram adaptados dois galpões para estudo do sistema de ventilação forçada tipo túnel com alta densidade. Com os dados na escala real da segunda etapa, foram validados e melhorados os modelos matemáticos desenvolvidos anteriormente.

SIMULAÇÃO EM PROTÓTIPOS A ESCALA REDUZIDA E DISTORCIDA – 1ª ETAPA

3.1 - Instalação dos protótipos em escala reduzida e distorcida

O modelo distorcido é a reprodução de um modelo em escala natural onde mais de uma escala é utilizada para descrever uma determinada dimensão. Segundo MURPHY (1950), as condições ideais para se trabalhar com modelos em processos termodinâmicos são:

1. que haja similaridade entre as proporções de comprimento e largura do espaço em questão;
2. que a variação de temperatura seja conhecida no modelo e sua eventual resposta em escala real.

Para cumprir com *essas* condições foi realizado um estudo preliminar, no qual, através de modelagem matemática, chegou-se a curvas isotérmicas do comportamento das temperaturas no modelo e sua resposta em escala real. A Tabela 2 mostra o resultado das medidas adotadas para as escalas real e distorcida.

Tabela 2: Dimensões dos modelos em escala real e distorcida.

DIMENSÕES	ESCALA (m)		
	1:1	1:10	1:2
Largura	14,0	1,40	-
Comprimento	30,0	3,0	-
Pé direito	3,0	-	1,5
Altura da parede	0,8	-	0,1
Espessura da parede	0,2	-	0,1
Beiral	1,0	-	0,5

1:1 = Escala Real

1:10= Escala distorcida horizontal

1:2 = Escala distorcida vertical

Os protótipos foram instalados com orientação leste-oeste em solo gramado na área experimental de Ambiência, da FEAGRI – UNICAMP, dispostos como mostra a Figura 8.



Figura 8. Disposição dos protótipos em escala na Área Experimental.

Os três protótipos representados na Figura 8, obedecem à seguinte ordem:

1. Densidade de 20 frangos/m², ventilação axial, laterais maiores fechadas com cortinas, nebulização.
2. Testemunha, densidade de 10 frangos/m², ventilação natural, laterais maiores abertas.
3. Densidade de 20 frangos/m², ventilação centrífuga, laterais maiores fechadas com cortinas, nebulização.

Foram colocadas telhas de cimento-amianto e pintadas com tinta látex branco, seguindo as indicações de SEVEGNANI (1997).

3.2 - Equipamentos para Obter o Conforto Térmico

3.2.1 - Instalação de ventiladores e nebulizadores

Foram instalados dois ventiladores centrífugos, mostrados na Figura 2, não muito usuais no mercado, no protótipo 3. A saída do ar desse ventilador centrífugo é composto de dois conjuntos de aletas, uma linha de 5 aletas na horizontal e outra de 14 aletas na vertical (Figura 9) que levam o fluxo de ar em direções diferentes, de acordo como são posicionadas, podendo ser alteradas de acordo ao andamento do projeto, conforme as necessidades de ventilação. Esses ventiladores foram fornecidos pela empresa fabricante (Venturi) sendo sua vazão máxima de 1 m³/min, dimensionados especialmente em escala reduzida para o projeto, a partir do modelo original cujas especificações são:

Vazão: 16 (m³/min)

Pressão: 78 (mm.c.a)

Potência: 0,33 (CV)

Voltagem: 220/380 V.

Para que esse ventilador não recebesse radiação solar direta, foi feita uma cobertura isolante com duas camadas, uma de isopor e uma outra de chapa de alumínio.

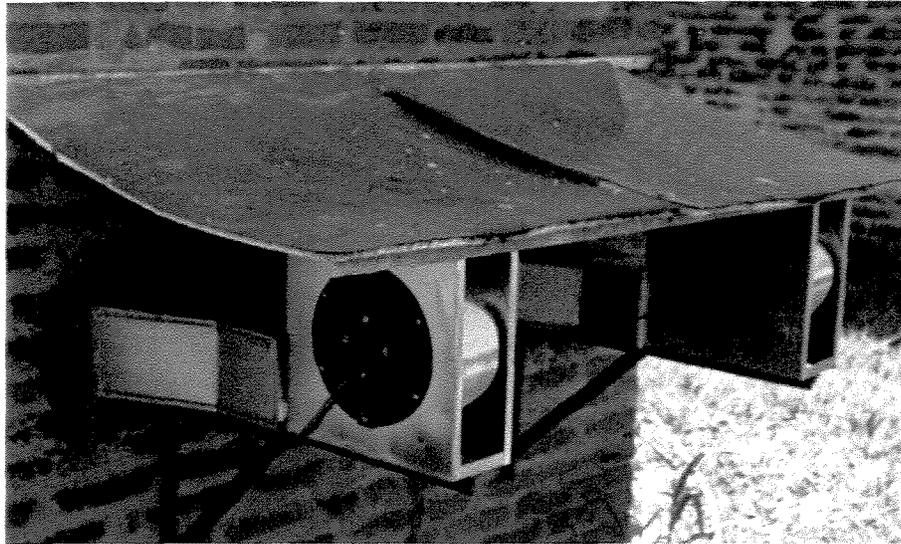


Figura 9. Ventiladores centrífugos instalados no protótipo 3.

Não foram instalados exaustores e sim duas saídas de ar colocadas em alturas diferentes. Essas saídas de ar apresentam aletas horizontais, também direcionáveis, porém, desde o início do projeto foram posicionadas num ângulo de 180° em relação à abertura (Figura 10).



Figura 10. Entrada e saída do ar no protótipo com ventilador centrífugo.

No protótipo 1, foi usado um ventilador axial comum, tipo doméstico, com a mesma potência dos anteriores, direcionado de maneira a não atingir diretamente as fontes de calor (frangos), passando só na altura deles, já que os objetivos da ventilação são a renovação do ar

e a dissipação da nebulização, sendo inconveniente a formação de correntes e a ventilação direta sobre os frangos, pois isto incomoda-os e afeta seu comportamento e sua saúde.

Para a instalação do sistema de nebulização foram utilizados os seguintes equipamentos:

- 1 bomba KSB P500 ($\frac{1}{2}$ CV);
- 4 bicos nebulizadores bocal azul, dois em cada protótipo;
- 1 filtro;
- 1 temporizador com contacto;
- 1 temporizador para liga e desliga da bomba.

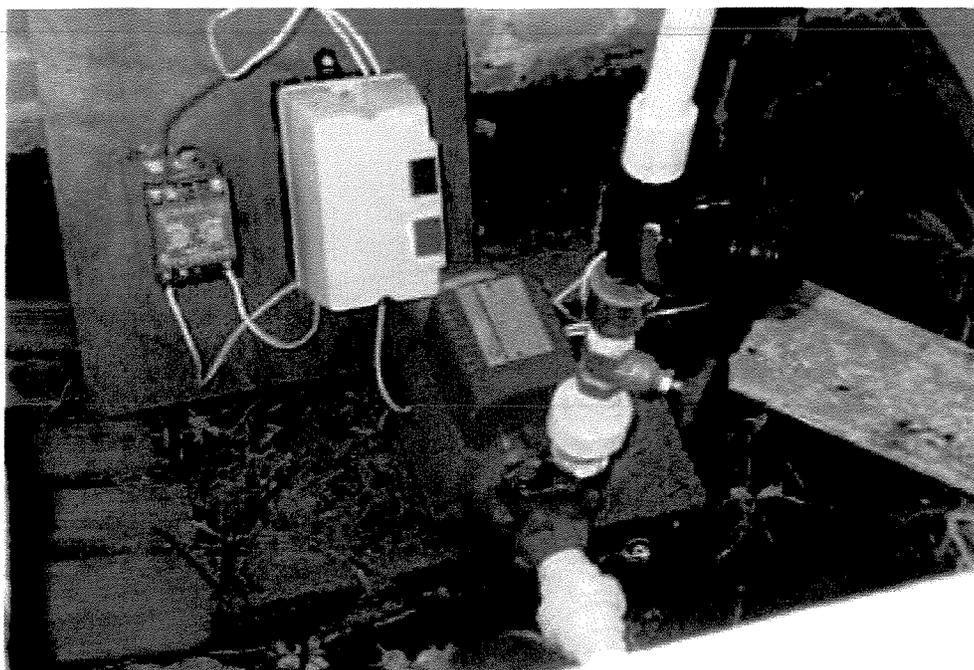


Figura 11. Conjunto de bomba e temporizador para nebulização.

Foram colocados quatro bicos nebulizadores (dois em cada protótipo) tipo Foggers, bocal azul com válvula anti-gota (LPD de baixa pressão), de fabricação israelense. Esses foram instalados de maneira que permitissem uma distribuição homogênea da água, a uma altura que não chegasse a molhar a cama.

O sistema de ventilação, assim como os nebulizadores, funcionaram somente no período crítico do dia, quando a temperatura de bulbo seco (Tbs) superava os 27 °C, acionados por um temporizador. A bomba era acionada durante o período de temperaturas críticas, a cada

6 minutos, permitindo a nebulização por três segundos. Esse intervalo pode parecer pequeno, mas, se aumentado, a cama de frango ficava molhada.

3.2.2 - Instalação das cortinas

Segundo BUXADÉ (1988), a maior velocidade de crescimento em frangos de corte acontece em presença de luz verde ou azul. Usando cortinas com essa coloração pode-se conseguir um ambiente favorável, considerando que as mesmas ficarão fechadas a maior parte do tempo. Embora PERDOMO (1998) recomenda a cor verde clara, por causa da melhor dispersão térmica e da sensação de bem estar dos animais, escolheram-se cortinas azuis, devido a serem *essas* mais representativas daquelas usadas nos galpões da região.

Foram instaladas cortinas em dois modelos, (protótipos 1 e 3), mostrados na Figura 8. Na primeira face, as cortinas foram mantidas com uma abertura de 15 cm na altura, equivalente a 30 cm na escala real. A seguir, foram fechadas totalmente para simular o sistema túnel.

3.3 - Simulação da Temperatura do Frango

Segundo HELLICKSON e WALKER (1983), a perda de calor, para um frango com 2,40 kg, é de 5,8 W/kg, no caso das instalações fechadas (protótipos 1 e 3). Simulando uma densidade de 20 frangos/m², considerando a área 4,2 m², foram utilizadas 20 lâmpadas de 60W, distribuídas ao longo da instalação como mostra a Figura 12, mantendo uma distribuição homogênea do calor.

No caso do protótipo testemunha (2), no qual se simulou uma densidade de 10 frangos/m², foram utilizadas 10 lâmpadas de 60 W, seguindo a mesma metodologia de cálculo.



Figura 12. Disposição dos termopares e termômetro de máxima e mínima no interior dos modelos.

3.4 - Equipamentos para coleta de dados ambientais

Os equipamentos para medir os dados meteorológicos no interior do protótipo, foram instalados no centro geométrico da área desse, por ser o ponto de simetria. Conforme foi instalado o sistema de iluminação, supõe-se que esse seja o melhor local representativo do calor liberado pelos frangos. A Figura 12 mostra a altura média baixa, de 24,5 cm, onde foram colocados os equipamentos, devido à escala da instalação, e para representar os dados ambientais para a altura do frango.

Foram instalados termômetros de máxima e mínima e três termopares tipo 'J' em cada modelo, sendo um termopar para determinar a temperatura de bulbo seco, outro para a temperatura de bulbo úmido e um terceiro para a temperatura de globo negro. No caso do termopar para a temperatura de bulbo úmido foi incorporado um chumaço de algodão que fica dentro de um recipiente com água destilada. Assim mesmo para o termômetro de globo usou-

se uma bóia de plástico pintada com tinta negra fosca, ficando o termopar no centro geométrico da mesma.

Como cama de frango, colocou-se serragem e maravalha, mantendo-a com 80% de umidade (bu), que equivale à umidade da cama numa instalação com alta densidade, nas últimas semanas. Para determinar a umidade da cama foi utilizado o método adotado por ABREU *et al.* (1994), que consiste em coletar três amostras homogêneas de aproximadamente 30 gramas, de cada protótipo, levá-las à estufa, a uma temperatura de 103 °C, com precisão de mais ou menos 1°C, permanecendo por 12 horas, posteriormente pesa-se a amostra seca. A umidade é determinada pela relação:

$$U = \frac{MU - MS}{MU} * 100 \quad [9]$$

onde:

MU = massa úmida (kg);

MS = massa seca (kg);

U = umidade (%).

Para manter constante a umidade do protótipo foi determinada uma média da perda, utilizando também o método da estufa, chegando aos seguintes resultados:

- um dia: 61%, precisando adicionar 28 litros de água;
- dois dias: 42,5%, adicionava-se 38 litros;
- três dias: 28.5%, adicionava-se 42 litros.

A Figura 13 mostra o sistema de aquisição de dados ao qual foram ligados os termopares. Esse sistema consta de um Scanning Thermocouple Thermometer, modelo 692-8010, da Barnant Company, com 12 canais, programado para leitura a cada 15 minutos. As leituras foram registradas num PC, e analisadas posteriormente pelo programa Excel, da Microsoft.

Esses equipamentos, porém, foram substituídos, devido ao fato dos termopares usados anteriormente (tipo J) apresentarem problemas com a umidade, aparecendo oxidação nas conexões, que acarretaram em erros de dados.

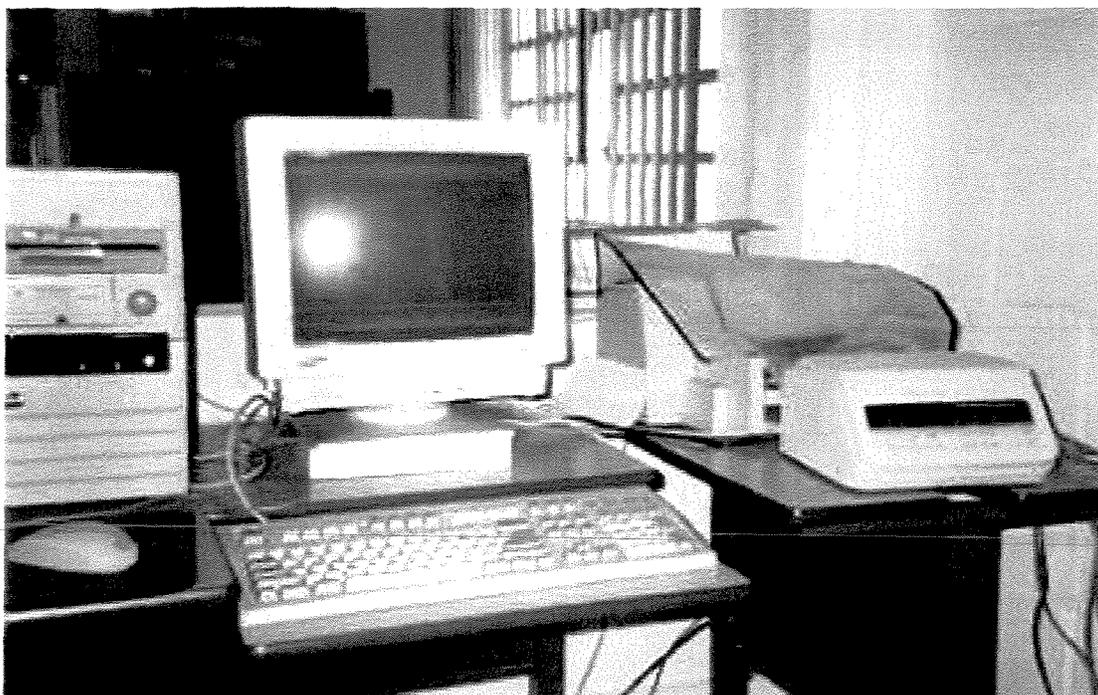


Figura 13. Sistema de aquisição de dados inicial.

Para resolver esse problema foram adquiridos e instalados registradores de temperatura com sensor interno e com ponta de prova, da DIDAI, apresentados na Figura 14, os quais, por serem selados e de plástico, ficaram isolados e imunes à umidade.

Uma outra vantagem desses sensores, é que eles guardam a informação internamente, o que facilita a instalação no campo, já que não precisam de um computador para a armazenagem dos dados, só para a leitura deles. Programando a coleta de informação a cada 15 minutos, como foi no caso dos termopares, esses sensores permitem o registro durante 82 dias, tempo superior à duração dos lotes de frangos a serem estudados.

Esses aparelhos foram adaptados, da mesma maneira que os anteriores, para medir temperatura de bulbo úmido e de globo negro, incorporando aos registradores com sensor externo, um chumaço que se mantinha úmido e uma bola plástica pintada com tinta negra fosca.

TempRecord II™ Registrador de Temperatura - Sensor Interno



Uso Geral

P/N 1000

- Memória de 7 935 amostragens por uso
- Range de Temperatura entre -23°C a 60°C

Científico

P/N 2000

- Memória de 32 511 amostragens por uso
- Range de Temperatura entre -40°C a 75°C

TempRecord II™ Registrador de Temperatura – Ponta de Prova



- Ponta em aço inox - 12 cm de comprimento, 5 mm de diâmetro e cabo de 85cm
- Range de Temperatura entre -50°C a 110°C

Uso Geral

P/N 1050

- Memória de 7 935 amostragens por uso

Científico

P/N 2050

- Memória de 32 511 amostragens por uso

Científico - Super-Cool

P/N 2055

- Range de Temperatura Estendida entre -90°C a 110°C

Figura 14. Registradores utilizados.

3.5 - Calibração dos Termopares

Tanto os termopares tipo J, como os da marca Didai, foram calibrados com o auxílio do Laboratório de Termodinâmica da FEAGRI, seguindo o seguinte procedimento:

1. Foi confeccionado um “banho – maria” utilizando uma caixa de isopor de 19 cm x 10 cm x 13,8 cm contendo gelo picado e água (para aumentar a superfície de contato com o gelo), fechada com uma tampa também de isopor que serviu de suporte para os outros componentes: termômetro de mercúrio considerado como padrão (Certificado de calibração fornecido pela Calibratec) com escala de -10,7 °C a 50,7 °C e leitura de 0,1 °C; sensor a ser calibrado; um resistor blindado (utilizado para aquários ornamentais) para o aquecimento do banho.
2. Para a homogeneização da temperatura da mistura da água e gelo, foi desenvolvido uma espécie de misturador formado por uma haste de cobre em cuja extremidade colou-se um retângulo de alumínio de 2,5 cm de comprimento por 1,5 cm de largura. O movimento rotativo foi obtido fixando a haste ao mandril de uma furadeira elétrica (Bosch, 110 V, 360 W, 420 / 1000 rpm e ϕ de 13/8 mm) com velocidade controlada por um transformador

variador de voltagem ligado em paralelo a um voltímetro regulado em fundo de escala 220 V.

3. A calibração foi iniciada a partir de temperatura da água igual a 0 °C, passados 30 min de rotação do misturador, equivalente a uma tensão de 17 V. Iniciava-se então o processo de medição e começava-se a fornecer energia ao resistor com uma potência aparente constante de 74,25 VA, provocando uma elevação da temperatura que permitiu a coleta de dados do sensor e do termômetro padrão até atingir a temperatura de 50 °C.
4. A equação de calibração foi determinada por meio de regressões entre o sinal gerado pelo sensor de temperatura e a leitura do termômetro de mercúrio. Foram realizados dois ensaios de calibração e determinaram-se duas regressões para calibração. A primeira regressão foi obtida com o auxílio do programa EXCEL 7.0 da Microsoft, e a outra utilizando o software Table Curve 2D. Foi escolhida, para cada termopar, a equação que apresentou o melhor coeficiente de correlação e foi incluída no programa de aquisição de dados, calibrando assim o sensor.

3.6 - Dados Coletados

Foram coletados, a cada 15 minutos, dados de temperaturas de bulbo seco, bulbo úmido e de globo negro no interior dos três protótipos em escala. Também foi coletada a temperatura de bulbo seco na parte exterior. Essas medições foram efetuadas a partir de outubro de 1998 até novembro de 1999, das 7:00 horas até as 19:00 horas.

Devido ao grande número de dados coletados, os cálculos das variáveis entalpia, umidade relativa e temperatura de ponto de orvalho, necessárias para a determinação dos índices de conforto térmico, foram efetuados através do *software* "Pollitos", criado especificamente para esses cálculos. Pôde-se determinar as variáveis citadas antes, a partir dos dados das temperaturas de bulbo úmido e bulbo seco, habilitando a análise final do micro-ambiente gerado pelo uso dos dois sistemas.

ADAPTAÇÃO DE GALPÕES PARA SISTEMA DE VENTILAÇÃO FORÇADA TIPO TÚNEL – ETAPA 2

A segunda etapa dos experimentos consistiu na coleta de dados em escala real. Para isto, foram escolhidos dois galpões (G1 e G2) da granja "Sítio Matueté" localizada a 47°37'52" de longitude Oeste e 22°24'54" de latitude Sul, no município de Rio Claro - SP a cerca de 100 km de Campinas. A escolha dessa instalação deveu-se a uma maior disposição do proprietário quanto ao uso e modificação da sua propriedade, tendo em vista que a região é também muito similar climatologicamente a Campinas, onde se realizou a primeira etapa.

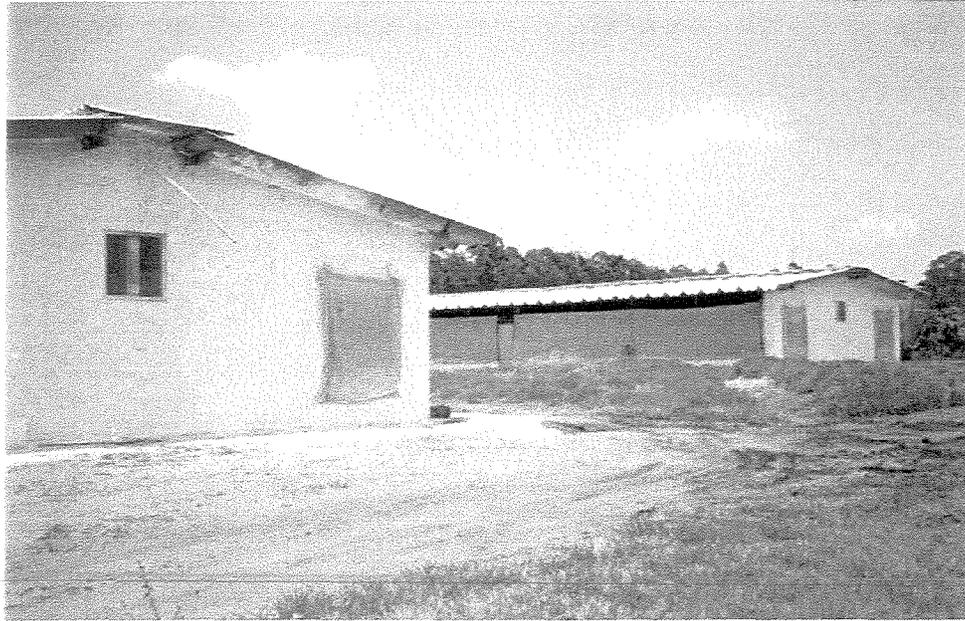
Os dois galpões escolhidos (Figura 15) orientados leste - oeste (L – O) de 115 m x 12 m, telhado de fibrocimento de telhas tipo Kalhetão pintadas de branco e com lanternim, cama de maravalhas de madeira, oitão da face oeste aberto e laterais abertas com manejo de cortinas. Esses galpões dispunham de um sistema de ventilação composto por oito ventiladores axiais de 1 HP no sentido do vento predominante no local (L - O), assim como duas linhas de nebulização de baixa pressão. A densidade comumente usada nos dois galpões era de treze frangos/m².

