

**ROLF JENTZSCH**

**ESTUDO DE MODELOS REDUZIDOS DESTINADOS À  
PREDIÇÃO DE PARÂMETROS TÉRMICOS AMBIENTAIS EM  
INSTALAÇÕES AGRÍCOLAS**

Tese apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das exigências  
do Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Agrícola para obtenção do título de “Doctor  
Scientiae”.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2002

Alemanha

Brasil

Minas Gerais

Belo Horizonte

Viçosa

UFV

DEA

DEC

DAU

.  
. .  
.

Dedico a todos aqueles que me acompanham e  
dão significado a esta jornada.

## **AGRADECIMENTO**

À Universidade Federal de Viçosa - UFV, por meio do Departamento de Engenharia Agrícola pela oportunidade concedida.

Aos meus pais, meu irmão e minha irmã, e principalmente a minha esposa Maria da Graça Nemer Jentzsch, meus filhos Márcia e André, e minha neta Alice, pelo carinho e dedicação.

Aos professores da UFV, em particular a Fernando da Costa Baêta, Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, Paulo Roberto Cecon, Guido Damasceno, Jadir Nogueira da Silva, Evandro de Castro Melo, Sérgio Zolnier e Aristides Ribeiro, pela orientação, pelos ensinamentos e pelas sugestões.

Ao professor Ricardo Frederico Euclides e aos funcionários José Geraldo e Bonifácio, do Setor de Melhoramento de Aves do Departamento de Zootecnia da UFV, pelo apoio e auxílio nos trabalhos de campo.

Aos colegas de curso e aos amigos Tadayuki, Moisés, Sandra, Rosana, Eraldo, Alexandra, Marcelo e Modesto.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

ROLF JENTZSCH, filho de Kurt Emil Jentzsch e Lieselotte Karla Otilie Jentzsch, nasceu em Hohenlimburg, Alemanha, em 23 de janeiro de 1951. Mudou com a família para o Brasil em 1959 e naturalizou-se brasileiro em 1984.

Em julho de 1976, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

Em agosto de 1976, foi selecionado para o corpo docente da Universidade Federal de Viçosa e lotado no Departamento de Engenharia Agrícola.

Em julho de 1981, obteve o título de Magister Scientiae em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

Em março de 1998, iniciou o curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, na área de Construções Rurais e Ambiente, nível de Doutorado, na Universidade Federal de Viçosa.

## ÍNDICE

|                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------|-----|
| RESUMO .....                                                         | vii |
| ABSTRACT .....                                                       | ix  |
| 1. INTRODUÇÃO .....                                                  | 1   |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....                                        | 4   |
| 2.1. Temperatura absoluta do ar (Tbs) .....                          | 5   |
| 2.2. Temperatura de globo negro (Tgn) .....                          | 6   |
| 2.3. Índice de temperatura e umidade (ITU) .....                     | 7   |
| 2.4. Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU).....      | 8   |
| 2.5. Carga térmica de radiação (CTR) .....                           | 9   |
| 2.6. Protótipos e modelos reduzidos .....                            | 10  |
| 2.6.1 Teoria da similitude .....                                     | 12  |
| 2.6.2. Uso de modelos reduzidos.....                                 | 16  |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS.....                                           | 21  |
| 3.1. Caracterização climática e localização do experimento.....      | 21  |
| 3.2. Características do galpão de recria de matrizes pesadas.....    | 22  |
| 3.3. Análise Dimensional .....                                       | 23  |
| 3.3.1. Escolha das variáveis .....                                   | 23  |
| 3.3.2. Determinação dos termos $\pi$ .....                           | 25  |
| 3.3.3. Condições de operação e critérios de projeto dos modelos..... | 27  |
| 3.4. Características dos modelos reduzidos .....                     | 29  |

|                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.5. Instrumentação e medições .....                                                                     | 33  |
| 3.5.1. Sensores de temperatura.....                                                                      | 33  |
| 3.5.2. Sensores de velocidade do ar.....                                                                 | 35  |
| 3.5.3. Sensor de radiação solar .....                                                                    | 36  |
| 3.6. Delineamento experimental .....                                                                     | 36  |
| 3.7. Análise de similitude .....                                                                         | 36  |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                                                          | 37  |
| 4.1. Análise de variância .....                                                                          | 37  |
| 4.1.1. Temperatura de bulbo seco (Tbs).....                                                              | 39  |
| 4.1.2. Temperatura de bulbo úmido (Tbu) .....                                                            | 42  |
| 4.1.3. Velocidade do ar (Var) .....                                                                      | 44  |
| 4.1.4. Temperatura de globo negro (Tgn) .....                                                            | 48  |
| 4.1.5. Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU).....                                        | 50  |
| 4.2. Análise de similitude .....                                                                         | 52  |
| 4.2.1. Considerações sobre o fator de distorção $\alpha_1$ .....                                         | 54  |
| 4.2.2. Considerações sobre o fator de distorção $\alpha_2$ .....                                         | 55  |
| 4.2.3. Considerações sobre o fator de distorção $\alpha_3$ .....                                         | 56  |
| 4.2.4. Considerações sobre o fator de distorção $\alpha_4$ .....                                         | 58  |
| 4.2.5. Considerações sobre o fator de distorção $\alpha_5$ .....                                         | 59  |
| 4.2.6. Considerações sobre o fator de predição $\delta$ .....                                            | 61  |
| 5. RESUMO E CONCLUSÕES.....                                                                              | 63  |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                                                          | 67  |
| ANEXO 1 Determinação dos termos $\pi$ .....                                                              | 70  |
| ANEXO 2 Critérios de projeto para a construção dos modelos .....                                         | 75  |
| ANEXO 3 Calibração dos Sensores de Temperatura .....                                                     | 78  |
| ANEXO 4 Valores Corrigidos dos Dados Coletados.....                                                      | 81  |
| ANEXO 5 Valores horários e médias horárias do ITGU .....                                                 | 92  |
| ANEXO 6 Valores das médias horárias dos termos $\pi$ variáveis e<br>valores dos termos $\pi$ fixos ..... | 97  |
| ANEXO 7 Fatores de distorção e de predição .....                                                         | 102 |

## RESUMO

JENTZSCH, Rolf, D.S., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2002.  
**Estudo de modelos reduzidos destinados à predição de parâmetros térmicos ambientais em instalações agrícolas.** Orientador: Fernando da Costa Baêta. Conselheiros: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco e Paulo Roberto Cecon.

O uso de modelos reduzidos tem sido uma alternativa para a avaliação do desempenho térmico de edificações. A sua utilização requer entretanto o entendimento claro dos princípios de similitude que regem a relação entre o protótipo e o modelo. Considerando a importância do uso de modelos reduzidos no estudo do conforto térmico na criação de aves, desenvolveu-se este trabalho com os objetivos de: a) determinar as relações necessárias para que o comportamento dos parâmetros de conforto térmico de uma instalação em escala natural possa ser determinada a partir das observações em um modelo reduzido; e b) testar em um galpão de criação de frangos de corte e três modelos reduzidos, a validade das relações propostas e determinar a escala de redução ideal para este tipo de experimento. A pesquisa foi realizada utilizando um galpão de recria de aves como protótipo e três modelos reduzidos, nas escalas de 1:4, 1:8 e 1:12. Para a análise dimensional foram selecionadas dez variáveis que influenciam o fenômeno, utilizando