No galpão G1 manteve-se a densidade de 13 aves/m², alojando aproximadamente 18 mil pintos de um dia. O galpão G2 foi adaptado para aumentar a densidade para 18 aves/m², sendo alojados no primeiro dias mais de 25 000 pintinhos, considerando as perdas naturais dos primeiros dias.

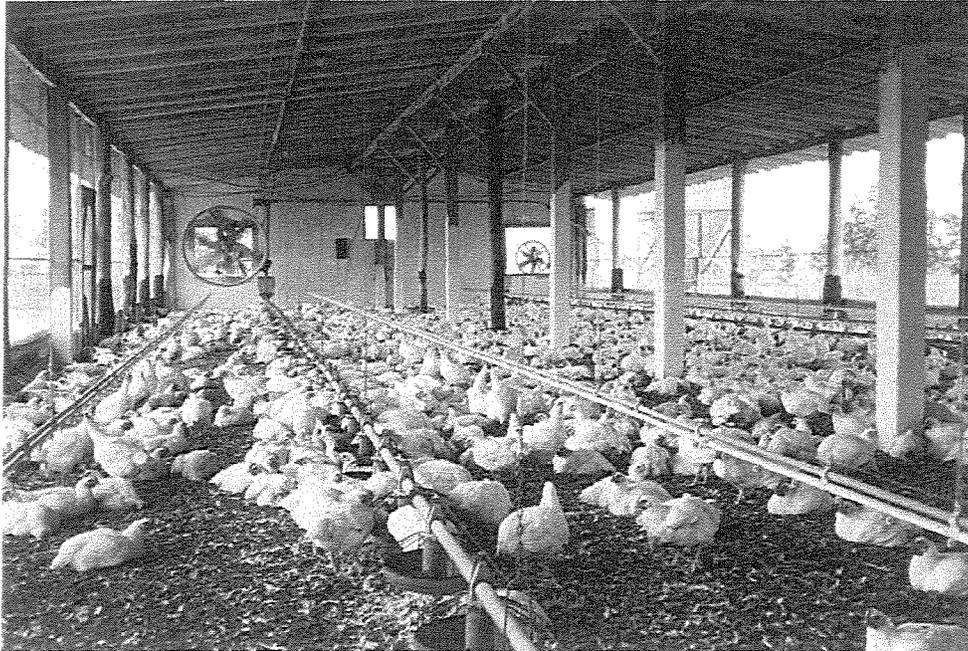
Para cada lote de produção foi realizada a distribuição aleatória e proporcional dos pintos nascidos no mesmo dia em lote misto (machos e fêmeas), de acordo com a sua origem no lote de matrizes e pertencentes a três linhagens: Hy-Yield, Avian Farms e AgRoss (Tabela 3). Isto foi possível porque a empresa integra todas as etapas de produção, desde o matrizeiro até o abatedouro.

Tabela 3. Distribuição das linhagens de aves nos 5 lotes avaliados, em %.

Lotes	Hy-Yield	Avian Farms	AgRoss
Lote 1	23,93	76,07	-
Lote 2	11,15	88,85	-
Lote 3	-	60,18	39,82
Lote 4	-	54,26	45,74
Lote 5	-	52,83	47,17



a



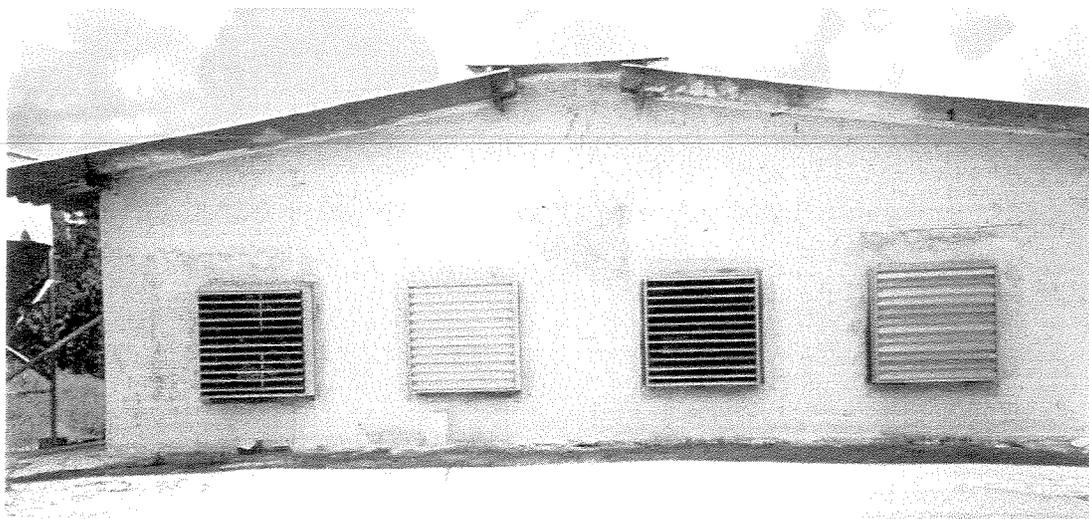
b

Figura 15. Vista dos galpões escolhidos. a) exterior; b) interior.

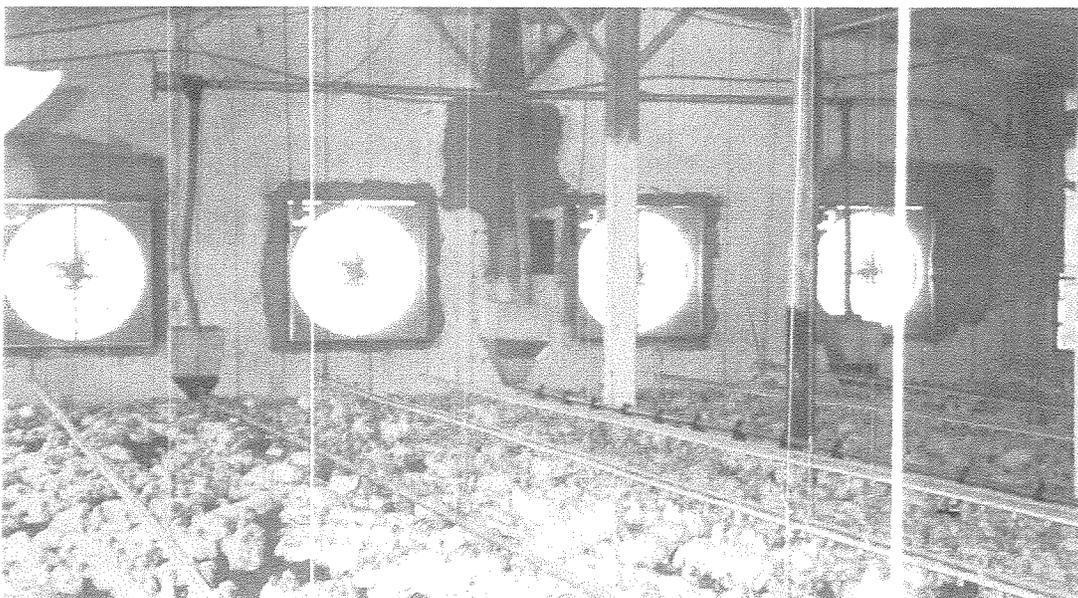
3.7 - Adaptação para ventilação túnel do galpão G2

Em decorrência das conclusões obtidas na primeira etapa, foi instalado um sistema de ventilação tipo túnel, com ventiladores axiais e nebulização no galpão G2 mostrado na Figura 15. O sistema de ventilação instalado constava dos seguintes componentes:

- 4 exaustores de 1,5 HP (Figura 16). Esses exaustores tinham como principal objetivo extrair o calor e a umidade de dentro do galpão criando um túnel de vento através de uma pressão negativa. Foram instalados na face leste e não do lado oeste, como deveria ser para seguir o sentido predominante do vento na região. Isto se deveu ao fato do prato com sensor estar localizado no extremo oeste e temeu-se que, com o barulho dos exaustores, as aves assustadas fugissem deixando o prato cheio, o que provocaria o não acionamento do alimentador, os outros pratos ficariam vazios e, em consequência, as aves teriam conversão alimentar ruim pelo baixo consumo.



a



b

Figura 16. Vistas do exterior (a) e interior (b) dos exaustores de 1,5 HP instalados no galpão G2.

- 5 ventiladores axiais tipo Tufão de 0,5 HP (Figura 17): Esses ventiladores foram colocados a uma altura de 60 cm do chão na face oeste, opostos aos exaustores e tendo como função auxiliar a entrada de ar no galpão. A parte superior dos ventiladores até o teto, foi vedada com cortina.

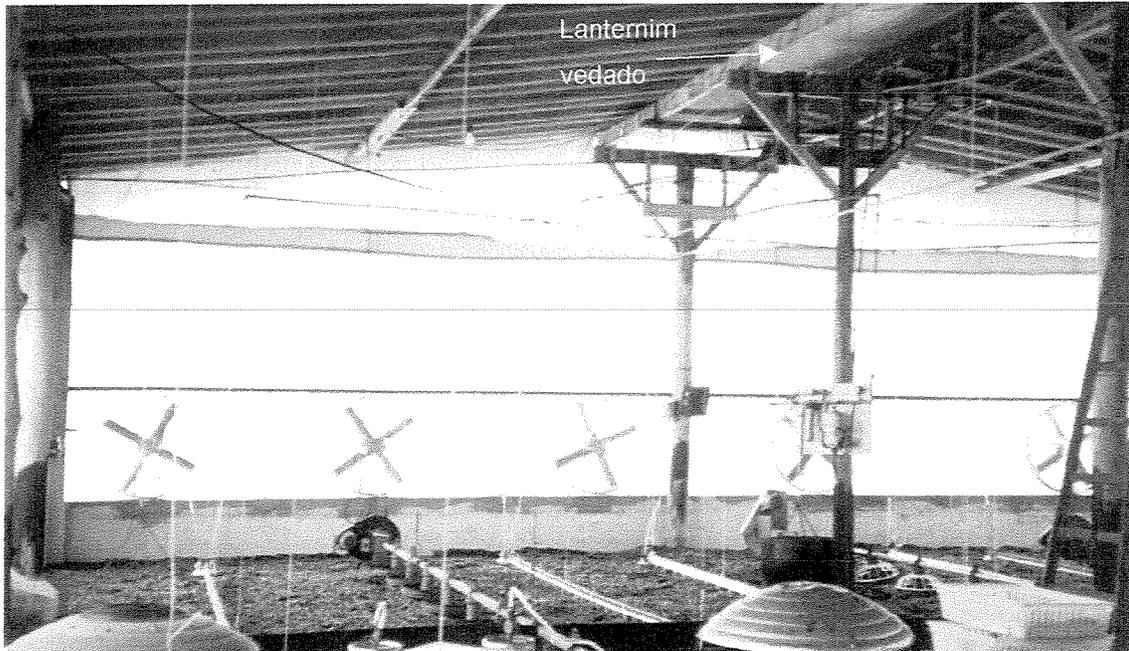


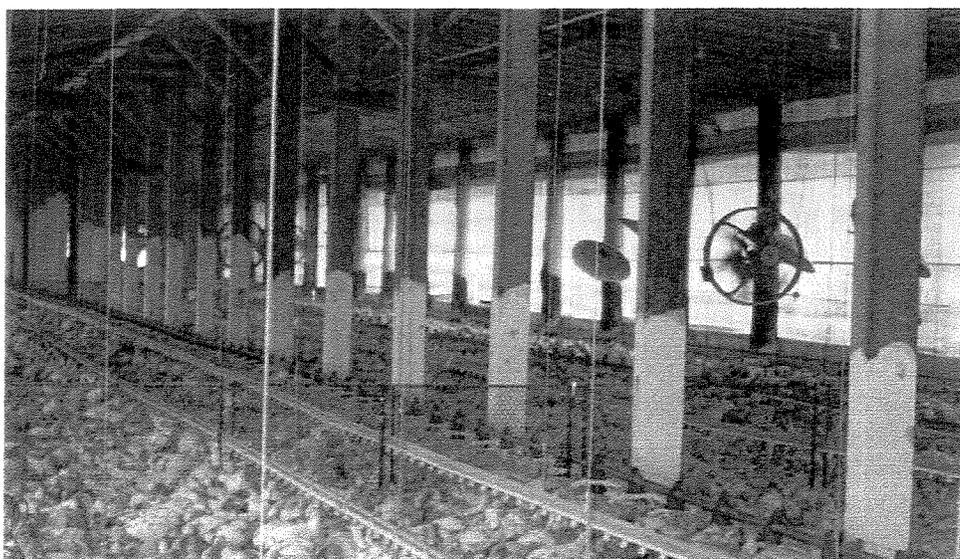
Figura 17. Vista interior dos ventiladores da cabeceira.

- 8 ventiladores axiais tipo Tufão de 0,5 HP (Figura 18b): Distribuídos alternadamente no interior do galpão, foram utilizados os mesmos ventiladores instalados inicialmente, só mudando o sentido, pelo exposto anteriormente. O objetivo desses ventiladores internos era criar uma turbulência no interior do galpão, “empurrando” o ar até os exaustores, pois devido à altura do pé direito era praticamente impossível criar um túnel de vento. O mais indicado nesse caso é colocar um forro que diminua essa altura, mas o proprietário negou-se a instalá-lo argumentando a possibilidade de aparecimento de ratos nesse forro. Com a instalação desses ventiladores ao longo do galpão conseguiu-se que o ar descrevesse a trajetória desejada.
- 2 linhas de nebulização: Mantiveram-se as linhas instaladas inicialmente.

- Vedação das laterais por cortinas (Figura 18): Para garantir a vedação do galpão, evitando perda de pressão, foram colocadas cortinas de PVC azul, comumente achadas no mercado e consideradas as mais impermeáveis. Na parte superior foi colocado um bandô do mesmo material. As portas de acesso ao galpão, forradas com o material das cortinas, foram vedadas com uma tira do mesmo material, sobrepostas e fixadas com velcro. Esse material também foi usado para vedar o lanternim, como se mostrou na Figura 19. As telhas tipo Kalhetão foram vedadas com peças apropriadas, feitas do mesmo material das telhas.



a



b

Figura 18. Vistas das cortinas instaladas no galpão G2. a) Com as cortinas abaixadas antes de acionar o sistema túnel, destacam-se o bandô, a vedação das portas e a cortina acima dos ventiladores na cabeceira. b) Vista interior com o túnel funcionando.

- 1 Controlador Climatic I com duas etapas, da CASP (Figura 19). Esse controlador aciona o sistema de ventilação e nebulização automaticamente da seguinte forma: quando o ar na altura dos frangos atinja os 24 °C, era ativado o primeiro bloco de ventilação, composto pelos ventiladores dispostos na cabeceira e dois exaustores. O segundo bloco começava a funcionar quando a temperatura do ar alcançasse 28 °C, ligando os ventiladores distribuídos dentro do galpão, os dois exaustores restantes e a nebulização, sempre que a umidade não excedesse 80%. Para isto foram colocados dois sensores de temperatura - bulbo seco e bulbo úmido - no centro do galpão, a uma altura de 40 cm do chão.



Figura 19. No fundo o controlador Climatic I e os sensores de bulbo seco e bulbo úmido com seu reservatório para água.

3.8 - Adaptação do galpão G2 para alta densidade

Ao instalar o sistema de ventilação de túnel de vento, estavam criadas as condições ambientais para aumentar a densidade de 13 aves/m² para 18 aves/m². Porém, a demanda de comedouros e bebedouros para esse número maior de aves, não estava atendida.

Para isto foram instaladas duas linhas adicionais de bebedouros tipo *nipple*, mostradas na Figura 14, aumentando de quatro para seis linhas e garantindo um bebedouro para cada doze aves. Também foi necessário adaptar as linhas de bebedouros já existentes, devido a que, no manejo anterior, se destinava um extremo do galpão a pinteiro, ou seja, na *face* inicial até a segunda ou terceira semana de vida, quando os pintinhos precisam de aquecimento. Nesse terço de galpão a disponibilidade de bicos era maior (os segmentos eram de dezesseis bicos em lugar de doze bicos no resto do galpão). Considerando que o galpão foi dividido em três partes iguais e se fariam três pinteiros, foram selados quatro bicos em cada tramo para garantir a uniformidade na disponibilidade de água ao longo do galpão.

O caso dos comedouros foi solucionado instalando-se mais uma linha no meio do galpão (Figura 20), garantindo uma disponibilidade de 30 aves por prato.

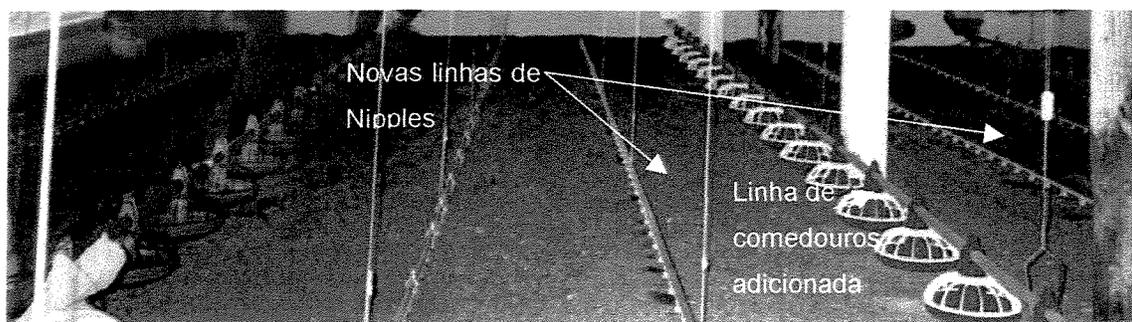


Figura 20. Disposição dos comedouros e bebedouros no galpão G2.

3.9 - Instalação dos aparelhos para coleta de dados na granja

Conforme descrito anteriormente, os galpões foram divididos em três partes iguais para conseguir um melhor controle das ocorrências durante o ciclo, pois essas divisões iriam impedir que os frangos se movimentassem ou migrassem para regiões diferentes dentro do

galpão. Dessa maneira cada segmento foi relativo a um determinado número de aves que não se alterará.

Aproveitando essa divisão e para garantir esse controle, foram colocados aparelhos para coleta de dados ambientais em cada uma dessas três divisões, aproximadamente no centro geométrico dessas, na altura dos frangos (Figura 21).

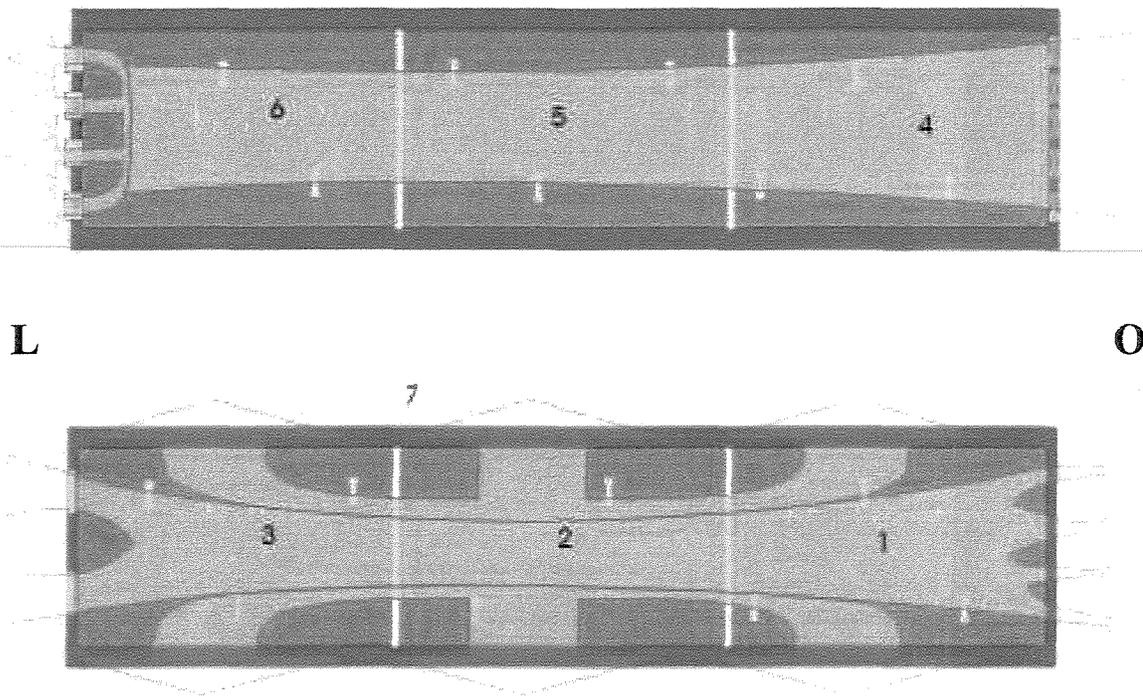


Figura 21. Divisão dos galpões em três áreas (box) iguais, representação das entradas e saídas do ar e pontos de medição externo e internos.

Os dados climáticos coletados foram: temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido (para determinar a umidade relativa do ar) e temperatura de globo negro. Para essa coleta auxiliamo-nos de registradores de temperatura da DIDAI, apresentados na Figura 14. Esses aparelhos foram também adaptados para medir temperatura de bulbo úmido e de globo negro, incorporando aos registradores com sensor externo, um chumaço que se mantinha úmido e uma bola plástica pintada com tinta negra fosca, deixando os registradores de sensor interno para a coleta da temperatura de bulbo seco, como mostra a Figura 22.

Foi instalado também outro conjunto de termopares no exterior (ponto 7 da Figura 19) do galpão G1, para conhecer as condições do ambiente externo durante a pesquisa e poder

estabelecer uma relação entre os ambientes internos e externo. Esses registradores foram pendurados na sombra e a uma altura média do galpão para que neles não incidisse a radiação do telhado nem a do piso.

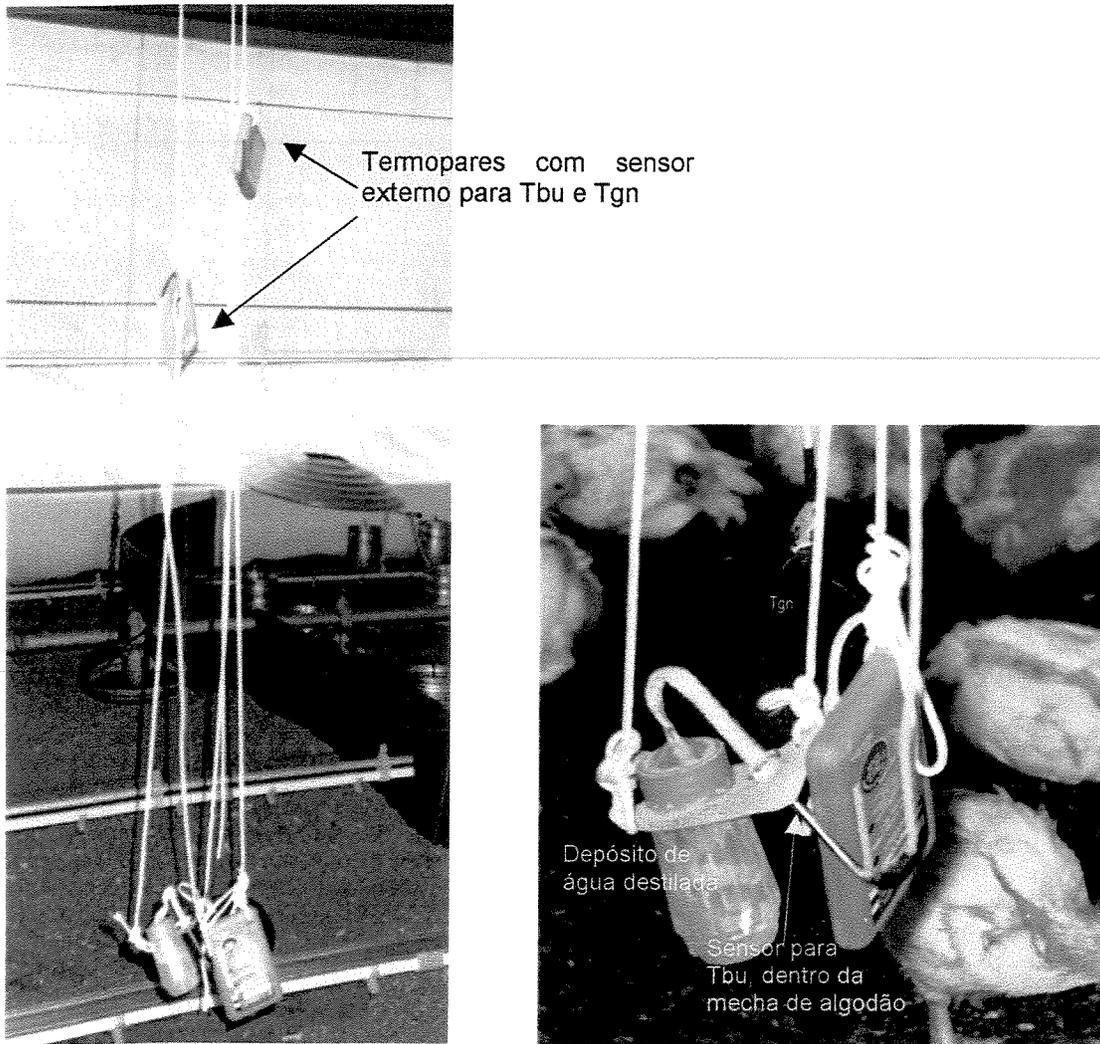


Figura 22. Disposição dos termopares e sua adaptação para globo negro e bulbo úmido.

3.10 - Coleta de dados ambientais

A coleta de dados ambientais, como já foi citado, foi realizada com o auxílio dos registradores DIDAI. Esses registradores foram programados para ler a cada 30 minutos as

temperaturas de bulbo seco, bulbo úmido e globo negro, em três pontos dentro de cada galpão e no exterior desses.

Foram coletados dados de cinco lotes de aves, sendo três lotes no período de primavera-verão e mais dois lotes no período de outono-inverno, iniciando em fevereiro de 2000, até março de 2001. Devido ao tempo em que os frangos permaneceram em cada lote (± 45 dias) somando o período de vazio sanitário, não foi possível um número maior de coletas.

Nos lotes do período de primavera-verão, a coleta de dados meteorológicos e ambientais começou aos 21 dias de vida dos pintinhos e, em razão da temperatura ambiental externa alta, foi preciso ligar o sistema de ventilação tipo túnel no galpão G2, que começava a operar a partir das 9:00 h, até as 19:00 ~ 20:00 h. A coleta dos dados ocorreu durante 35 dias, pois a partir dessa idade é retirada uma parte dos frangos por necessidade do frigorífico, e, mesmo continuando o restante até os 45 dias ou mais, já não era interessante o registro para o experimento, uma vez que a densidade havia sido alterada.

Nos lotes que compreenderam os períodos de outono-inverno, nos quais as temperaturas eram mais baixas, levando a um manejo diferente, o sistema túnel era ligado depois das 10:00 h por um período menor, até mais ou menos as 17:00 h, quando, depois do pôr do sol e sem radiação solar direta, as temperaturas começavam a descer rapidamente.

Embora os registradores usados fizessem um registro contínuo de dados, só foram utilizados os dados do período crítico do dia, por doze horas, a partir do amanhecer. No Anexo I aparece uma amostra das tabelas com esses dados, temperaturas coletadas e por lotes de aves.

3.11 - Coleta de dados de desempenho

O ganho de peso foi acompanhado através de amostras de 2% (± 500 frangos no galpão G2 e ± 360 no galpão G1) do total de frangos em cada um dos três boxes de cada galpão, menos a pesagem do último dia (35) quando os dados foram obtidos da pesagem dos caminhões no abatedouro.

Como a densidade das aves foi alterada aos 35 dias, por prática de manejo na granja comercial, o consumo total de ração não pôde ser calculado, ficando prejudicada a avaliação do ganho de peso em função do consumo.

Os dados de mortalidade foram coletados diariamente, desde o primeiro dia de alojados os pintinhos até a saída para o abate. Essa mortalidade foi discriminada em três tipos, eliminados, morte súbita e ascite.

Os dados de temperatura retal não foram coletados, pois entendeu-se que a tomada destes dados acarretaria um estresse a mais nas aves.

A temperatura da pele, no caso da crista (único lugar possível para essa medição em frangos, pois as patas encontravam-se inacessível devido ao número de animais alojados) foi coletada através de um termômetro de infravermelho com mira laser. Embora tenha se tentado registrar estes dados durante todo o tempo em que durou o experimento, o número total de registros foi pequeno, quase inexpressivo uma vez que, quando apontada a mira laser de cor vermelha sobre a crista, os demais frangos perseguiram e tentavam bicar o ponto vermelho emitido pela mira laser, o que criava uma agitação geral dentro do galpão, tendo que ser interrompida a coleta.

3.12 - Simulação de dados de produção.

A partir desses dados coletados e com o auxílio do programa Pró-Frango de autoria de NÄÄS e AMARAL (1989), que a partir dos dados construtivos das instalações, e dos dados de manejo e de nutrição determina a quantidade de calor que as aves hipoteticamente estariam recebendo e produzindo, além dos dados meteorológicos registrados, realizou-se o cálculo do balanço térmico das instalações, resultando na simulação do ganho de peso e a mortalidade das aves, a partir das condições climáticas a que estariam sendo submetidas.

Os dados experimentais foram analisados por meio de regressões lineares simples e análises de variância (ANEXO II), que verificaram a influência dos fatores em estudo (temperatura de bulbo seco - Tbs, umidade relativa -UR e entalpia - H) para uma velocidade do vento dentro da faixa de 1,75 a 2,00 m/s (considerando que essa não apresenta grandes variações médias dentro de um sistema de ventilação tipo túnel) nas variáveis de resposta (ganho de peso e mortalidade) obtidas pelo Pró-Frango.

ELABORAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS

Em muitas situações, quando se trabalha com relações empíricas, a relação entre as variáveis envolvidas não é conhecida. O que se busca é justamente determinar uma fórmula matemática que relacione essas variáveis. Um gráfico feito com valores observados dessas variáveis fornece uma idéia da relação entre elas com algumas variações aleatórias.

Segundo DRAPER e SMITH (1998), existe uma área da Estatística denominada *análise de regressão* que consiste em um conjunto de métodos, tais como estimativa de parâmetros, análise de variância e de resíduos, testes de hipóteses, que lidam com formulações de modelos matemáticos que descrevem relações entre variáveis e o uso desses modelos com o propósito de predição e outras inferências estatísticas (HOFFMANN e VIEIRA, 1977).

Foi por isto, depois de se estudar todas as possibilidades de se ter um modelo que condizesse da maneira mais fidedigna possível com os fenômenos estudados, que se escolheu trabalhar com modelos estatísticos de regressão. Adotou-se assim o modelo estatístico de regressão múltipla para descrever o comportamento de variáveis de natureza climática (Tbs, UR e H).

Tem-se para a variável de produção “Mortalidade” (M) o seguinte modelo teórico (CHARNET *et al.*, 1999):

$$M = \beta_0 + \beta_1 (Tbs) + \beta_2 (UR) + \varepsilon_i \quad [10]$$

Onde $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$ ou seja, o erro (ε) é uma componente aleatória (variável aleatória) com distribuição de probabilidade Normal (média = 0 e variância desconhecida σ^2). Assumindo o modelo com tais características tem-se, então, que os parâmetros β_0 , β_1 e β_2 serão estimados por mínimos quadrados, e, conseqüentemente, também assumirão uma distribuição Normal.

Posteriormente, tem-se:

$$\hat{M} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 (Tbs) + \hat{\beta}_2 (UR) \quad [11]$$

onde

$$\hat{M} = \text{mortalidade estimada}$$

$\hat{\beta}$ = constante estimada

$\hat{\beta}_n$ = coeficiente estimado

Um modelo estatístico cujos parâmetros estimados são variáveis aleatórias de distribuição Normal. σ^2 (variância do modelo) pode ser estimada através do Quadrado Médio de Erro (QMErro) – na tabela ANOVA.

O mesmo é válido para o modelo que descreve o ganho de peso (GP) em função das variáveis climáticas.

É importante ressaltar que ambos os modelos devem ser validados através da análise de resíduos da regressão, verificando-se, assim, todos os pressupostos do modelo estatístico:

- Homocedasticidade da variância;
- Independência dos erros;
- Normalidade dos erros.

Através da análise de resíduos também verifica-se a necessidade de aumentar ou não o grau do polinômio que descreve esses fenômenos.

IV.- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Análise Estatística dos dados coletados na primeira etapa

Para o período de verão, com os protótipos apresentando as cortinas abertas 15 cm na parte superior, obtiveram-se os resultados dispostos na Tabela 4.

Tabela 4. Resultado da análise estatística entre os tratamentos para Tbs e Entalpia.

Tratamentos	Tbs (média)	Entalpia (média)
Vent. Axial	27,66 ± 3,45 a	89,85 ± 8,34 a
Testemunha	27,86 ± 2,78 a	85,82 ± 5,45 b
Vent. Centrífuga	27,77 ± 2,66 a	86,50 ± 5,58 c
Ambiente Externo	27,50 ± 4.19 a	—

Com o auxílio da análise estatística dos dados, observou-se que não houve evidência de diferença significativa para a Tbs entre os tratamentos 1, 2 e 3, o que foi comprovado através do teste de Tukey para α igual a 0,1. Entretanto, para a variável entalpia, verifica-se uma diferença significativa entre os tratamentos 1, 2 e 3, comprovado pelo mesmo teste de Tukey para α igual a 0,1 (Anexo II).

No caso dos protótipos com as cortinas totalmente fechadas foram obtidos os dados estatísticos resumidos na Tabela 5. As letras a e b mostram os resultados de média pelo Teste de Tukey, que não se mostraram significativas, enquanto as letras A e B são os resultados do Teste de Duncan mostrando que houve diferença entre os tratamentos.

Tabela 5. Análise estatística entre os tratamentos para Tbs, Entalpia e ITGU para protótipos com cortinas totalmente fechadas.

Tratamentos	Tbs (média)	Entalpia (média)	ITGU (média)
Vent. Axial	27,45 aA	89,02 a	52,36 a
Testemunha	27,49 aA	88,91 a	53,37 b
Vent. Centrífuga	27,77 aB	87,97 b	55,19 c

Ficou evidenciado que o resultado de temperatura interna de bulbo seco (27,45 °C < 27,77 °C), assim como os valores de ITGU (52,36 < 55,19), relativos ao tratamento que utilizou a ventilação axial como parte do sistema ventilação + nebulização, foi melhor do que o tratamento que utilizou ventilação centrífuga, com relação à avaliação do ambiente final resultante para galpão de frango de corte.

Como se pode ver na Tabela 5, os valores de entalpia foram mais elevados no protótipo com ventilação axial, enquanto a temperatura de bulbo seco foi menor. A Entalpia é uma variável ambiental que representa a quantidade de energia envolvida nas trocas termodinâmicas da massa de ar, expressa em kJ/kg de ar seco. É um índice físico que pode ser usado para correlacionar temperatura e umidade relativa a um determinado ambiente. Conhecendo-se os valores limites de temperatura e umidade relativa, para uma certa situação da produção animal, é possível prever os limites de entalpia crítica. A combinação dos limites críticos de temperatura de bulbo seco e umidade relativa define o ponto onde o estresse térmico inicia.

Os valores críticos de entalpia foram apresentados em CIGR (1992), situando-se entre 76 e 96 kJ/kg de ar seco para a maioria dos homeotermos. Para cada estágio de crescimento e produção, as aves têm uma situação ideal de temperatura de bulbo seco e umidade relativa, proporcionais a um valor determinado de entalpia, pelo que a situação que se apresentou mostra que não houve boa dispersão da umidade, reforçando que o protótipo de ventilação axial teve comportamento termodinâmico melhor.

Foram as seguintes conclusões preliminares:

- O protótipo que utilizou ventilação centrífuga como parte do sistema ventilação + nebulização mostrou valores mais elevados de temperatura interna de bulbo seco, embora não houvesse diferença significativa entre os dados. Por outro lado quando comparados os

dados de ITGU, encontrou-se valores muito mais altos, indicando que, embora não tenha havido retenção da umidade proveniente dos nebulizadores (os dados de entalpia eram menores), provavelmente por causa da abertura constante da saída de ar (que, quando o sistema se encontrava desligado, também funcionava como entrada de ar externo), o sistema aparentemente não conseguiu reduzir a temperatura no ambiente interno (ITGU maiores);

- O protótipo que utilizou ventilação axial, como parte do sistema ventilação + nebulização, embora apresentasse valores mais elevados de entalpia quando totalmente fechado, resultou com valores de IGTV maiores, mostrando que houve maior dissipação da radiação, embora houvesse uma pequena retenção de umidade relativa interna;
- Quanto aos dois protótipos semi abertos, os resultados mostraram que a temperatura do sistema de ventilação axial manteve-se menor, embora não tenha sido estatisticamente significativa, enquanto que o sistema que utilizou ventilação axial resultou em valores bem menores de entalpia.

Esses resultados foram, portanto, considerados suficientes para que se estabelecesse que, o indicativo de performance do sistema com ventilação axial + nebulização, possibilitou um melhor desempenho para o ambiente interno, no tocante a dispersão de calor interno, do que o sistema que utilizou ventilação centrífuga, considerando que para os dois tipos de ventiladores utilizados no experimento tiveram mantido uma vazão de trabalho foi semelhante.

Utilizando esses resultados como indicativos para o projeto em escala real e, considerando também que o fator econômico e a disponibilidade de mercado poderiam inviabilizar o projeto em uma granja comercial (o custo do uso de ventiladores utilizando somente a pressão negativa, ou ventilação centrífuga em galpões comerciais é da ordem de 1,5 vezes maior que o uso de ventilação axial, segundo dados da CASP®), estabeleceu-se que o galpão a ser estudado deveria ter as seguintes características:

- Ventilação axial, para criar uma pressão positiva e,
- Maior taxa de renovação do ar para melhorar a remoção de umidade, através do uso de exaustores axiais localizados apenas na saída do ar do aviário, buscando-se com esse sistema diminuir a taxa de umidade, e com isso reduzir a entalpia, potencializando também a remoção de calor interno.

Dentro dos limites dos resultados conhecidos e analisados, foi estabelecido que essa hipótese fosse considerada como sendo a mais viável que acontecesse, considerando o ambiente externo e os cálculos de trocas térmicas durante o crescimento da ave.

4.2 - Dados de Primavera – Verão na Segunda Etapa

A Figura 23 mostra o comportamento das temperaturas de bulbo seco nos dois galpões estudados. Como se pode observar nessa figura, os valores médios da temperatura de bulbo seco, ao longo do galpão com ventilação forçada convencional (G1), não tiveram variação significativa, mantendo-se praticamente uniforme nos três pontos durante o dia, inclusive no período crítico. Também destaca-se que os valores máximos, em média, não chegaram a ser extremos, embora ultrapassassem os valores considerados ótimos (28 °C).

Já no galpão adaptado para ventilação tipo túnel (G2), aparece uma diferença entre os três pontos (4, 5 e 6 correspondentes à oeste, centro e leste respectivamente), chegando a mostrar uma variação de ± 2 °C entre os pontos extremos leste e oeste (6 e 4, respectivamente).

Considerando a diferença de temperaturas ao longo do galpão, fez-se uma análise estatística (Anexo III) dos valores durante o horário crítico – das 12:30 h às 17:30 h – cujos valores são mostrados na Tabela 6. A tabela ANOVA mostrou que existia ao menos uma diferença estatística entre os tratamentos. Ao nível de 5 %, o teste Tukey mostrou que só existia diferença significativa entre os pontos leste e oeste.

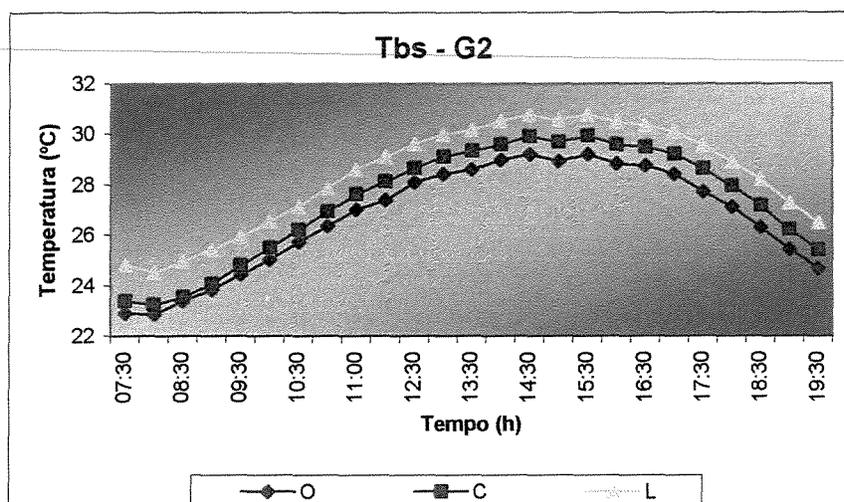
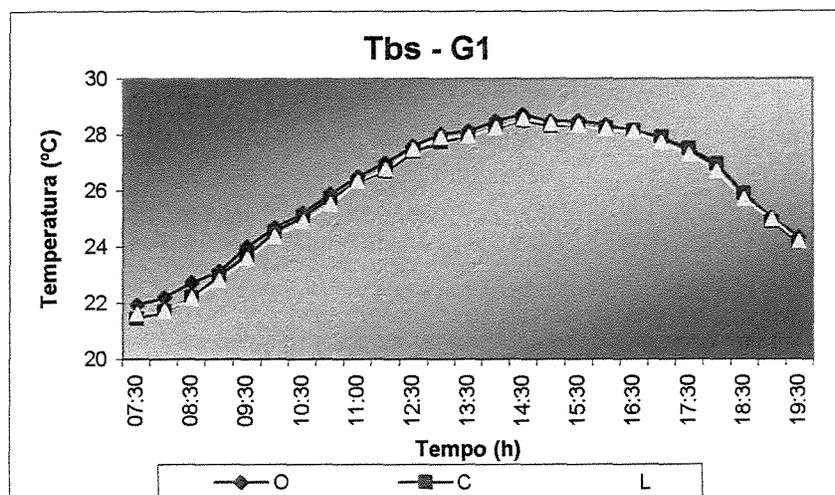


Figura 23. Temperatura de bulbo seco media nos dois galpões durante o primeiro lote avaliado no período primavera-verão.

Tabela 6. Análise estatística entre os tratamentos para Tbs com $\alpha = 5\%$.

Setor (Boxes)	Tbs
4 (O)	28,929 a
5 (C)	29,642 ab
6 (L)	30,546 b

A Tabela 6 permitiu concluir que existia um acúmulo de calor no setor dos exaustores, ou seja, o calor vai se arrastando ao longo do galpão no sentido da movimentação interna do ar. Essa questão já era uma preocupação antes da implantação do projeto e ficou confirmada, (essa situação foi cogitada de ocorrer devido ao fato de que a quantidade de ar na

entrada fosse maior do que a capacidade dos exaustores para retirá-la ou ainda, que a velocidade que impulsionava os ventiladores da cabeceira, na primeira etapa, era superior à capacidade dos exaustores, pois nessa ocasião só estariam funcionando dois deles).

Para tentar corrigir esse problema foi feita uma mudança no sistema túnel, de maneira que a primeira etapa fosse composta pelos ventiladores internos e dois exaustores que começavam a funcionar quando a temperatura de bulbo seco atingisse os 24 °C, e a segunda etapa, seria composta pelos ventiladores de cabeceira mais os dois exaustores restantes, acrescidos da nebulização (quando $UR \leq 80\%$) a partir dos 28 °C. A Figura 24 mostra o resultado dos valores médios das Tbs no galpão G2 após essa mudança, ou seja, nos lotes subsequentes ao período primavera-verão.

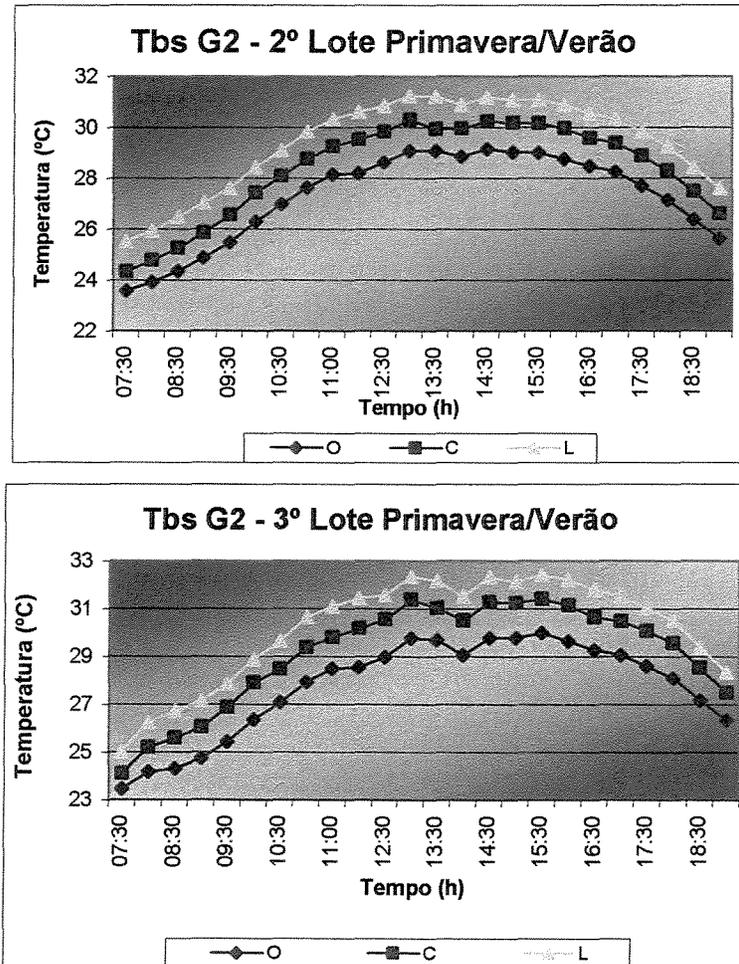


Figura 24. Comportamento das médias das temperaturas de bulbo seco no galpão G2 nos 2º e 3º lotes avaliados no período de primavera/verão.

Como mostra a Figura 24, a mudança do sistema de ventilação não modificou significativamente o comportamento da Tbs ao longo do galpão. Porém, é interessante observar que mesmo antes de subir as cortinas e ligar o sistema de ventilação, (aproximadamente às 9 horas da manhã), já aparecia diferença entre os três pontos de registro dentro do galpão nos dois lotes observados. Isto poderia ocorrer devido a concentração de amônia neste setor, porem, segundo MIRAGLIOTTA (2000) os valores de amônia nos três setores do galpão estão abaixo dos limites recomendados pelo CIGR – Comissão Internationale du Génie Rural. A hipótese mais aceitável foi de que, pela orientação dos galpões, a radiação solar direta incidiu nesse setor desde cedo, levando ao acréscimo da Tbs, fato confirmado durante os experimentos.

O comportamento das médias das temperaturas de bulbo seco e das temperaturas de globo negro, assim como a do ambiente externo, aparecem representadas nas Figuras 25 e 26, respectivamente.

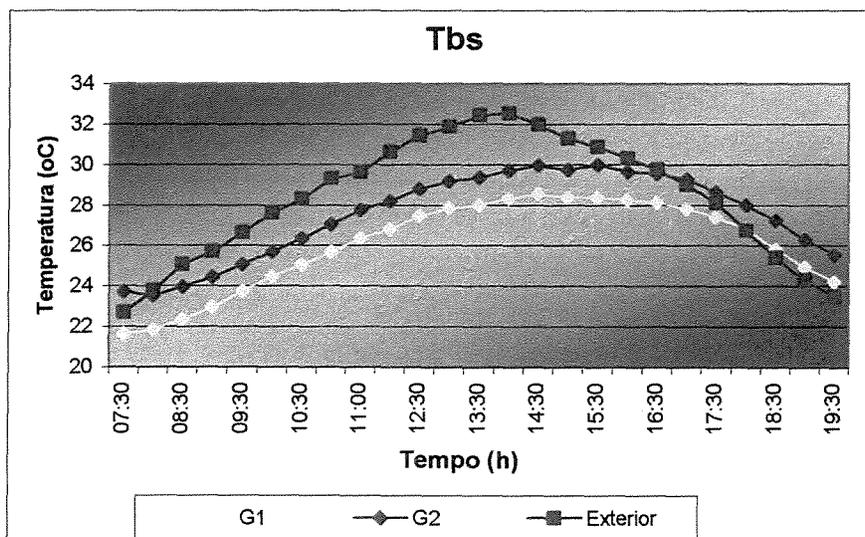


Figura 25. Comportamento da temperatura de bulbo seco na parte exterior e as médias das temperaturas de bulbo seco em cada um dos galpões estudados.

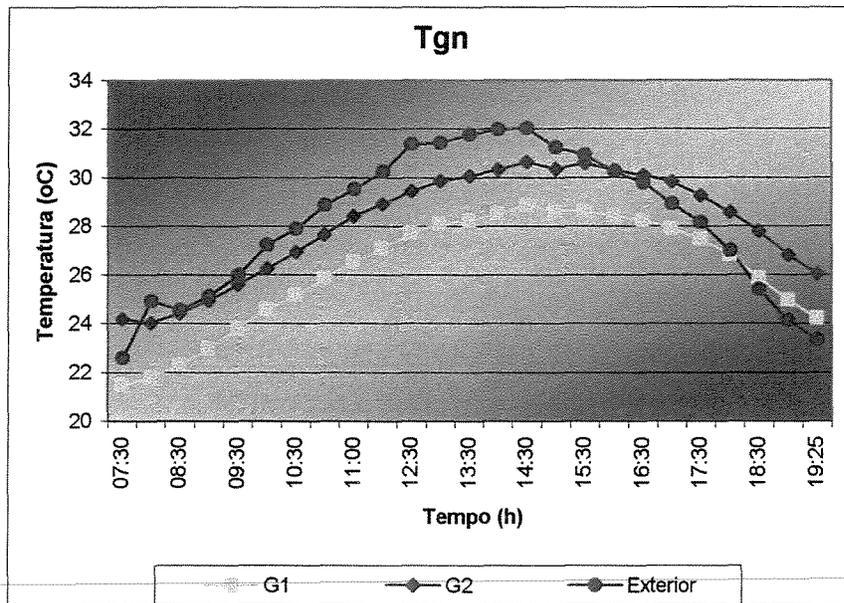


Figura 26. Comportamento da temperatura de globo negro na parte exterior e as médias das temperaturas de bulbo seco em cada um dos galpões estudados.

Uma variável que se deve considerar é a amplitude térmica durante o dia. Observa-se na Figura 25 que no ambiente externo à flutuação da T_{bs} chegou a 10°C em cinco horas, enquanto que no interior dos galpões, a maior amplitude foi de 6°C , em sete horas. Essa variável é muito significativa no estresse térmico das aves, como descreveram MACARI e GONZALES (1990) que constataram um aumento na incidência de doenças metabólicas como ascite e morte súbita, relacionadas mais às flutuações da temperatura ambiente, do que à falta de ventilação. Também DEATON *et al.* (1977) observaram uma pior conversão alimentar em aves adultas submetidas a temperaturas variando ciclicamente de $23,9^{\circ}\text{C}$ a 35°C , quando comparadas com aves criadas em microclima estável.

Comparando as temperaturas de bulbo seco do exterior com as internas dos galpões, observou-se uma diferença significativa, mantendo-se, no horário crítico, temperaturas menores dentro dos aviários.

Ao se avaliar os dois galpões estudados, comprovou-se pelos resultados das Figuras 25 e 26, que no G2 as temperaturas mantinham o mesmo comportamento do G1, porém, sempre com valores superiores em, aproximadamente, 2°C .

A Figura 27 apresenta o comportamento da umidade relativa (UR) dentro e fora dos galpões. Os valores de umidade relativa nos dois galpões foram similares, mantendo-se

praticamente iguais durante todo o dia, o que faz pensar que não existiu relação dessa variável com o tipo de ventilação, podendo-se afirmar que o sistema de ventilação não provocou um aumento da UR no aviário.

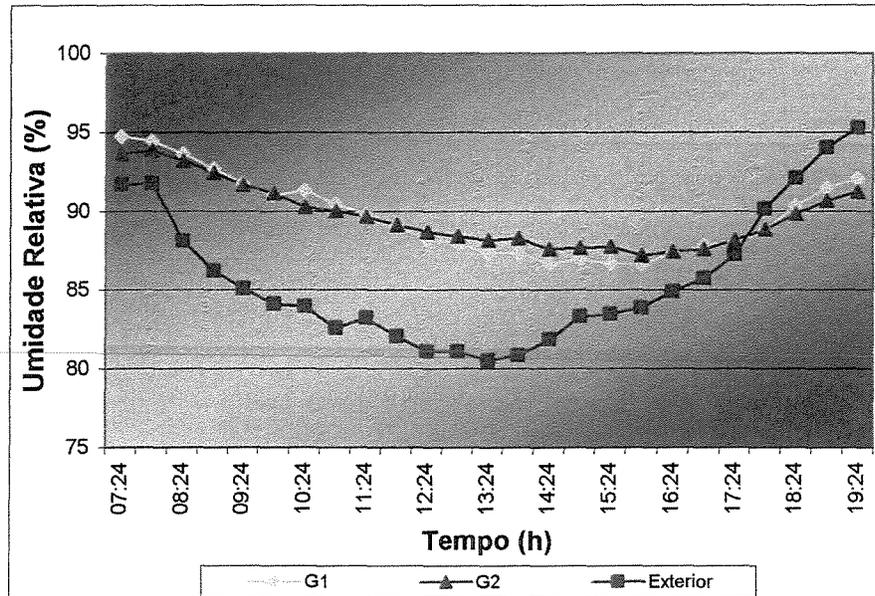


Figura 27. Comportamento da Umidade Relativa média nos dois galpões e no ambiente externo.

Observando-se os valores da Figura 27 pode-se perceber que durante o dia e parte da tarde, a UR externa manteve-se inferior àquelas dos galpões, mas que, no final da tarde foi mais elevada. Isto foi facilmente compreensível, pois os dados foram coletados no verão, quando mais de 70% dos dias analisados tiveram chuva à tarde. A associação da umidade do ar externo (que em média supera os 80% durante todo o dia) com a umidade da cama e os dejetos dos animais, fizeram com que os valores da umidade relativa estivessem acima dos desejados. Esses valores elevados são prejudiciais para as aves, quando associados às temperaturas elevadas, pois dificultam a dissipação de calor latente ao meio. O sistema de resfriamento adiabático não se mostrou eficiente nesse período, pois praticamente não foi acionado devido aos valores elevados de UR.

Com os valores médios de T_{bs} , T_{gn} e UR dos dois galpões estudados, e considerando as diferentes densidades alojadas, poder-se-ia deduzir que as aves no G1 encontravam-se mais confortáveis termicamente do que no galpão G2. Porém, observando o comportamento dos

frangos nas duas instalações e os resultados obtidos de ganho de peso, comprovou-se que aconteceu justamente o contrário (Figura 28).

A Figura 28 mostra os animais de cada um dos galpões no mesmo horário (crítico) e no mesmo dia. No galpão G1 aparecem aves visivelmente estressadas, ofegantes e (embora não se observe detalhadamente nessa foto), concentradas num lado do galpão (perto das aberturas laterais), onde obtinham uma melhor ventilação. O galpão G2 mostra aves distribuídas em todo o galpão, comendo normalmente e com aspecto de estarem confortáveis.

Esse comportamento é explicável considerando a velocidade do ar e sua distribuição homogênea dentro do galpão com ventilação túnel (BARNWELL, 1997). BONI (2000) mostra através da Figura 29, a variação da temperatura efetiva do ar e da sensação térmica das aves, dependendo da velocidade do ar, para valores de $T_{bs} = 32,2$ °C.

A velocidade do ar dentro do galpão varia em função da proximidade aos equipamentos de ventilação, de maneira que se recorreu à aleatorização dos pontos para medir este parâmetro, resultando em uma velocidade média no galpão G2 de 0,85 m/s. De acordo com a Figura 29, a sensação térmica das aves era inferior a 30 °C.

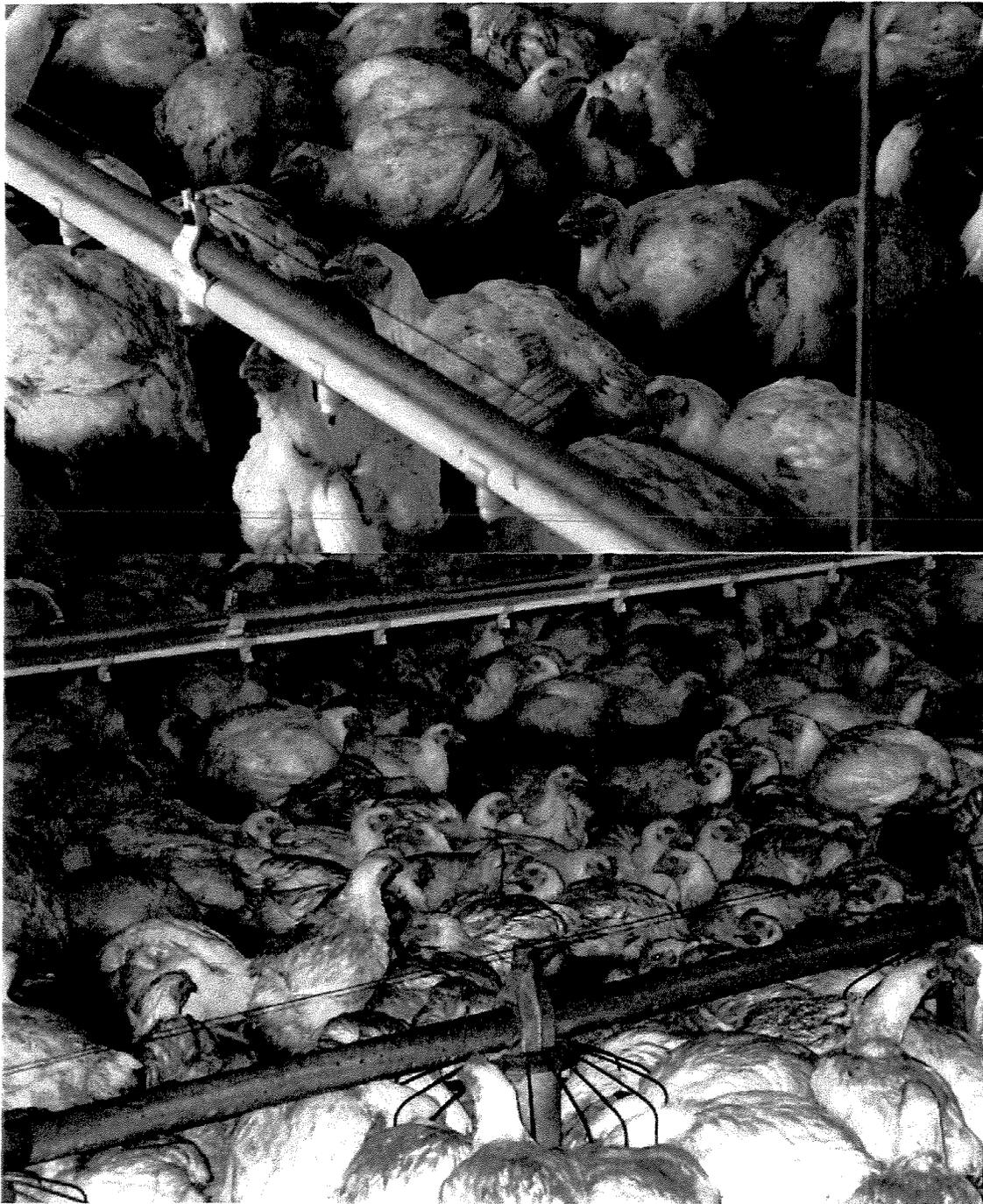


Figura 28. Comportamento das aves nos dois galpões durante o período de temperaturas críticas. Acima G1 e embaixo G2.

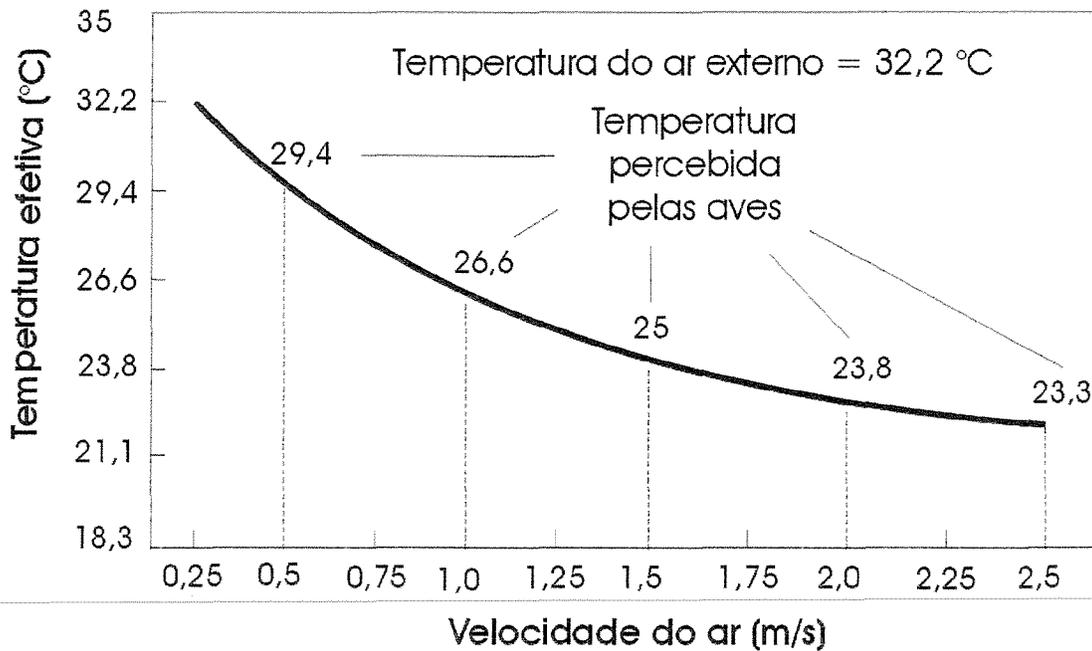


Figura 29. Influência da velocidade do ar sobre a sensação térmica das aves.

LAMBERT *et al.* (1997) descreveram a variação da zona de conforto térmico com o uso de ventilação forçada. A Figura 30 mostra, através da carta psicrométrica, o deslocamento dos valores de T_{bs} , UR e razão de umidade para humanos, considerando que ao igual que há similaridade no comportamento dos homeotermos, dever-se-ia reconsiderar os valores de UR de conforto.

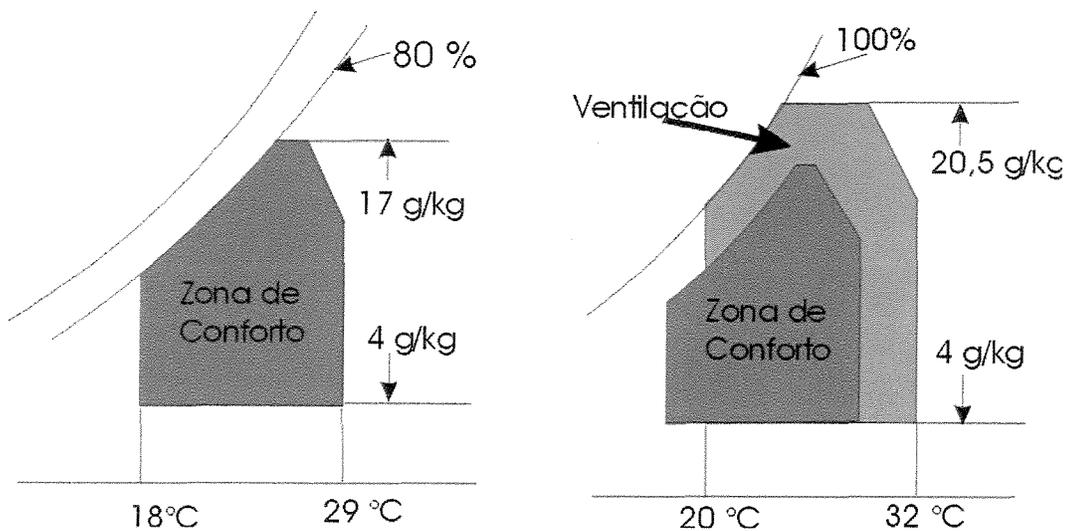


Figura 30. Zonas de conforto térmico para humanos com ventilação natural e forçada.

Adaptado de LAMBERT *et al.* (1997).

Na Tabela 7 aparecem os dados de ganho de peso e da mortalidade acumulada nos dois galpões estudados. Como já foi explicado antes, as coletas foram feitas com uma amostra de 2% dos frangos em cada um dos três boxes de cada galpão. O ganho de peso é o resultado da diferença entre o peso médio do lote referente à semana anterior, a partir do 21º dia.

Tabela 7. Peso médio dos frangos nos lotes de primavera/verão nos dois galpões.

Setor	Dia 21	Dia 28	Dia 35	Dia 35
O	0,727	1,19	1,627	Mortalidade Acumulada G1
C	0,727	1,175	1,62	
L	0,723	1,158	1,63	
Media G1	0,726	1,174	1,626	
kg/m²	9,434	15,266	21,134	0,89%
O	0,73	1,155	1,62	Mortalidade Acumulada G2
C	0,73	1,195	1,583	
L	0,723	1,17	1,53	
Media G2	0,728	1,173	1,578	
kg/m²	13,098	21,12	28,398	0,89%

A Tabela 7 mostra a diferença entre o ganho de peso por metro quadrado que representa a alta densidade, o que valoriza esse sistema e justifica os gastos de instalação e manutenção do mesmo. Em média, o galpão G2 reporta 10.024,32 kg de frango vivo a mais do que o galpão G1, equivalente a 34,37 % a mais de carne produzida na mesma área de piso e com a mesma quantidade de tratadores.

Durante o experimento, o galpão G2 no último lote de primavera-verão, iniciou o túnel somente ao 30º dia de produção, tendo esse manejo afetado os dados de ganho de peso, como pode ser visto nos dados unitários.

Para o galpão G2 foi feita uma análise estatística (ANEXO IV) de Análise de Variância para determinar se existia diferença significativa entre os setores. A Tabela 8 resume os resultados desta análise. As letras iguais na Tabela 8, representam, para o nível de significância de 5%, que não existe diferença significativa entre os setores.

Tabela 8. Análise estatística entre os tratamentos para GP com $\alpha = 5\%$.

Setor (Boxes)	GP (kg)
4 (O)	1,1683 a
5 (C)	1,1693 a
6 (L)	1,1410 a

Foi realizada uma Análise de Variância entre os dois galpões estudados, considerando como fatores de variação do ganho de peso (GP) os galpões, os setores (boxes) de ambos galpões e a idade das aves (ANEXO V). A Tabela 9 mostra um resumo destes resultados.

Tabela 9. Análise estatística entre os dois galpões para GP com $\alpha = 5\%$.

Fonte de variação (fatores)	Pvalor dos níveis dos fatores
Galpão	0,211
Setor	0,389
Idade	0,000

* Erro Quadrático Médio = 0,00057

A diferença do ganho de peso entre os galpões G1 e G2 não foi significativa ao nível de significância de 5%, assim como para os setores. Para o ganho de peso referente as diferentes idades se apresentaram diferença significativa, conforme o previsto.

Testou-se posteriormente a adequação do modelo através do Teste de Normalidade de Anderson-Darling para os resíduos, obtendo-se um Pvalor de 0,45, não se dando evidências para rejeitar a hipótese de Normalidade dos resíduos.

No caso da mortalidade, acumulada até o final da coleta dos dados, no dia 35, em média não foi diferente numericamente entre os dois galpões (0,89%), pelo que não considerou-se necessário fazer uma análise estatística.

Conforme os resultados mostrados nas Tabelas 8 e 9, confirma-se que, apesar de existir diferença para variáveis climáticas entre os galpões e dentro do galpão de alta densidade, estas diferenças não afetaram significativamente as variáveis de produção consideradas.

4.3 - Dados de Inverno

Após o primeiro lote de primavera - verão, foram coletados dados de outros dois lotes no período de outono – inverno. Infelizmente, para o interesse da pesquisa, esse inverno (2000) foi bastante frio, o que levou a uma quantidade pequena de dados coletados, pois o sistema de ventilação túnel só funcionou durante duas semanas no segundo lote e uma semana no terceiro, e mesmo assim, por poucas horas diárias.

A coleta de dados climáticos se manteve pelo mesmo intervalo de 12, porém, cabe destacar que o período de operação do sistema túnel só foi das 10:00 h até aproximadamente as 15:30 h, variando a cada dia dependendo das temperaturas externas. A Figura 31 mostra o comportamento das médias das temperaturas de bulbo seco nas duas instalações estudadas, nos dois lotes da estação.

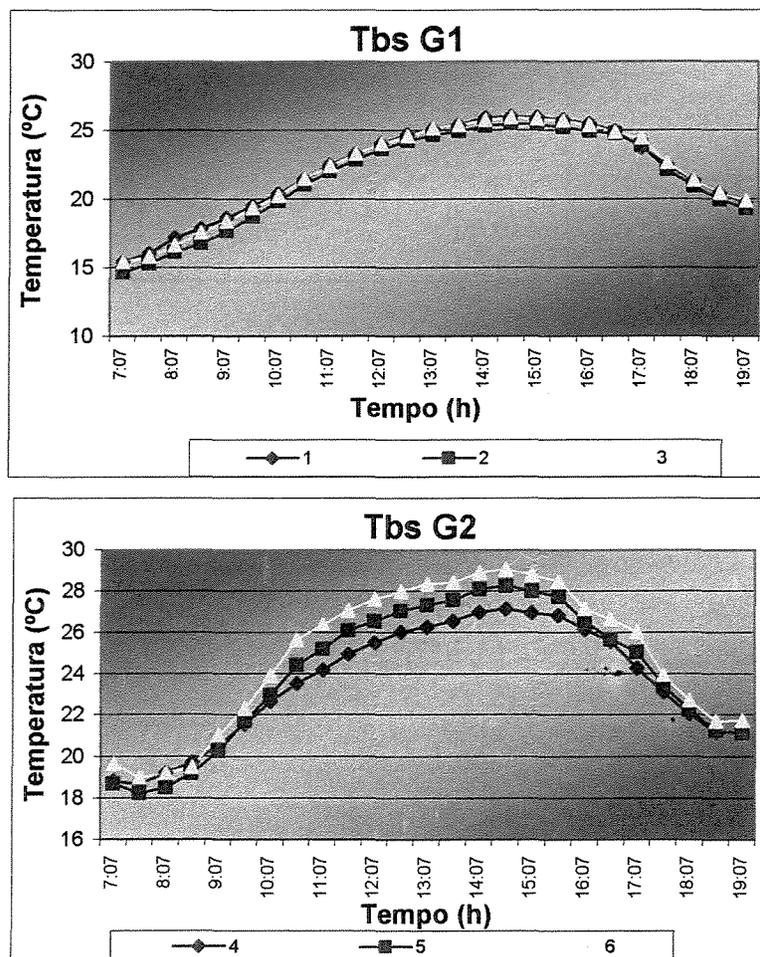


Figura 31. Comportamento de Tbs nos galpões estudados durante o inverno.

Repete-se aqui o acontecido durante o verão no galpão G2, onde, a partir de ligado o sistema túnel começa o acúmulo de calor no setor 6 (leste) e, deve-se destacar aqui que, pelo fato das temperaturas não superarem por muito tempo os 28 °C, praticamente só funcionou a primeira etapa do sistema.

4.4 - Modelo de Mortalidade

A mortalidade acumulada num lote de frangos pode ser atribuída a diferentes causas. Na granja “Sítio Matueté”, onde ocorreu o experimento, os dados de morte das aves são separados em três grupos: eliminados, morte súbita e ascite. O primeiro grupo aumenta fundamentalmente nas primeiras semanas, quando os pintinhos estão recebendo calor e tem seus mecanismos de defesa muito incipientes e, por não fazer parte da etapa da ventilação tipo túnel, de interesse do projeto, as mortes classificadas nessa categoria não foram consideradas.

As mortes classificadas como morte súbita estão diretamente ligadas ao estresse térmico que sofrem as aves devido às mudanças no ambiente, por isto considera-se muito importantes esses dados. A ascite, embora também seja decorrente do estresse calórico, é uma doença acumulativa, ou seja, as aves não morrem imediatamente por ascite, em decorrência de um dia crítico, mas vão ficando doentes com o passar dos dias, até que ocorre a morte. Por isto, não se pode associar a morte por ascite com as condições do ambiente num dia específico, motivo pelo qual não foi considerada essa causa de mortalidade no modelo escolhido.

Com os dados obtidos na simulação usando o Software "Pro-Frango", explicada no Capítulo III, item 3.12, foi feita uma análise estatística de regressão com o auxílio do software “MINITAB”, usando como repetição os dias de coleta de dados.

Na segunda etapa do projeto, referente à Granja “Sítio Matueté”, foram coletados os dados de cinco lotes de frangos, três de primavera-verão e dois de outono-inverno. Devido ao pouco tempo de funcionamento do sistema de ventilação tipo túnel, objeto do estudo, durante o inverno, e ao diferente manejo nesse período, esses dados não foram usados para subsidiar o modelo matemático.

O terceiro lote de verão também foi descartado, tendo em vista a ocorrência de uma avaria no mecanismo das cortinas laterais, pois o sistema túnel só começou a funcionar a partir dos 28 dias de produção, o que modificou o experimento nessa etapa específica.

Com tudo isto, foram desenvolvidos três modelos com o auxílio do programa computacional “MINITAB”, como mostram os resultados a seguir e resumidos na Figura 32. A Tabela 10 resume os dados extraídos da análise estatística.

Tabela 10. Resumo da análise de regressão para a mortalidade

Pvalor	Desvio padrão	R²(%)	Pvalor das variáveis
Para Modelo com dados simulados			
0,015	0,01375	18,0	UR = 0,013
			Tbs = 0,016
Para Modelo com dados do Lote 1			
0,034	0,02054	11,7	UR = 0,016
			Tbs = 0,386
Para Modelo com dados do Lote 2			
0,012	0,01345	19,4	UR = 0,13
			Tbs = 0,16

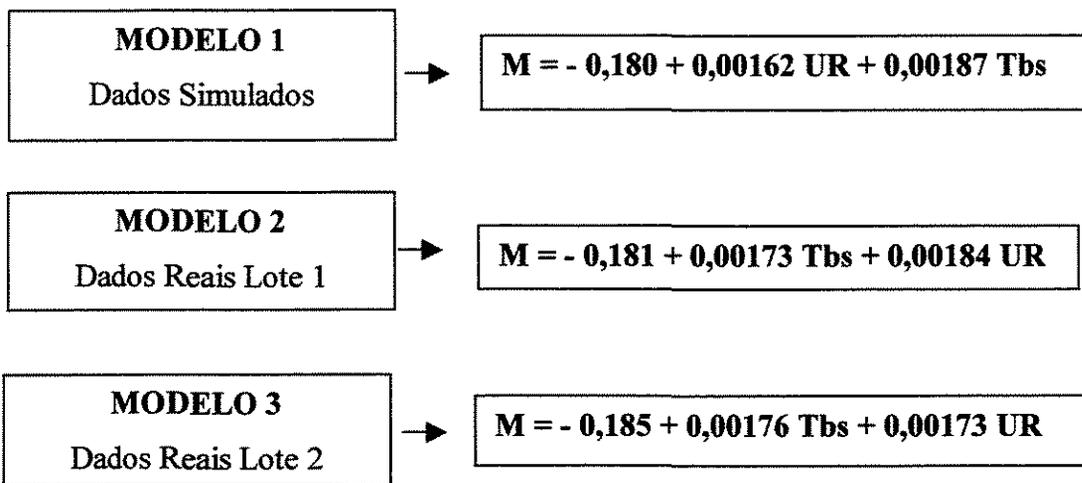


Figura 32. Modelos estatísticos propostos para mortalidade.

Foi elaborado um teste de normalidade (Anderson Darling) com os dados do resíduo do modelo, obtendo-se um P valor (>5%) que não permitiu a rejeição da hipótese de normalidade dos resíduos dos dados de mortalidade expressos em percentagem.

Esses três modelos são fruto de um estudo observacional, devido à dificuldade de se aplicar uma logística para o experimento completamente aleatorizado, o que não permite que se utilizem os modelos para demais casos. Porém, isto não invalida os modelos, pois, mesmo não podendo os mesmos ser generalizados, oferecem um indício do comportamento da mortalidade perante alguns parâmetros ambientais.

O Modelo 1, obtido através de dados de produção simulados, permite se ter uma idéia do comportamento do ambiente dentro do galpão. Há uma margem de erro a ser computada pelas mudanças fisiológicas ocorridas na genética dos frangos desde que foi elaborado o programa “Pro Frango”, usado para a simulação, até hoje.

Os modelos 2 e 3 são modelos lineares de regressão para explicar o comportamento da variável morte súbita segundo as variáveis (regressoras) Tbs e UR.

Nesses modelos aparece a deficiência de não se ter uma quantidade suficiente de variáveis regressoras, ou seja, somente Tbs e UR são necessárias (segundo mostra o Pvalor do teste estatístico de rejeitar ou não uma dessas variáveis) dado que a outra (H) está presente no modelo. Porém, só essas variáveis não foram suficientes para explicar o comportamento da Mortalidade, por isto o valor do R² não foi o desejado.

Todas as suposições teóricas do modelo de regressão linear foram verificadas através da análise de homoscedasticidade da variância, e a independência e normalidade dos resíduos, são condizentes com as hipóteses estatísticas.

Os três modelos obtidos descreveram o mesmo comportamento e mostraram semelhança entre eles. Foi eleito o modelo com maior R² e menor P valor como sendo o mais representativo do comportamento da mortalidade em relação às variáveis ambientais.

$$\mathbf{M = - 0,185 + 0,00176 Tbs + 0,00173 UR} \quad [12]$$

onde: M = Mortalidade por morte súbita, em %;

Tbs = Temperatura de bulbo seco, em °C;

UR = Umidade relativa do ar, em %.

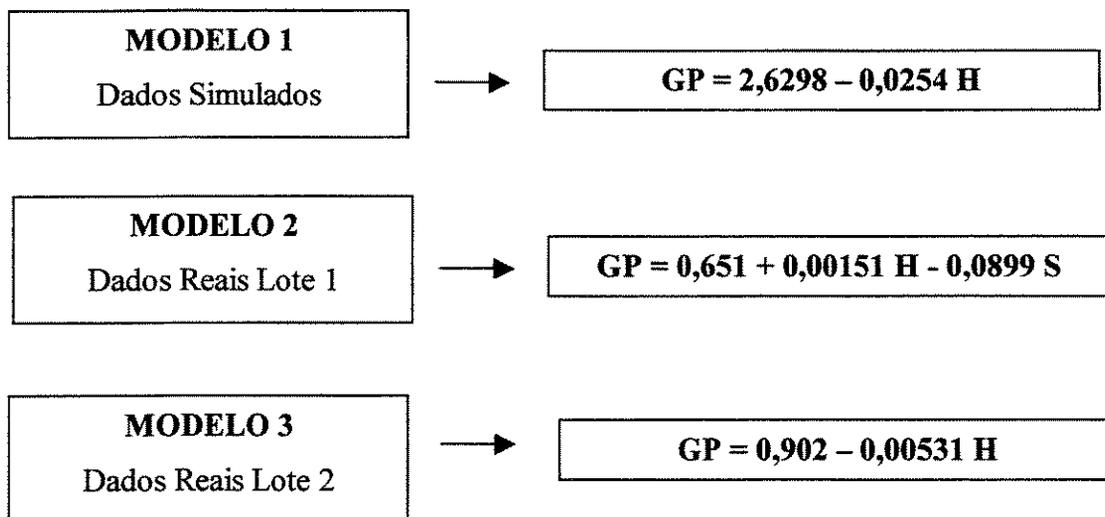
4.5 - Modelo de Ganho de Peso

O ganho de peso das aves é influenciado pela idade, genética, conversão alimentar e pelo ambiente. Na face 1, em modelos em escala reduzida e distorcida, conforme já estipulado na metodologia, houve uma simulação do ganho de peso, em função de variáveis ambientais consideradas (Tbs, UR e H). Os resultados são do mostrados na Figura 33. Os dados utilizados foram as médias de três semanas finais de produção simulada, assim como a média simulada de ganho de peso semanal, prevista pelo *software* MINITAB.

Para o ganho de peso ocorrido na escala real, dentro dos lotes na granja, efetuou-se uma análise de variância (ANOVA), considerando todas as variáveis envolvidas, quais sejam: lote, semana de produção (idade) e setor. Cada setor (já descrito como box) funcionou como repetição para cada lote. Com essa avaliação notou-se que houve diferenças significativas entre lotes, mas não entre setores, enquanto apresentaram-se valores relativamente significativos entre semanas (relacionado com a idade de crescimento), o que era esperado. Devido a esses resultados foi necessário desenvolver um modelo estatístico para cada lote (2). Os resultados são mostrados resumidos a seguir na Tabela 11 e na Figura 33.

Tabela 11. Resumo da análise de regressão para o ganho de peso, kg.

Pvalor	Desvio padrão	R ² (%)	Pvalor das variáveis
Para Modelo com dados do Lote 1			
0,016	0,002791	64,8	H = 0,016
Para Modelo com dados do Lote 2			
0,018	0,02320	79,8	H = 0,708
			S = 0,113



GP = ganho de peso (kg); S = semana de produção (idade); H = entalpia (kJ/kg).

Figura 33. Modelos estatísticos propostos para ganho de peso

A diferença maior entre o modelo de simulação e os outros dois, deve-se a que os dados usados na simulação referem-se a uma linhagem diferente da estudada no campo e que necessariamente não representa a realidade do frango atual, o que, como previsão pode incorporar erros relativos (o que, entretanto, não invalida as análises anteriores).

Devido a esse experimento ter-se baseado em dados observacionais, foram ajustados dois modelos diferentes para os lotes da granja, com comportamentos matemáticos cabíveis, distintos somente pelo valor de R^2 . A escolha deveu-se à semelhança do modelo encontrado para ambas as etapas.

Na escolha do modelo mais ajustado, selecionou-se a equação:

$$GP = 0,651 + 0,00151 H - 0,0899 S \quad [13]$$

Na literatura encontram-se modelos probabilísticos e matemáticos que descrevem as relações de trocas térmicas entre as aves e o ambiente, possibilitando os cálculos termodinâmicos da criação. Entretanto, não foram encontrados modelos semelhantes aos estudados no presente trabalho, que permitissem uma averiguação comparativa, ou seja, modelos que descrevessem produção em função do ambiente.

V. – CONCLUSÕES

Com os dados obtidos na primeira etapa pode-se concluir que:

1. O protótipo que utilizou ventilação centrífuga como parte do sistema ventilação + nebulização mostra os maiores resultados para a temperatura interna de bulbo seco, embora não houvesse diferença significativa entre os dados. Por outro lado quando comparados os dados de ITGU, encontram-se valores muito mais altos, indicando que, embora não haja retenção da umidade proveniente dos nebulizadores o sistema aparentemente não consegue reduzir a temperatura no ambiente interno (ITGU maiores);
2. O protótipo que utilizou ventilação axial, como parte do sistema ventilação + nebulização, embora apresente valores maiores de entalpia quando totalmente fechado, resultou com valores de IGTU melhores, mostrando que houve melhor dissipação da radiação, embora houvesse uma pequena retenção de umidade relativa interna;

Referente à segunda etapa, conclue-se:

3. Existe uma diferença significativa entre as temperaturas de bulbo seco e a temperatura de globo negro das faces oeste e leste (entrada e saída do ar) no galpão com sistema de ventilação forçada tipo túnel (G2), porem, não interfere significativamente nos dados de produção.
4. O ganho de peso obtido no galpão G2 a partir do funcionamento do sistema de ventilação túnel, é estatisticamente igual ao obtido no galpão com sistema de ventilação forçada convencional (G1). Considerando peso por área de criação, o galpão G2 tem uma produção maior que 30% sobre o galpão G1.

5. A mortalidade média acumulada se comportou igual no galpão com sistema de ventilação convencional (G1), quando comparada à do galpão com sistema túnel (G2).
6. Segundo os dados de mortalidade, ganho de peso e comportamento das aves, o sistema de ventilação tipo túnel oferece maior sensação de conforto térmico às aves.
7. Os modelos encontrados (destacados no texto) são os que melhor representaram as relações entre produtividade e ambiente, para criação de frango de corte em alta densidade, com o sistema de túnel proposto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, P.G. de, BAÊTA, F. da C., SOARES, P.R., ABREU, V.M.N., MACIEL, M.F.
Utilização do piso aquecido eletricamente na criação de aves. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, SBEA. **Anais...** Campinas, 1994.
-
- AGRICULTURAL ENGINEERS' DIGEST, **Keeping Livestock Buildings Warm: How to Figure Insulation, Heat Loss and Supplementary Heat**, Iowa, EUA. 1970.
- ALBRIGHT, L.D. **Environmental Control for Animals and Plants**. ASAE. Textbook n.4. St. Joseph, MI, pp.453. 1990.
- ASHRAE. **Handbook of Fundamentals American Society of Heating and Refrigerating and Air-Conditioning Engineering**. Atlanta. 1985.
- ÁVILA, V. S., JAENISCH, R. F., PIENIZ, L. C. Os pintinhos ao abrigo do frio. **Aves e Ovos**. p-16. 1995.
- BACCARI, F. Jr., BRASIL, L.H.A., TEODORO, S.M., GONÇALVES, H.C., WECHSLER, F.S., AGUIAR, I.S. Thermoregulatory responses of Alpine goats during thermal stress. **Livestock Environment**. n. 5, v. 2, p. 798-794,1997.
- BACCARI, F., JOHNSON, H.D., HAHN, G.L. Environmental heat effects on growth, plasma T₃, and post heat compensatory effects on Holstein calves. **Proceeding of Soc. Exp. Biological Medical**.173: 312-318,1983.
- BAÊTA, F.C., MEADOR, N.F., SHANKLIN, M.D., JHONSON, H.D. "Equivalent temperature index at temperatures above the thermoneutral for lactating cows". ASAE Paper. Nº 87-4015:1-21,1987.
- BARNWELL, R. **Technical News – Cobb Vantress**. v. 5, n. 2, 1997.
- BOND, T.E., KELLY, C.F. The globe thermometer in agriculture research. **Agricultural Engineers**. n. 36. p. 251-260.1955.
- BONI, I. J., PAES, A. O. S. Climatização de aviários: Aquecimento e Refrigeração para Matrizes. **Curso sobre Equipamentos Avícolas para o Setor de Corte**. p 47 –65. São

- Paulo, 2000.
- BOTTCHER, R. W., BAUGHMAN, G. R., MAGURA, J. R. Field measurements of fan speed and power use in poultry houses. **Journal of Applied poultry Research**. n.5. p. 56-62. 1996.
- BOTTCHER, R. W., CZARICK, M. Tunnel ventilation and evaporative cooling for poultry. **Cooperative Extension Service**. Raleigh, NC. p.11. 1997.
- BOTTJE, W.G., HARRISON, P.C., GRISHAW, D. Effect of an acute heat stress of blood flow the artery of husband cockerelers. **Poultry Science**. v.62. p.1386-1387. 1983.
- BRAY, D. R., BUCKLIN, R. A., MONTOYA, R., GIESY, R. "Cooling methods for dairy housing in the southeastern United States". Transaction of the ASAE, Atlanta, 1994.
- BUFFINGTON, D.E., COLLAZO-AROCHO, A., CANTON, G.H., PITT, D., THATCHER, W.W., COLLIER, R.J. "Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows". Trans. ASAE N^o 24. pp. 711-14,1981.
- BUXADÉ, C.C. **El Pollo de Carne: Sistemas de Explotación y Técnicas de Producción**. Ed. Mundi-Prensa. Madri, 1988.
- CHAISTAIN, J.P. **Heat and mass transfer through the bovine haircoat during direct evaporative cooling**. PHD Dissertation. Agricultural Engineering Department, University of Kentucky. 1998.
- CHARNET, R., FREIRE, C. A., CHARNET, E., BONVINO, H. **Análise de Modelos de Regressão Linear com Aplicações**. Ed. UNICAMP. Campinas, 1999.
- CHRISTIAENS, J.P.A. Ventilation and Heating Control in Animal Houses. In: Commission Internationale du Génie Rural, CIGR. Gent. Belgium.1994.
- COSTA, M.S., HUNTON, P.; "Alimentação e Manejo para Poedeiras em Regiões Tropicais". In: Congresso Latinoamericano de Avicultura, IV, Lima, Perú. **Anais....** pp.118-126. 1979.
- CURTIS, S.E. **Environmental Aspects of Housing for Animal Production**. The Iowa University Press. 410 p. 1987.
- DAVIS, L.B. Jr. Energy transfer in fur. PhD. Dissertation. Mechanical Engineering Department, University of Kentucky. 1972.
- DEATON, J.W., REECE, F.N., MCNAUGHTON. The Effect of Temperature During the Growing Period on Broiler Performance. **Poultry Science**. n. 57. pp. 1070 – 1074.

- Champaign, 1997.
- DESHAZER, J.A., THOMPSON, T.L., MATHER, F.B. Simulation of the physiological responses of chickens to abrupt temperature changes. **ASAE Paper**. n. 73. p.418. ASAE. St. Joseph, MI. 1973.
- DRAPER, N.R., SMITH, H. **Applied regression Analysis**. John Wiley & Sons. Nova Iorque, 3ª Edição, 1998.
- ERNST, R. A. Housing for Improved Performance in Hot Climates. In: **Poultry Production**. Ed. CAB INTERNATIONAL, Wallingford. 1995.
- ESMAY, M.L. **Principles of Animal Environment**. AVI Pub. Co. Inc. Westport. 325p. 1982.
- GATES, R.S.; ZHANG, H.; COLLIVER, D.G., OVERHULTS, D.G. "Regional variation in temperature humidity index for poultry housing". Transactions of the ASAE. ST. Joseph, MI, v.38, n.1, pp. 197-205.
- HAHN, G.L. Compensatory performance in livestock: influences. Apud: YOUSEF, M.K. **Stress physiology in livestock**. v. 2, Boca Raton: CRC Press, Inc., 1985.
- HELLICKSON, M.A., WALKER, J.N. **Ventilation on Agricultural Structures**. Ed. ASAE. St. Joseph, Michigan. 371 p.1983.
- HOFFMANN, R., VIEIRA, S. **Análise de Regressão, uma introdução à econometria**. Ed. HUCITEC-EDUSP, São Paulo, 1997.
- INCROPERA, F.P., DEWITT, D.P. Fundamentals of heat transfer. John Wiley & Sons, New York. 1981.
- JUKES, M.G.M. **Transport of blood gases in physiology and biochemistry of the domestic fowl**. v. 1. D. J. Bell and B. M. Freeman. Ed. Academic Press. NY, 1971.
- KELLY, C.F., BOND, T. E. Bioclimatic factors and their measurement. In: **National Academy of Sciences. A guide to environmental research on animals**. Washington, 1971.
- LAMBERT, R., DUTRA, L., PEREIRA, F. O. R., **Eficiência Energética na Arquitetura PROCEL - Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica**. 192 p. PW Editores. São Paulo, 1997.
- LEAL, P.A.M. **Determinação do microclima gerado dentro de uma estrutura a partir de dados ambientais**. 79 p. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. 1981.

- LINSLEY, J. G., BERGER, R. R. **Poultry Science**. v. 43. pp. 291-305.1964.
- MACARI, M., FURLAN, R. L., GONZALES, E. **Fisiologia Aviária Aplicada a frangos de corte**. FUNEP/UNESP. Jaboticabal, SP. 1994.
- MACARI, M., GONZALES, E. Fisiopatogenia da Síndrome da Morte Súbita em Frangos de Corte. In: Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas. **Anais...** pp. 65-73. Campinas, 1990.
- MARTIN, J. G., BUCKLIN, R. A. Design e layout of dairy freestall housing for the southeast. **Transaction of ASAE**. Atlanta, 1994.
- MCDOWELL, R.E., JHONSTON, J.E. Research under field conditions. In: **National Academy of Sciences. A guide to environmental research on animals**. p. 306-359. Washington, 1971.
- MIRAGLIOTTA, M.Y. **Avaliação dos níveis de amônia em dois sistemas de produção de frangos de corte com ventilação e densidade diferenciados**. 122p. Tese (mestrado em Engenharia Agrícola) Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas – SP. 2000.
- MITCHELL, M. A., Some physiological effects of environmental temperature upon poultry. **Proceeding of the third international Poultry Buildings Conference**. pp. 24-25. 1987.
- NÄÄS, I. A. Conforto Térmico. Ambiente, Instalação, Equipamentos e Manejo. **Palestra**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas,1994.
- NÄÄS, I. A. Fatores não nutricionais que afetam o desempenho de frangos de corte. In: Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas. **Anais...** Campinas, 1992.
- NÄÄS, I. A. Estresse Calórico: Meios Artificiais de Condicionamento. In: Simpósio Internacional sobre Ambiência e Instalação na Avicultura Industrial. 1995, Campinas, **Anais....** pp. 109-112. Campinas, 1996.
- PERDOMO, C. C. Uso do PVC (Viniagro) na Melhora do Condicionamento Ambiental de Frangos de Corte. **Comunicado Técnico da Embrapa**. Concórdia - SC. 1998.
- PEREIRA, A. M. Stress Calórico em Poedeiras Comerciais. **Seminário de postura comercial**. pp. 135-145. Guabi, 1991.
- RUTZ, F. Aspectos fisiológicos que regulam o conforto térmico as aves. Conferência APINCO. **Anais....** pp. 99-110. Santos, 1994.

- SCOTT, N.R. Northeast regional poultry project NE-61. Unpublished regional research report from Cornell University. 1974.
- SCOTT, N.R., DESHAZER, J.A., ROLLER, W.L. Effects on the thermal and gaseous environment in livestock. In: HELLICKSON, M.A. and WALKER J.N. **Ventilation of Agricultural Structures**. ASAE. St. Joseph, MI. 49085. 1983.
- SEVEGNANI, K. B. **Avaliação de tinta cerâmica em telhados de modelo em escala reduzida, simulando galpões para frango de corte**. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1997.
- STEVENS, D.G. A model of respiratory vapor loss in Holstein cattle. **Transaction of the ASAE**. v. 24. pp.151-158. 1981.
- TATCHER, W.W., COLLIER, R.J. Effect heat on animal productivity. **Handbook of Agricultural Productivity**. v.II. Ed. M. Reclacigl. 1982.
- TEETER, R. G., BELAY, T. Broiler water balance and thermobalance during thermoneutral and high ambient temperature exposure. **Poultry Science**. v. 72. pp. 116-124. 1993.
- TINÔCO, I. F. Planejamento de instalações avícolas face às variações de temperatura. In: Simpósio Internacional sobre Ambiência e Instalação na Avicultura Industrial. **Anais...** pp. 118 – 120. Campinas, 1995.
- UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA – UBA. Relatório Anual 2000. Brasília, 2001.
- WILSON, L.D. **Experimental study of heat transfer in fur**. Master Thesis, Mechanical Engineering Department. University of Kentucky. 1974.
- XIN, H., SELL, J.L., AHN, D.U. Effects of Light and darkness on heat and moisture production of broilers. **Transactions of the ASAE**, ST. Joseph, MI, v. 39, n.6. p. 2255-2258. 1996.

ANEXO I

**AMOSTRA DOS DADOS DE TEMPERATURA COLETADOS POR
LOTES DE AVES**

Tbs

03/mar	1	2	3	G1	4	5	6	G2	7
07:24:55	24,57	22,94	24,09	23,87	25,76	25,58	26,52	25,95	30,28
07:54:55	23,72	23,01	23,11	23,28	23,87	23,54	23,42	23,61	34,44
08:24:55	24,08	23,66	24,02	23,92	24,3	23,89	24,14	24,11	38,86
08:54:55	24,46	24,09	24,65	24,40	24,83	24,46	25,07	24,79	27,53
09:24:55	25,97	25,54	25,62	25,71	26,03	25,5	25,92	25,82	26,37
09:54:55	26,73	26,31	26,44	26,49	26,99	26,15	26,77	26,64	26,99
10:24:55	27,57	27,13	27,07	27,26	27,72	26,83	27,41	27,32	27,63
10:54:55	28,29	27,62	27,61	27,84	28,62	27,64	28,46	28,24	28,39
11:24:55	28,64	28,4	28,39	28,48	29,01	28,43	29	28,81	28,6
11:54:55	29,34	28,8	28,68	28,94	29,5	28,83	29,43	29,25	29,09
12:24:55	29,78	29,59	29,87	29,75	30,38	29,45	30,2	30,01	30,13
12:54:55	29,73	29,41	29,7	29,61	29,91	29,59	29,95	29,82	30,87
13:24:55	30,09	30,06	29,59	29,91	30,44	30,33	30,99	30,59	31,33
13:54:55	30,92	30,75	31,1	30,92	30,73	31,01	31,72	31,15	31,96
14:24:55	31,03	30,85	30,99	30,96	30,69	31,31	31,92	31,31	31,77
14:54:55	31,61	31,54	31,54	31,56	31,2	31,59	32,11	31,63	31,84
15:24:55	31,64	31,1	31,41	31,38	31,44	31,83	32,35	31,87	31,48
15:54:55	31,37	30,93	31,11	31,14	30,82	31,2	32,29	31,44	31,32
16:24:55	31,72	31,54	31,55	31,60	31,91	32,13	32,64	32,23	30,84
16:54:55	31,55	31,12	31,2	31,29	31,42	31,82	32,31	31,85	30,58
17:24:55	31,05	31,12	30,97	31,05	31,18	31,43	32,08	31,56	31,83
17:54:55	30,47	30,59	30,44	30,50	30,32	30,77	31,24	30,78	30,62
18:24:55	29,43	29,52	29,48	29,48	29,44	29,73	30,44	29,87	28,8
18:54:55	28	27,34	27,62	27,65	27,5	28,24	28,93	28,22	26,48
19:24:55	26,42	25,88	25,78	26,03	25,6	26,59	27,51	26,57	25,02
04/mar									
07:24:55	23,6	22,93	24,19	23,57	26,74	26,41	27,28	26,81	25,35
07:54:55	24,39	23,66	24,64	24,23	25,67	25,21	25,65	25,51	27,48
08:24:55	25,15	24,51	24,72	24,79	25,44	24,74	25,38	25,19	29,34
08:54:55	26,26	25,66	25,87	25,93	25,65	26,13	27,07	26,28	30,8
09:24:55	27,11	26,51	27,03	26,88	26,62	27,02	27,74	27,13	31,1
09:54:55	28,05	27,52	27,93	27,83	27,66	27,46	28,64	27,92	32,11
10:24:55	28,43	28,07	28,29	28,26	28,12	28,16	29,1	28,46	32,2
10:54:55	29,24	28,77	29,07	29,03	28,76	28,94	29,76	29,15	33,69
11:24:55	29,82	29,28	29,55	29,55	29,61	29,19	30,32	29,71	33,82

11:54:55	29,78	29,43	29,7	29,64	29,4	29,7	30,7	29,93	34,44
12:24:55	30,93	30,35	30,85	30,71	30,48	30,66	31,31	30,82	35,72
12:54:55	31,23	30,96	31,03	31,07	30,95	30,87	31,82	31,21	36,57
13:24:55	31,35	30,97	31,42	31,25	31,04	31,21	32,03	31,43	36,45
13:54:55	32,07	31,86	32,13	32,02	31,74	31,52	32,66	31,97	37,71
14:24:55	32,13	31,84	32,18	32,05	31,74	32,14	32,63	32,17	36,19
14:54:55	30,97	30,72	30,97	30,89	30,65	31,21	31,91	31,26	34,17
15:24:55	31,63	31,44	31,51	31,53	30,99	31,53	32,27	31,60	35,78
15:54:55	31,23	30,92	31,23	31,13	30,65	31,18	32,15	31,33	35,23
16:24:55	31,01	30,74	31,05	30,93	30,77	31,3	31,88	31,32	34,01
16:54:55	30,86	30,4	30,72	30,66	30,56	31,01	31,66	31,08	32,07
17:24:55	29,61	29,2	29,21	29,34	28,93	29,81	30,58	29,77	30,71
17:54:55	28,74	28,39	28,61	28,58	28,47	29,13	29,96	29,19	29,67
18:24:55	28,27	28,04	28,05	28,12	28,1	28,88	29,67	28,88	28,29
18:54:55	26,74	26,47	26,88	26,70	26,74	27,82	28,68	27,75	26,38
19:24:55	25,71	25,47	25,73	25,64	25,64	26,77	27,5	26,64	25,3
05/mar									
07:24:55	24,63	23,96	25,37	24,65	26,96	26,83	27,71	27,17	25,28
07:54:55	24,86	24,39	25,04	24,76	25,89	25,2	25,4	25,50	27,97
08:24:55	25,76	25,25	25,25	25,42	25,95	25,09	25,91	25,65	29,1
08:54:55	26,64	26,01	26,13	26,26	26,69	26,12	26,68	26,50	30,8
09:24:55	27,39	27,05	26,98	27,14	27,62	26,69	27,28	27,20	31,88
09:54:55	28,05	27,4	27,46	27,64	27,97	27,12	28,04	27,71	31,77
10:24:55	28,89	28,38	28,3	28,52	28,84	27,93	28,68	28,48	32,4
10:54:55	28,28	28,65	28,41	28,45	28,89	28,19	28,75	28,61	32,83
11:24:55	29,57	29,01	29,04	29,21	29,33	28,83	29,49	29,22	33
11:54:55	29,66	29,12	29,52	29,43	29,85	29,26	29,9	29,67	33,75
12:24:55	30,25	30,24	30,04	30,18	30,78	30,02	30,47	30,42	34,8
12:54:55	30,49	30,12	30,12	30,24	30,27	30,19	31,18	30,55	34,41
13:24:55	31,07	30,89	30,71	30,89	30,89	30,8	31,41	31,03	34,27
13:54:55	31,74	31,08	31,06	31,29	31,37	31,27	31,98	31,54	34,67
14:24:55	31,51	31,19	30,99	31,23	31,18	31,36	31,96	31,50	34,52
14:54:55	31,76	31,63	31,71	31,70	31,64	31,58	32,42	31,88	34,55
15:24:55	31,83	31,47	31,51	31,60	31,54	31,52	32,31	31,79	35,37
15:54:55	31,74	31,45	31,54	31,58	31,67	31,46	32,31	31,81	34,55
16:24:55	31,85	32,06	31,88	31,93	31,94	32,09	32,88	32,30	34,33
16:54:55	31,65	31,6	31,53	31,59	31,69	31,8	32,52	32,00	33,55

17:24:55	30,76	30,25	30,7	30,57	30,8	31,04	31,63	31,16	31,21
17:54:55	30,04	30,07	29,78	29,96	29,83	30,12	31,01	30,32	30,38
18:24:55	29,08	28,92	28,71	28,90	28,84	29,33	30,16	29,44	28,5
18:54:55	27,29	27,07	26,98	27,11	27,18	27,9	28,55	27,88	26,58
19:24:55	26,47	26,03	25,98	26,16	26,14	26,81	27,71	26,89	25,54
06/mar									
07:24:55	23,91	22,81	24,09	23,60	26,69	26,05	25,81	26,18	23,93
07:54:55	24,31	24,12	23,81	24,08	25,65	24,36	25,43	25,15	26,93
08:24:55	25,71	24,71	24,81	25,08	26,16	25,52	26,68	26,12	29,27
08:54:55	26,16	25,75	25,61	25,84	27,01	26,48	26,99	26,83	30,42
09:24:55	27,01	26,6	26,57	26,73	27,99	27,02	27,42	27,48	31,31
09:54:55	27,91	27,57	27,62	27,70	28,66	27,8	28,23	28,23	32,36
10:24:55	28,89	28,55	28,63	28,69	29,45	28,64	28,92	29,00	32,85
10:54:55	29,58	29,5	29,39	29,49	30,41	30,32	30,97	30,57	33,85
11:24:55	30,16	29,83	29,94	29,98	30,4	30,56	31,63	30,86	34,07
11:54:55	30,99	30,36	30,49	30,61	31,45	31,86	32,64	31,98	34,71
12:24:55	31,1	30,76	31,29	31,05	31,81	32,28	33,14	32,41	35,36
12:54:55	31,77	31,51	31,84	31,71	32,65	32,97	33,88	33,17	36,24
13:24:55	31,81	31,84	31,88	31,84	32,99	32,71	33,77	33,16	42,27
13:54:55	32,35	31,97	32,18	32,17	33,79	33,53	34,28	33,87	37,59
14:24:55	32,53	32,21	32,28	32,34	33,99	33,6	34,51	34,03	37,07
14:54:55	32,71	32,45	32,38	32,51	33,4	33,47	34,23	33,70	36,5
15:24:55	32,5	31,97	32,11	32,19	33,49	33,32	34,09	33,63	35,21
15:54:55	32,29	32,01	32,1	32,13	32,43	32,38	33,13	32,65	35,22
16:24:55	31,83	31,59	31,7	31,71	31,83	31,84	32,53	32,07	33,8
16:54:55	30,86	30,9	30,69	30,82	30,71	31,06	31,79	31,19	32,52
17:24:55	30,37	30,39	30,08	30,28	29,67	30,18	30,95	30,27	31,54
17:54:55	29,3	29,28	28,97	29,18	29,2	29,69	30,36	29,75	30,02
18:24:55	28,65	28,41	28,38	28,48	28,29	28,81	29,36	28,82	28,35
18:54:55	27,95	27,74	27,97	27,89	28,46	28,27	29,1	28,61	27,54
19:24:55	27,4	27,43	27,38	27,40	27,96	27,9	28,51	28,12	26,61
07/mar									
07:24:55	23,75	23,35	23,88	23,66	24,52	24,47	25,09	24,69	23,84
07:54:55	25,2	24,19	24,87	24,75	24,57	24,29	25,91	24,92	24,55
08:24:55	25,25	25,04	25,4	25,23	25,02	25	26,42	25,48	26,18
08:54:55	25,53	25,42	25,57	25,51	25,68	25,57	26,77	26,01	27,34
09:24:55	25,72	25,19	25,55	25,49	26,25	25,76	26,36	26,12	28,28

09:54:55	25,64	25,33	25,55	25,51	26,25	25,76	26,73	26,25	25,78
10:24:55	23,88	23,82	24,25	23,98	24,99	24,51	25,34	24,95	23,22
10:54:55	23,6	23,53	23,77	23,63	24,37	24,5	25,28	24,72	23,2
11:24:55	23,51	23,23	23,66	23,47	23,98	24,55	25,83	24,79	23,11
11:54:55	23,22	22,64	23,14	23,00	23,66	24,22	25,67	24,52	23,67
12:24:55	23,64	23,29	23,66	23,53	24,81	24,6	24,42	24,61	25,36
12:54:55	24,71	23,84	24,2	24,25	24,87	25,31	25,05	25,08	27,18
13:24:55	25,64	25,13	24,69	25,15	26,12	25,12	25,62	25,62	30,26
13:54:55	26,38	25,68	25,65	25,90	27,05	25,67	26,91	26,54	32,16
14:24:55	27,08	26,13	26,48	26,56	27,44	27,37	28,08	27,63	31,03
14:54:55	26,73	26,61	26,66	26,67	27,39	27,48	27,83	27,57	29,41
15:24:55	26,27	25,92	26,23	26,14	26,56	26,65	27,46	26,89	28,04
15:54:55	25,86	25,64	25,77	25,76	26,24	26,3	27,21	26,58	27,2
16:24:55	26,12	25,99	26,11	26,07	26,76	26,65	27,55	26,99	27,15
16:54:55	25,84	25,71	26,15	25,90	26,5	26,61	27,47	26,86	26,26
17:24:55	25,9	26,12	26,08	26,03	26,08	26,32	27,37	26,59	26,1
17:54:55	24,86	25,09	25,31	25,09	26,1	25,28	26,07	25,82	21,9
18:24:55	22,01	22,44	21,72	22,06	24,8	23,89	25,07	24,59	21,62
18:54:55	23,74	23,58	23,44	23,59	24,79	23,86	25,32	24,66	22,09
19:24:55	22,37	21,91	22,26	22,18	22,99	22,2	23,12	22,77	20,23
08/mar									
07:24:55	21,22	20,54	20,27	20,68	21,99	20,97	22,26	21,74	19,9
07:54:55	20,47	20,04	20,1	20,20	20,52	20,45	21,17	20,71	21,39
08:24:55	21	20,31	20,43	20,58	21,83	21,04	21,69	21,52	22,37
08:54:55	21,12	21,14	21,33	21,20	22,71	21,66	22,17	22,18	23,28
09:24:55	22,03	21,61	21,65	21,76	23,33	22,61	22,35	22,76	23,95
09:54:55	22,59	22,52	22,83	22,65	24,1	23,28	23,41	23,60	24,91
10:24:55	23,21	23,13	23,12	23,15	24,67	24,34	23,94	24,32	25,5
10:54:55	24,59	23,97	24,22	24,26	25,92	25,23	25,51	25,55	25,44
11:24:55	24,34	24,19	24,53	24,35	26	26,57	27,48	26,68	25,76
11:54:55	25,59	25,19	25,42	25,40	26,72	27,23	28,61	27,52	26,91
12:24:55	25,61	25,52	25,65	25,59	26,63	27,43	28,94	27,67	28,08
12:54:55	26,1	25,83	26,26	26,06	27,38	27,9	29,51	28,26	29,02
13:24:55	25,77	25,6	26,19	25,85	27,01	28,21	29,55	28,26	28,42
13:54:55	26,28	25,71	26,01	26,00	27,24	28,25	29,49	28,33	28,32
14:24:55	26,24	26,12	26,43	26,26	27,88	28,88	29,99	28,92	28,78
14:54:55	26,08	25,96	26,26	26,10	27,27	28,71	29,86	28,61	28,73

15:24:55	25,74	25,62	25,76	25,71	26,83	28,23	29,34	28,13	27,36
15:54:55	25,65	25,32	25,52	25,50	26,7	27,99	29,04	27,91	27,28
16:24:55	25,27	25,22	25,53	25,34	26,96	28,14	29,37	28,16	26,69
16:54:55	25,2	25,05	25,2	25,15	26,64	27,98	29,06	27,89	25,29
17:24:55	24,31	24,25	24,27	24,28	25,3	26,62	27,89	26,60	25,04
17:54:55	24,06	24,17	24,14	24,12	24,75	26,15	27,41	26,10	24,41
18:24:55	23,19	23,42	23,31	23,31	24,01	25,26	26,74	25,34	22,81
18:54:55	22,28	22,58	22,36	22,41	23,07	24,26	25,92	24,42	21,32
19:24:55	20,96	20,97	20,88	20,94	23,07	23,78	25,24	24,03	20
09/mar									
07:24:55	19,97	19,18	19,38	19,51	21,34	21,81	24,18	22,44	25,58
07:54:55	19,74	18,87	19,35	19,32	21,81	21,89	24,28	22,66	22,37
08:24:55	20,44	19,74	20,16	20,11	22,43	22,24	24,31	22,99	22,91
08:54:55	20,96	20,58	20,61	20,72	22,74	22,49	24,38	23,20	25,46
09:24:55	22,39	21,6	22,03	22,01	23,55	23,91	25,72	24,39	25,87
09:54:55	22,92	22,51	22,68	22,70	23,54	24,6	26,03	24,72	27,22
10:24:55	23,87	23,38	23,77	23,67	24,36	25,76	27,1	25,74	28,24
10:54:55	24,19	23,97	24,04	24,07	24,75	26,3	27,46	26,17	27,94
11:24:55	25,11	24,82	24,93	24,95	25,55	26,98	28,18	26,90	27,74
11:54:55	25,39	25,56	25,78	25,58	26,35	27,82	29,08	27,75	30,59
12:24:55	26,36	25,96	26,61	26,31	27,03	28,46	29,77	28,42	29,59
12:54:55	27,04	26,7	27,41	27,05	27,81	28,75	29,99	28,85	31,73
13:24:55	26,95	26,77	27,43	27,05	27,74	28,73	30,05	28,84	31,17
13:54:55	27,65	27,05	27,87	27,52	28,83	29,58	30,77	29,73	31,81
14:24:55	27,81	27,06	28,02	27,63	28,68	29,77	30,96	29,80	30,72
14:54:55	27,69	27,46	27,87	27,67	28,81	29,56	30,76	29,71	30,83
15:24:55	28,39	27,61	28,31	28,10	29,88	30,48	31,69	30,68	30,62
15:54:55	28,04	27,38	28,07	27,83	29,43	30,23	31,33	30,33	30,37
16:24:55	28,15	27,74	28,02	27,97	29	29,74	30,85	29,86	29,97
16:54:55	27,86	27,28	27,54	27,56	28,61	29,71	30,65	29,66	29,35
17:24:55	27,5	27,25	27,36	27,37	27,83	28,94	30,02	28,93	28,41
17:54:55	27	26,81	27	26,94	26,99	28,19	29,32	28,17	27,28
18:24:55	26,32	26,39	26,51	26,41	26,39	27,65	28,85	27,63	26,11
18:54:55	25,28	25,51	25,59	25,46	25,36	26,49	27,83	26,56	24,61
19:24:55	24,7	24,85	24,9	24,82	24,51	25,45	26,89	25,62	23,92
10/mar									
07:24:55	20,53	20,03	19,86	20,14	20,83	21,19	23,72	21,91	22,54

07:54:55	20,62	20,32	19,79	20,24	21,3	22,21	23,93	22,48	23,1
08:24:55	21,26	20,42	19,97	20,55	22,17	22,67	24,23	23,02	22,32
08:54:55	21,48	21,4	20,79	21,22	22,18	22,71	24,36	23,08	23,69
09:24:55	22,43	22,01	21,77	22,07	22,77	23,58	25,47	23,94	27,18
09:54:55	23,56	23,74	23,2	23,50	23,9	24,96	26,15	25,00	27,38
10:24:55	24,21	23,99	23,7	23,97	24,56	25,55	26,78	25,63	29,03
10:54:55	25,17	24,88	24,69	24,91	25,76	26,59	27,76	26,70	29,49
11:24:55	25,7	25,74	25,58	25,67	26,65	27,67	28,66	27,66	31,25
11:54:55	26,9	26,45	26,11	26,49	27,62	28,54	29,54	28,57	32,03
12:24:55	27,74	27,13	27,81	27,56	28,18	29,09	30,14	29,14	33,69
12:54:55	27,74	27,67	27,9	27,77	28,24	29,19	30,17	29,20	32,95
13:24:55	27,77	27,62	27,64	27,68	28,33	29,21	30,17	29,24	32,52
13:54:55	28,02	27,82	27,51	27,78	28,19	29,1	30,03	29,11	32,89
14:24:55	28,36	28,14	28,24	28,25	29,13	29,9	30,89	29,97	32,68
14:54:55	27,75	28,13	28,18	28,02	28,11	29,37	30,34	29,27	30,28
15:24:55	28,34	28,4	28,46	28,40	29,66	30,82	31,7	30,73	30,16
15:54:55	28,32	28,22	28,19	28,24	29,52	30,79	31,74	30,68	29,31
16:24:55	28,41	28,44	28,33	28,39	29,22	30,29	31,18	30,23	30,27
16:54:55	28,27	28,42	28,36	28,35	28,96	30,05	31,04	30,02	30,02
17:24:55	27,95	28,17	28,1	28,07	28,6	29,96	30,61	29,72	29,29
17:54:55	27,57	28,18	28,1	27,95	28,04	29,48	30,16	29,23	28,1
18:24:55	26,26	26,19	26,26	26,24	27,09	28,2	28,87	28,05	25,61
18:54:55	23,79	23,43	24,22	23,81	25,34	26,42	27,01	26,26	23,79
19:24:55	23,57	23,05	23,31	23,31	24,54	25,22	26,19	25,32	22,84
11/mar									
07:24:55	21,06	20,65	20,32	20,68	21,87	22,66	24,57	23,03	19,89
07:54:55	21,13	20,93	20,52	20,86	22,35	22,96	24,83	23,38	20,97
08:24:55	21,91	20,89	20,89	21,23	22,52	23,07	24,9	23,50	22,35
08:54:55	22,38	21,27	21,59	21,75	22,68	23,38	25,19	23,75	22,57
09:24:55	22,65	22,54	22,57	22,59	23,02	23,27	25,52	23,94	23,55
09:54:55	23	22,84	23,12	22,99	23,44	24,22	26,12	24,59	26,11
10:24:55	24,28	23,68	24,03	24,00	24,5	25,67	26,97	25,71	26,51
10:54:55	24,43	24,39	24,58	24,47	24,79	25,71	26,92	25,81	27,92
11:24:55	25,25	25,07	25,24	25,19	25,48	26,39	27,56	26,48	28,9
11:54:55	25,21	24,56	24,71	24,83	25,76	26,7	27,9	26,79	30,66
12:24:55	25,77	25,76	26	25,84	26,73	27,6	28,62	27,65	31,67
12:54:55	26,4	25,95	25,74	26,03	26,7	27,64	28,72	27,69	31,07

13:24:55	27,11	26,91	26,93	26,98	27,33	28,43	29,48	28,41	33,07
13:54:55	26,38	26,28	26,88	26,51	27,08	28,45	29,53	28,35	29,55
14:24:55	25,75	25,77	26,36	25,96	26,35	27,93	28,96	27,75	29,29
14:54:55	25,25	26,19	26,52	25,99	26,53	27,74	29,03	27,77	28,89
15:24:55	25	25,97	26,14	25,70	26,35	27,83	28,95	27,71	28,53
15:54:55	25,42	26,16	26,3	25,96	26,47	27,78	29,02	27,76	28,24
16:24:55	25,71	26,16	26,1	25,99	26,26	27,7	28,97	27,64	28,3
16:54:55	25,78	25,6	25,76	25,71	26,31	27,72	28,93	27,65	26,93
17:24:55	25,66	25,41	25,63	25,57	25,98	27,29	28,21	27,16	26,36
17:54:55	25,3	24,97	25,32	25,20	25,55	26,85	27,93	26,78	25,25
18:24:55	24,79	24,99	24,95	24,91	25,15	26,48	27,71	26,45	24,68
18:54:55	25,19	24,94	24,85	24,99	26,55	26,24	26,73	26,51	24,3
19:24:55	24,3	24,09	24,2	24,20	24,98	26,12	27,28	26,13	23,35
12/mar									
07:24:55	21,03	20,19	20,2	20,47	21,67	22,76	24,52	22,98	19,97
07:54:55	21,17	20,74	20,79	20,90	21,24	22,81	24,15	22,73	20,95
08:24:55	21,84	20,92	21,01	21,26	21,86	23,12	24,39	23,12	21,36
08:54:55	22,13	21,33	21,57	21,68	22,07	23,21	24,36	23,21	22,84
09:24:55	22,1	21,8	22,07	21,99	22,28	23,93	25,12	23,78	23,68
09:54:55	22,4	22,24	22,18	22,27	22,39	24,23	25,43	24,02	24,52
10:24:55	22,9	22,59	22,82	22,77	23,33	25,05	26,14	24,84	26,57
10:54:55	23,6	23,43	23,63	23,55	23,97	25,97	26,99	25,64	28,22
11:24:55	24,63	24,86	24,78	24,76	25,09	27,05	28,12	26,75	27,44
11:54:55	25,25	25,52	25,61	25,46	25,88	27,89	28,93	27,57	29,45
12:24:55	25,99	26,38	26,57	26,31	26,71	28,56	29,58	28,28	29,12
12:54:55	26,95	27,17	27,26	27,13	27,57	29,26	30,05	28,96	30,88
13:24:55	27,6	27,35	27,45	27,47	28,51	30,11	30,8	29,81	30,17
13:54:55	27,17	27,46	27,55	27,39	27,76	29,66	30,38	29,27	30,25
14:24:55	27,71	27,96	27,97	27,88	28,81	30,34	31,12	30,09	30,68
14:54:55	27,7	28,2	28,21	28,04	28,74	30,29	31,15	30,06	31,19
15:24:55	28,06	28,45	28,23	28,25	29,44	31,08	31,75	30,76	30,51
15:54:55	28,17	28,12	28,15	28,15	29,22	30,78	31,6	30,53	29,21
16:24:55	27,04	27,1	27,48	27,21	28,31	29,97	30,8	29,69	28,48
16:54:55	27,19	27,21	27,28	27,23	28,33	29,9	30,7	29,64	27,9
17:24:55	27,08	26,97	27,31	27,12	27,69	29,28	30,23	29,07	27,5
17:54:55	26,38	26,47	26,51	26,45	26,39	28,14	29,07	27,87	26,39
18:24:55	25,26	25,12	25,06	25,15	25,73	27,42	28,52	27,22	24,75

18:54:55	24,41	24,33	24,29	24,34	24,52	26,16	27,39	26,02	23,26
19:24:55	23,9	23,65	23,84	23,80	23,33	24,76	25,93	24,67	22,51
13/mar									
07:24:55	18,45	17,74	17,93	18,04	19,35	20,87	22,64	20,95	23,3
07:54:55	18,59	17,87	18,23	18,23	20,05	21,21	22,77	21,34	21,12
08:24:55	18,34	18,06	17,94	18,11	20,16	20,2	22,7	21,02	21,29
08:54:55	19,03	19	18,75	18,93	20,91	21,68	23,48	22,02	22,2
09:24:55	20,26	20,19	19,73	20,06	21,67	22,63	24,05	22,78	23,52
09:54:55	21,58	21,21	21,05	21,28	22,99	23,68	25,05	23,91	24,16
10:24:55	22,72	22,64	22,72	22,69	24	24,92	26,26	25,06	25,51
10:54:55	23,85	23,86	23,66	23,79	24,8	26,12	27,1	26,01	26,58
11:24:55	25	24,82	24,81	24,88	26,2	27,43	28,38	27,34	27,75
11:54:55	25,64	25,31	25,34	25,43	26,26	27,89	28,42	27,52	27,52
12:24:55	26,03	25,58	26,26	25,96	26,62	27,85	28,82	27,76	31,42
12:54:55	26,36	26,54	27,03	26,64	26,91	28,87	29,74	28,51	30,01
13:24:55	26,53	25,88	26,14	26,18	27,45	29,15	29,55	28,72	28,87
13:54:55	26,8	25,59	26,58	26,32	27,28	27,88	28,92	28,03	29,78
14:24:55	28,06	28,08	28,16	28,10	28,71	29,9	30,81	29,81	30,61
14:54:55	28,17	28,14	28,28	28,20	29,21	30,64	31,37	30,41	30,16
15:24:55	28,07	28,41	28,28	28,25	29,36	30,82	31,47	30,55	29,51
15:54:55	27,82	28,02	28,21	28,02	29,31	30,46	31,11	30,29	29,48
16:24:55	27,98	28,07	27,92	27,99	29,28	30,46	30,99	30,24	28,97
16:54:55	27,82	28,1	27,11	27,68	29,05	30,04	30,76	29,95	28,44
17:24:55	27,23	27,72	26,75	27,23	27,78	29,12	29,9	28,93	27,62
17:54:55	26,49	27,26	26,15	26,63	26,92	28,18	29,02	28,04	26,51
18:24:55	26,03	26,33	24,95	25,77	26,12	27,05	27,92	27,03	25,1
18:54:55	24,52	23,94	23,95	24,14	25,05	25,76	26,8	25,87	23,36
19:24:55	23,38	22,63	22,77	22,93	23,94	24,36	25,51	24,60	22,18
14/mar									
07:24:55	18,81	18,15	17,97	18,31	19,16	20,32	21,78	20,42	17,68
07:54:55	19,72	18,61	18,37	18,90	20,14	21,15	23	21,43	20,62
08:24:55	19,82	19,23	18,63	19,23	20,52	21,11	22,88	21,50	21,93
08:54:55	19,91	19,97	19,5	19,79	21,32	21,95	23,69	22,32	22,61
09:24:55	21,52	20,92	20,44	20,96	22,2	23,22	24,09	23,17	23,7
09:54:55	22,07	21,87	21,53	21,82	23	24,03	24,95	23,99	24,54
10:24:55	23,09	23	22,63	22,91	24,14	24,88	26,06	25,03	25,58
10:54:55	24,76	24,24	24,23	24,41	25,71	26,51	27,46	26,56	27,89

11:24:55	26,27	25,99	26,12	26,13	26,6	27,73	28,56	27,63	29,26
11:54:55	26,82	26,71	26,83	26,79	27,61	28,86	29,58	28,68	29,75
12:24:55	27,79	27,43	27,59	27,60	28,36	29,44	30,24	29,35	30,63
12:54:55	28,18	28,26	28,26	28,23	29,17	30,15	30,89	30,07	31,24
13:24:55	29,2	29,17	28,35	28,91	29,58	30,72	31,35	30,55	32,95
13:54:55	29,38	29,33	28,57	29,09	30,17	31,29	32,01	31,16	33,63
14:24:55	29,56	29,66	28,51	29,24	30,1	31,24	31,93	31,09	34,53
14:54:55	29,78	29,67	28,78	29,41	30,37	31,26	32,11	31,25	33,99
15:24:55	29,69	30	28,77	29,49	30,37	31,52	32,31	31,40	32,25
15:54:55	29,77	29,92	28,77	29,49	30,51	31,39	32,06	31,32	31,39
16:24:55	29,34	29,94	28,83	29,37	30,43	31,42	32,03	31,29	30,58
16:54:55	28,9	29,2	28,1	28,73	29,84	31,12	31,65	30,87	29,87
17:24:55	28,18	28,33	27,38	27,96	28,56	29,92	30,68	29,72	28,06
17:54:55	27,34	27,46	26,49	27,10	27,65	28,81	29,64	28,70	27,49
18:24:55	26,49	26,69	25,83	26,34	26,84	27,94	28,85	27,88	26,03
18:54:55	25,94	26,06	25,28	25,76	26,02	27,1	28,12	27,08	25,26
19:24:55	25,2	25,29	24,74	25,08	25,28	26,18	27,22	26,23	24,68
15/mar									
07:24:55	21,92	21,6	21,45	21,66	21,55	22,9	24,18	22,88	21,12
07:54:55	22,21	20,97	21,2	21,46	22,22	23,29	24,71	23,41	22,18
08:24:55	22,68	22,07	21,7	22,15	22,41	23,53	24,81	23,58	23,61
08:54:55	22,82	22,66	22,14	22,54	22,99	23,98	25,34	24,10	24,25
09:24:55	23,6	23,44	22,9	23,31	23,22	24,39	25,74	24,45	25,18
09:54:55	23,86	24,23	24,03	24,04	23,94	24,87	26,17	24,99	26,74
10:24:55	24,44	24,61	24,56	24,54	24,86	26,08	26,93	25,96	29,27
10:54:55	25,52	25,57	25,25	25,45	25,94	27,04	28,26	27,08	31,09
11:24:55	26,72	26,68	26,64	26,68	27,28	28,22	29,06	28,19	30,78
11:54:55	26,87	26,78	27,09	26,91	27,11	28,22	29,11	28,15	30,67
12:24:55	27,68	27,79	27,93	27,80	27,95	28,83	29,96	28,91	31,04
12:54:55	27,85	27,94	27,98	27,92	28,6	29,57	30,42	29,53	31,47
13:24:55	27,8	27,88	28,09	27,92	28,44	29,69	30,35	29,49	31,71
13:54:55	28,42	28,69	28,63	28,58	29,42	30,03	31,03	30,16	33,24
14:24:55	29,56	29,72	29,62	29,63	30,16	30,86	32,12	31,05	32,6
14:54:55	29,01	29,21	28,63	28,95	29,42	30,28	31,47	30,39	32,23
15:24:55	29,78	29,74	29,45	29,66	30,99	31,49	32,55	31,68	31,72
15:54:55	29,29	29,25	28,83	29,12	30,16	30,68	31,51	30,78	29,88
16:24:55	28,26	28,34	27,92	28,17	28,6	29,43	30,34	29,46	28,64

16:54:55	27,51	27,9	27,26	27,56	28,12	28,98	30,13	29,08	28,97
17:24:55	26,79	27,03	26,67	26,83	27,07	28,17	29,13	28,12	26,96
17:54:55	26,39	26,52	26,16	26,36	26,58	27,39	28,61	27,53	26
18:24:55	26,12	26,14	25,8	26,02	26,03	26,67	27,94	26,88	25,18
18:54:55	25,2	25,1	25	25,10	24,99	25,96	27,1	26,02	24,25
19:24:55	24,43	24,31	24,44	24,39	24,6	25,16	26,52	25,43	23,92
16/mar									
07:24:55	22,4	22	21,81	22,07	22,94	23,73	25,25	23,97	22,15
07:54:55	23,27	22,31	22,18	22,59	23,27	23,58	24,92	23,92	22,8
08:24:55	23,5	22,53	22,57	22,87	23,58	24,15	25,55	24,43	23,74
08:54:55	24,01	23,44	23,05	23,50	23,84	24,43	25,89	24,72	24,66
09:24:55	24,27	23,89	23,53	23,90	24,13	25,06	26,46	25,22	26,42
09:54:55	25,52	25,59	25,35	25,49	25,83	26,62	27,76	26,74	30,13
10:24:55	25,9	26,13	25,65	25,89	26,54	27,48	28,52	27,51	31,59
10:54:55	27,47	27,44	26,94	27,28	27,66	28,43	29,39	28,49	32,72
11:24:55	28,04	27,82	27,62	27,83	28,12	28,85	29,88	28,95	31,71
11:54:55	28,44	28,23	27,86	28,18	28,53	29,32	30,49	29,45	34,57
12:24:55	29,16	28,95	28,64	28,92	29,56	30,28	31,5	30,45	34,09
12:54:55	29,34	29,36	29,1	29,27	29,78	30,34	31,6	30,57	33,92
13:24:55	29,79	29,6	29,4	29,60	30,21	30,89	32	31,03	35,79
13:54:55	30,32	30,37	29,91	30,20	30,68	31,49	32,55	31,57	35,82
14:24:55	30,55	30,56	29,9	30,34	30,76	31,24	32,52	31,51	34,87
14:54:55	29,99	30,06	29,3	29,78	29,98	30,79	31,94	30,90	31,89
15:24:55	28,71	28,91	28,2	28,61	28,84	29,9	31,13	29,96	30,31
15:54:55	28,25	28,34	27,39	27,99	27,52	28,66	29,88	28,69	30,62
16:24:55	28,08	28,36	27,98	28,14	28,65	29,26	30,54	29,48	30,3
16:54:55	27,25	27,52	27,2	27,32	27,78	28,85	30,08	28,90	28,62
17:24:55	26,91	27,18	26,76	26,95	27,49	28,37	29,61	28,49	28,29
17:54:55	27,72	27,44	27,07	27,41	27,66	28,07	29,42	28,38	28,03
18:24:55	26,41	26,69	26,39	26,50	26,8	27,48	28,77	27,68	26,19
18:54:55	25,16	25,49	25,23	25,29	25,29	26,13	27,64	26,35	24,74
19:24:55	24,82	24,95	24,74	24,84	25,06	25,83	27,14	26,01	24,17
17/mar									
07:24:55	23,83	23,66	23,44	23,64	24,19	24,73	26,12	25,01	23,89
07:54:55	24,25	23,68	23,82	23,92	24,34	24,95	26,35	25,21	25,05
08:24:55	24,7	23,87	23,73	24,10	24,54	24,6	26,68	25,27	25,87
08:54:55	24,64	24,32	23,98	24,31	25,17	25,52	26,92	25,87	26,39

09:24:55	25,5	24,95	24,67	25,04	25,59	26,07	27,3	26,32	27,64
09:54:55	25,83	25,4	25,07	25,43	26,19	26,63	27,84	26,89	28,82
10:24:55	25,41	25,61	24,95	25,32	26,25	26,7	28,04	27,00	29,21
10:54:55	26,41	26,46	26,2	26,36	26,83	27,33	28,68	27,61	31,03
11:24:55	26,4	26,51	26,99	26,63	27,28	27,89	29,1	28,09	30,47
11:54:55	27,57	27,6	27,83	27,67	27,75	28,24	29,69	28,56	31,52
12:24:55	28,24	28,05	28,33	28,21	28,39	28,77	30,58	29,25	33,52
12:54:55	28,79	28,63	28,94	28,79	29,05	29,51	31,12	29,89	30,99
13:24:55	26,63	26,56	26,62	26,60	26,35	27,96	29,23	27,85	29,49
13:54:55	27,8	27,53	27,74	27,69	28,67	29,57	30,34	29,53	30,53
14:24:55	27,79	27,47	27,58	27,61	27,69	28,38	29,42	28,50	29,02
14:54:55	28,06	27,79	27,62	27,82	27,94	28,4	29,35	28,56	30,01
15:24:55	27,43	27,09	27,34	27,29	27,68	28,3	29,33	28,44	28,58
15:54:55	26,35	26,44	26,95	26,58	27,12	27,84	28,76	27,91	27,48
16:24:55	25,27	24,93	25,56	25,25	26,12	27,08	28,21	27,14	27,94
16:54:55	25,09	24,99	25,65	25,24	26,16	27,1	28,18	27,15	27,28
17:24:55	25,27	25,29	26,02	25,53	26,23	27	28,23	27,15	27,46
17:54:55	26,27	26,06	25,76	26,03	26,42	26,89	28,17	27,16	26
18:24:55	25,42	25,13	25,39	25,31	25,79	26,71	27,93	26,81	24,93
18:54:55	24,5	24,21	24,53	24,41	24,99	25,82	27,07	25,96	24
19:24:55	23,84	23,72	24,04	23,87	24,74	25,19	26,41	25,45	23,39
18/mar									
07:24:55	23,34	23,06	23,64	23,35	23,96	25,25	26,51	25,24	23,59
07:54:55	23,82	23,54	23,79	23,72	23,97	25,2	26,28	25,15	24,1
08:24:55	24,48	24,04	24,71	24,41	24,66	25,58	26,73	25,66	25,93
08:54:55	24,98	25,04	25,12	25,05	25,66	26,35	27,54	26,52	29,48
09:24:55	26,06	25,7	26,2	25,99	25,79	26,64	27,8	26,74	30,04
09:54:55	26,74	26,52	26,67	26,64	26,64	27,23	28,36	27,41	30,97
10:24:55	27,22	27,27	27,07	27,19	27,39	27,95	28,97	28,10	30,65
10:54:55	27,66	27,46	26,87	27,33	27,92	28,24	29,3	28,49	33,36
11:24:55	27,02	27,09	26,88	27,00	27,7	28,09	29,19	28,33	30,21
11:54:55	27,46	26,87	27,38	27,24	28	28,82	29,58	28,80	31,37
12:24:55	28,6	28,41	27,82	28,28	28,9	29,19	30,03	29,37	31,68
12:54:55	29	28,41	27,96	28,46	28,75	29,15	29,87	29,26	33,4
13:24:55	29,03	28,98	28,54	28,85	29,08	29,55	30,46	29,70	32,95
13:54:55	28,54	28,61	27,87	28,34	28,59	29,4	30,37	29,45	33,52
14:24:55	28,19	28,13	27,88	28,07	28,49	29,39	30,29	29,39	29,7

14:54:55	25,78	25,98	25,74	25,83	26,08	27,3	28,48	27,29	28,15
15:24:55	26,93	27,24	26,89	27,02	27,54	28,48	29,72	28,58	30,34
15:54:55	28,03	28,14	27,5	27,89	28,07	29,24	30,17	29,16	30,99
16:24:55	28,51	28,18	28,07	28,25	28,67	28,99	29,91	29,19	30,39
16:54:55	28,33	28,47	28	28,27	28,21	28,62	29,55	28,79	29,77
17:24:55	28,03	27,72	27,33	27,69	27,46	28,28	29,38	28,37	28,09
17:54:55	26,19	26,26	26,17	26,21	26,41	27,76	28,76	27,64	24,3
18:24:55	24,43	24,28	24,27	24,33	24,59	25,86	27,04	25,83	23,39
18:54:55	23,96	23,9	23,89	23,92	24,34	25,52	26,69	25,52	23,53
19:24:55	23,94	24,06	23,86	23,95	24,29	25,37	26,58	25,41	23,53
19/mar									
07:24:55	21,31	20,84	21,06	21,07	22,44	22,71	24,71	23,29	22,14
07:54:55	21,27	21,27	21,54	21,36	23,17	23,41	25,37	23,98	22,72
08:24:55	22,41	21,82	22,16	22,13	23,87	24,13	25,93	24,64	24,25
08:54:55	23,19	22,88	22,57	22,88	23,99	24,74	26,26	25,00	25,33
09:24:55	23,37	23,06	22,91	23,11	24,12	24,87	26,31	25,10	24,8
09:54:55	24,01	23,63	23,05	23,56	24,31	25,05	26,42	25,26	25,73
10:24:55	24,78	24,39	23,27	24,15	25,39	25,74	27,13	26,09	27,63
10:54:55	25	24,39	23,09	24,16	25,35	26,09	27,27	26,24	27,42
11:24:55	25,61	25,19	24,32	25,04	26,17	26,56	27,82	26,85	28,32
11:54:55	26,32	26,08	24,63	25,68	26,36	26,77	28,06	27,06	29,81
12:24:55	26,44	26,13	24,29	25,62	26,92	27,61	28,62	27,72	30,53
12:54:55	26,94	26,41	25,86	26,40	27,49	28,25	29,1	28,28	30,71
13:24:55	27,48	26,93	26,6	27,00	27,93	28,41	29,25	28,53	31,72
13:54:55	27,32	27,28	26,16	26,92	27,12	27,96	28,86	27,98	30,08
14:24:55	27,04	26,74	26,46	26,75	27,02	27,74	28,25	27,67	29,58
14:54:55	27	26,79	26,47	26,75	27,07	27,49	28,26	27,61	28,44
15:24:55	26,73	26,75	26,44	26,64	27,05	27,54	28,35	27,65	28,24
15:54:55	26,75	26,73	26,16	26,55	27,01	27,46	28,59	27,69	28,1
16:24:55	26,59	26,61	26,22	26,47	26,97	27,54	28,7	27,74	27,72
16:54:55	26,51	26,62	26,03	26,39	26,95	27,52	28,6	27,69	27,4
17:24:55	26,25	26,38	26,11	26,25	26,75	27,49	28,56	27,60	26,43
17:54:55	25,56	25,34	25,23	25,38	26,07	26,63	27,8	26,83	25,27
18:24:55	24,26	23,78	23,83	23,96	25,14	26,11	27,25	26,17	23,39
18:54:55	22,99	22,83	22,89	22,90	23,94	25,07	26,36	25,12	22,52
19:24:55	22,86	22,74	22,65	22,75	23,6	24,63	25,94	24,72	22,44
20/mar									

07:24:55	20,9	20,44	20,55	20,63	22,22	22,73	24,88	23,28	20,01
07:54:55	21,2	20,42	20,71	20,78	22,69	23,22	25,09	23,67	20,82
08:24:55	21,47	20,93	21,28	21,23	23,56	23,87	25,92	24,45	22,14
08:54:55	21,04	21,63	21,8	21,49	23,06	22,14	25,57	23,59	23,01
09:24:55	22,22	22,09	22,35	22,22	23,68	23,8	26	24,49	24,89
09:54:55	23,41	23	21,89	22,77	23,87	24,69	25,91	24,82	26,19
10:24:55	23,22	23,13	22,48	22,94	23,48	24,36	25,76	24,53	24,74
10:54:55	23,27	23,1	22,89	23,09	23,56	24,86	26,39	24,94	25,94
11:24:55	24,65	24,42	24,56	24,54	25	25,69	26,92	25,87	28,64
11:54:55	24,97	24,85	24,47	24,76	24,74	25,63	27,08	25,82	28,18
12:24:55	24,52	24,44	24,59	24,52	24,79	25,3	26,83	25,64	26,65
12:54:55	24,2	23,84	24,58	24,21	24,3	25,44	26,79	25,51	27,28
13:24:55	24,25	24,14	24,27	24,22	24,74	26,12	27,43	26,10	28,12
13:54:55	24,93	24,88	24,85	24,89	25,39	26,62	28,06	26,69	29,45
14:24:55	25,67	25,6	25,78	25,68	26,13	27,08	28,4	27,20	29,26
14:54:55	25,18	25,24	24,85	25,09	25,61	26,79	28,07	26,82	27,46
15:24:55	25,24	25,06	24,56	24,95	25,94	26,97	28,32	27,08	27,62
15:54:55	25,25	25,35	25,22	25,27	25,47	26,81	27,95	26,74	27,52
16:24:55	25,25	25,24	25,31	25,27	25,92	26,99	28,11	27,01	26,72
16:54:55	25,8	25,64	25,65	25,70	26,11	27,1	28,28	27,16	27,76
17:24:55	25,87	25,97	25,73	25,86	26,3	27,16	28,26	27,24	26,75
17:54:55	25,59	25,55	25,52	25,55	25,96	26,84	27,97	26,92	25,36
18:24:55	25,25	25,17	25,23	25,22	25,77	26,66	27,75	26,73	24,56
18:54:55	24,78	24,46	24,49	24,58	24,74	25,89	26,91	25,85	23,37
19:24:55	23,72	23,67	23,7	23,70	23,97	24,85	25,95	24,92	22,8
21/mar									
07:24:55	21,32	20,72	21,36	21,13	21,2	22,37	24,22	22,60	20,53
07:54:55	21,84	21,19	21,03	21,35	21,44	22,71	23,86	22,67	22,54
08:24:55	22,12	21,51	21,9	21,84	23,38	23,44	25,31	24,04	23,81
08:54:55	23,03	22,82	23,09	22,98	23,71	24,31	25,84	24,62	25,64
09:24:55	24,22	23,84	23,61	23,89	24,44	25,39	26,42	25,42	26,79
09:54:55	24,98	24,87	25,29	25,05	23,98	26,24	27,19	25,80	28,15
10:24:55	26,19	25,53	25,84	25,85	26,38	27,24	28,05	27,22	29,43
10:54:55	26,98	26,64	26,52	26,71	26,75	27,68	28,19	27,54	29,74
11:24:55	27,13	27,42	27,03	27,19	27,62	28,26	28,8	28,23	31,96
11:54:55	27,63	28,11	27,97	27,90	28,07	28,57	29,21	28,62	33,33
12:24:55	28,5	28,13	28,44	28,36	28,94	29,1	29,83	29,29	34,1

12:54:55	29,45	29,03	29,22	29,23	29,74	30,1	30,49	30,11	35,83
13:24:55	28,72	28,63	29,13	28,83	29,34	29,69	30,17	29,73	34,94
13:54:55	28,93	28,92	28,69	28,85	29,46	29,58	30,24	29,76	35,06
14:24:55	29,4	29,8	28,84	29,35	29,87	29,97	30,29	30,04	34,71
14:54:55	29,81	29,41	29,49	29,57	30,4	30,24	30,43	30,36	35,25
15:24:55	29,58	29,19	29,03	29,27	30,77	30,46	30,46	30,56	34,65
15:54:55	28,75	28,97	28,85	28,86	29,61	29,46	30,09	29,72	32,6
16:24:55	28,37	28,47	28,69	28,51	28,76	29,08	29,77	29,20	30,2
16:54:55	27,43	27,15	27,32	27,30	27,98	28,03	29,46	28,49	28,09
17:24:55	26,62	26,23	26,25	26,37	26,93	27,57	28,78	27,76	26,68
17:54:55	25,23	24,83	24,74	24,93	25,89	26,73	27,84	26,82	25,11
18:24:55	24,77	24,6	24,28	24,55	24,93	26,08	27,32	26,11	23,87
18:54:55	23,89	23,86	23,88	24	25,11	26,28	25,13		

ANEXO II

ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS DA PRIMEIRA ETAPA

Protótipos 2, 3 e 4

Analysis of Variance Procedure Class Level Information

Class	Levels	Values
INTERV	4	inter1 inter2 inter3 inter4
PROTOT	3	1 2 3

Number of observations in data set = 1991

NOTE: Due to missing values, only 1983 observations can be used in this analysis.

Dependent Variable: TBS

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	7180.02616168	1436.00523234	271.04	0.0001
Error	1977	10474.50507382	5.29818163		
Corrected Total	1982	17654.53123550			

R-Square	C.V.	Root MSE	TBS Mean
0.406696	8.290635	2.301777	27.76359052

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
INTERV	3	7166.78466152	2388.92822051	450.90	0.0001
PROTOT	2	13.24150016	6.62075008	1.25	0.2868

Como $Pr=0.2868(>0.1)$, não há evidência de diferença significativa entre os protótipos 2, 3 e 4 (como comprova o teste de Tukey abaixo).

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: TBS

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate.

Alpha= 0.1 Confidence= 0.9 df= 1977 MSE= 5.298182
Critical Value of Studentized Range= 2.904

Comparisons significant at the 0.1 level are indicated by '****'.

PROTOT Comparison		Simultaneous Lower Confidence Limit	Difference Between Means	Simultaneous Upper Confidence Limit
1	- 3	-0.1664	0.0930	0.3524
1	- 2	-0.0601	0.2003	0.4607
3	- 1	-0.3524	-0.0930	0.1664
3	- 2	-0.1528	0.1074	0.3676
2	- 1	-0.4607	-0.2003	0.0601
2	- 3	-0.3676	-0.1074	0.1528

Dependent Variable: ENTALPIA

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	24368.72606653	4873.74521331	139.00	0.0001
Error	1961	68756.53120605	35.06197410		
Corrected Total	1966	93125.25727258			

R-Square	C.V.	Root MSE	ENTALPIA Mean
0.261677	6.801703	5.921315	87.05636604

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
INTERV	3	16658.06253234	5552.68751078	158.37	0.0001
PROTOT	2	7710.66353419	3855.33176710	109.96	0.0001

Como $Pr=0.0001 (<0.1)$, há evidência de diferença significativa entre os protótipos 2, 3 e 4 (como comprova o teste de Tukey abaixo).

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: ENTALPIA

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate.

Alpha= 0.1 Confidence= 0.9 df= 1961 MSE= 35.06197
Critical value of Studentized Range= 2.904

comparisons significant at the 0.1 level are indicated by '***'.

PROTOT Comparison		Simultaneous Lower Confidence Limit	Difference Between Means	Simultaneous Upper Confidence Limit	
2	- 1	3.3536	4.0255	4.6974	***
2	- 3	3.6852	4.3566	5.0280	***
1	- 2	-4.6974	-4.0255	-3.3536	***
1	- 3	-0.3403	0.3311	1.0025	
3	- 2	-5.0280	-4.3566	-3.6852	***
3	- 1	-1.0025	-0.3311	0.3403	

Protótipos 2, 3, 4 e Ambiente Externo

Analysis of Variance Procedure Class Level Information

Class	Levels	Values
INTERV	4	inter1 inter2 inter3 inter4
PROTOT	4	1 2 3 4

Number of observations in data set = 2656

NOTE: Due to missing values, only 2648 observations can be used in this analysis.

Dependent Variable: TBS

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	6	12252.04613365	2042.00768894	315.86	0.0001
Error	2641	17074.00374173	6.46497680		
Corrected Total	2647	29326.04987538			

R-Square	C.V.	Root MSE	TBS Mean
0.417787	9.180090	2.542631	27.69724320

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
INTERV	3	12204.04575301	4068.01525100	629.24	0.0001
PROTOT	3	48.00038064	16.00012688	2.47	0.0598

Como $Pr=0.0598(<0.1)$, há evidência de diferença significativa entre os protótipos 2, 3, 4 e ambiente externo (como comprova o teste de Tukey abaixo).

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: TBS

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate.

Alpha= 0.1 Confidence= 0.9 df= 2641 MSE= 6.464977
Critical value of Studentized Range= 3.242

Comparisons significant at the 0.1 level are indicated by '***'.

PROTOT Comparison		Simultaneous Lower Confidence Limit	Difference Between Means	Simultaneous Upper Confidence Limit	
1	- 3	-0.2269	0.0930	0.4129	
1	- 2	-0.1208	0.2003	0.5214	
1	- 4	0.0416	0.3615	0.6814	***
3	- 1	-0.4129	-0.0930	0.2269	
3	- 2	-0.2135	0.1074	0.4282	
3	- 4	-0.0511	0.2686	0.5882	
2	- 1	-0.5214	-0.2003	0.1208	
2	- 3	-0.4282	-0.1074	0.2135	
2	- 4	-0.1597	0.1612	0.4821	
4	- 1	-0.6814	-0.3615	-0.0416	***
4	- 3	-0.5882	-0.2686	0.0511	
4	- 2	-0.4821	-0.1612	0.1597	

ANEXO III

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS TEMPERATURAS DE BULBO SECO NA
SEGUNDA ETAPA**

Welcome to Minitab, press F1 for help.

One-way ANOVA: MEDTEMP versus TRATAM

Analysis of Variance for MEDTEMP

Source	DF	SS	MS	F	P
TRATAM	2	24,95	12,48	3,99	0,024
Error	54	169,04	3,13		
Total	56	194,00			

Através do valor p encontrado acima para testar diferença entre os tratamentos - a um nível de significância de 0,05 (alfa = 5%) - rejeitamos a hipótese de as médias dos tratamentos serem iguais. Ou seja, conclui-se que há pelo menos um tratamento diferente.

Para determinarmos qual dos tratamentos fornece maior média de temperatura máxima, faremos o teste Tukey para comparações 2 a 2.

				Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev		
Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----		
4	19	28,929	1,927	(------*-----)		
5	19	29,642	1,728	(-----*-----)		
6	19	30,546	1,641	(-----*-----)		
Pooled StDev = 1,769				29,0	30,0	31,0

Tukey's pairwise comparisons

Family error rate = 0,0500
Individual error rate = 0,0193

Critical value = 3,41

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

	4	5
5	-2,097 0,672	
6	-3,001 -0,233	-2,288 0,480

Através dos resultados obtidos na tabela acima concluímos que apenas os tratamentos "4" e "6" possuem diferença estatística significativa, pois no cruzamento dos tratamentos "4" e "6" observamos um intervalo de confiança (para a diferença desses tratamentos) que não inclui o valor zero.

ANEXO IV

ANÁLISE ESTATÍSTICA DO GANHO DE PESO VS SETORES DE G2

General Linear Model

Factor	Type	Levels	Values
SETOR	fixed	3 4 5 6	
dia	fixed	3 21 28 35	

Analysis of Variance for GP(kg), using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
SETOR	2	0,00155	0,00155	0,00078	0,91	0,471
dia	2	1,08460	1,08460	0,54230	639,67	0,000
Error	4	0,00339	0,00339	0,00085		
Total	8	1,08955				

Expected Mean Squares, using Adjusted SS

Source	Expected Mean Square for Each Term
1 SETOR	(3) + Q[1]
2 dia	(3) + Q[2]
3 Error	(3)

Error Terms for Tests, using Adjusted SS

Source	Error DF	Error MS	Synthesis of Error MS
1 SETOR	4,00	0,00085	(3)
2 dia	4,00	0,00085	(3)

Variance Components, using Adjusted SS

Source	Estimated Value
Error	0,00085

Least Squares Means for GP(kg)

SETOR	Mean	StDev
4	1,1683	0,01681
5	1,1693	0,01681
6	1,1410	0,01681
dia		
21	0,7277	0,01681
28	1,1733	0,01681
35	1,5777	0,01681

Tukey 95.0% Simultaneous Confidence Intervals
 Response Variable GP(kg)
 All Pairwise Comparisons among Levels of SETOR

SETOR = 4 subtracted from:

SETOR	Lower	Center	Upper	
5	-0,0837	0,00100	0,08572	(-----+-----+-----+-----)
6	-0,1121	-0,02733	0,05739	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----
 -0,060 0,000 0,060

SETOR = 5 subtracted from:

SETOR	Lower	Center	Upper	-----+-----+-----+-----
6	-0,1131	-0,02833	0,05639	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----
				-0,060 0,000 0,060

Tukey Simultaneous Tests
 Response Variable GP(kg)
 All Pairwise Comparisons among Levels of SETOR

SETOR = 4 subtracted from:

Level	Difference	SE of		Adjusted
SETOR	of Means	Difference	T-Value	P-Value
5	0,00100	0,02377	0,042	0,9990
6	-0,02733	0,02377	-1,150	0,5381

SETOR = 5 subtracted from:

Level	Difference	SE of		Adjusted
SETOR	of Means	Difference	T-Value	P-Value
6	-0,02833	0,02377	-1,192	0,5173

ANEXO V

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DO GANHO DE PESO -G1 vs GANHO DE
PESO - G2**

General Linear Model

Factor	Type	Levels	Values
GALPÃO	fixed	2	1 2
SETOR	fixed	3	1 2 3
DIA	fixed	3	21 28 35

Analysis of Variance for GP(kg), using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
GALPÃO	1	0,00100	0,00100	0,00100	1,75	0,211
SETOR	2	0,00117	0,00117	0,00058	1,02	0,389
DIA	2	2,30342	2,30342	1,15171	2016,98	0,000
Error	12	0,00685	0,00685	0,00057		
Total	17	2,31244				

Unusual Observations for GP(kg)

Obs	GP(kg)	Fit	StDev Fit	Residual	St Resid
18	1,53000	1,58289	0,01380	-0,05289	-2,71R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Expected Mean Squares, using Adjusted SS

Source	Expected Mean Square for Each Term
1 GALPÃO	(4) + Q[1]
2 SETOR	(4) + Q[2]
3 DIA	(4) + Q[3]
4 Error	(4)

Error Terms for Tests, using Adjusted SS

Source	Error DF	Error MS	Synthesis of Error MS
1 GALPÃO	12,00	0,00057	(4)
2 SETOR	12,00	0,00057	(4)
3 DIA	12,00	0,00057	(4)

Variance Components, using Adjusted SS

Source	Estimated Value
Error	0,00057

Least Squares Means for GP(kg)

GALPÃO	Mean	StDev
1	1,1744	0,007965
2	1,1596	0,007965
SETOR		
1	1,1737	0,009755
2	1,1717	0,009755
3	1,1557	0,009755
DIA		
21	0,7255	0,009755
28	1,1738	0,009755

35 1,6017 0,009755

Tukey 95.0% Simultaneous Confidence Intervals
Response Variable GP(kg)
All Pairwise Comparisons among Levels of GALPÃO

GALPÃO = 1 subtracted from:

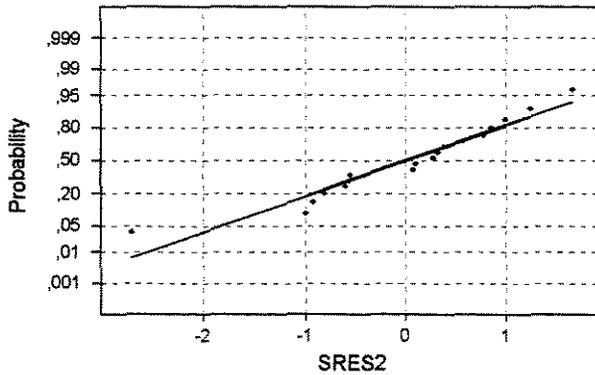
GALPÃO	Lower	Center	Upper	
2	-0,03943	-0,01489	0,009655	-----+-----+-----+----- (-----*-----) -----+-----+-----+----- -0,030 -0,015 0,000

Tukey Simultaneous Tests
Response Variable GP(kg)
All Pairwise Comparisons among Levels of GALPÃO

GALPÃO = 1 subtracted from:

Level	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
GALPÃO 2	-0,01489	0,01126	-1,322	0,2109

Normal Probability Plot



Average: 0,000000
STDev: 1,02888
N: 18

Anderson-Darling Normality Test
A-Squared: 0,341
P-Value: 0,454

ANEXO VI

MODELOS MATEMÁTICOS DE PRODUÇÃO vs AMBIENTE

Regression Analysis: M.Sub. % versus UR; Tbs (dados simulados)
 The regression equation is

$$\text{M.Sub. \%} = -0,180 + 0,00162 \text{ UR} + 0,00187 \text{ Tbs}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	-0,17981	0,06802	-2,64	0,011	
UR	0,0016202	0,0006212	2,61	0,013	1,2
Tbs	0,0018724	0,0007445	2,52	0,016	1,2

S = 0,01375 R-Sq = 18,0% R-Sq(adj) = 14,1%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	0,0017461	0,0008731	4,62	0,015
Residual Error	42	0,0079407	0,0001891		
Total	44	0,0096868			

Source	DF	Seq SS
UR	1	0,0005501
Tbs	1	0,0011960

Unusual Observations

Obs	UR	M.Sub. %	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
14	98,8	0,04900	0,04168	0,00744	0,00732	0,63 X
15	99,5	0,04900	0,03998	0,00735	0,00902	0,78 X

X denotes an observation whose X value gives it large influence.

Regression Analysis: M.Sub.% versus Tbs; UR
 The regression equation is

$$\text{M.Sub.\%} = -0,181 + 0,00173 \text{ Tbs} + 0,00184 \text{ UR}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	-0,1806	0,1133	-1,59	0,117	
Tbs	0,001726	0,001975	0,87	0,386	1,8
UR	0,0018400	0,0007431	2,48	0,016	1,8

S = 0,02054 R-Sq = 11,7% R-Sq(adj) = 8,5%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	0,0030326	0,0015163	3,59	0,034
Residual Error	54	0,0227821	0,0004219		
Total	56	0,0258147			

Source	DF	Seq SS
Tbs	1	0,0004457
UR	1	0,0025869

Unusual Observations

Obs	Tbs	M.Sub.%	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
12	30,5	0,02400	0,01085	0,00841	0,01315	0,70 X
38	30,5	0,08400	0,03305	0,00289	0,05095	2,51R
50	32,3	0,00000	0,04127	0,00667	-0,04127	-2,12R
52	32,6	0,08300	0,04065	0,00674	0,04235	2,18R
57	30,5	0,09500	0,04429	0,00615	0,05071	2,59R

R denotes an observation with a large standardized residual
 X denotes an observation whose X value gives it large influence.

Regression Analysis: M.Sub. % versus Tbs; Ur
 The regression equation is

$$\text{M.Sub. \%} = -0,185 + 0,00176 \text{ Tbs} + 0,00173 \text{ UR}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	-0,18513	0,06657	-2,78	0,008	
Tbs	0,0017553	0,0007305	2,40	0,021	1,2
UR	0,0017279	0,0006090	2,84	0,007	1,2

S = 0,01345 R-Sq = 19,4% R-Sq(adj) = 15,5%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	0,0017849	0,0008924	4,93	0,012
Residual Error	41	0,0074189	0,0001809		
Total	43	0,0092037			

Source	DF	Seq SS
Tbs	1	0,0003280
UR	1	0,0014568

Unusual Observations

Obs	Tbs	M.Sub. %	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
14	32,8	0,04900	0,04316	0,00728	0,00584	0,52 X
15	31,3	0,03600	0,04172	0,00720	-0,00572	-0,50 X

X denotes an observation whose X value gives it large influence.

The regression equation is

$$\text{GP} = 0,902 - 0,00531 \text{ H}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,9018	0,1539	5,86	0,001
H	-0,005309	0,001597	-3,33	0,016

S = 0,02791 R-Sq = 64,8% R-Sq(adj) = 59,0%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0,0086135	0,0086135	11,06	0,016
Residual Error	6	0,0046740	0,0007790		
Total	7	0,0132875			

The regression equation is

$$\text{G.Peso} = 0,651 + 0,00151 \text{ H} - 0,0899 \text{ semana}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	0,6512	0,1827	3,56	0,016	
H	0,001505	0,003789	0,40	0,708	8,2

semana -0,08993 0,04683 -1,92 0,113 8,2

S = 0,02320 R-Sq = 79,8% R-Sq(adj) = 71,7%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	0,0105974	0,0052987	9,85	0,018
Residual Error	5	0,0026901	0,0005380		
Total	7	0,0132875			

Source	DF	Seq SS
H	1	0,0086135
semana	1	0,0019840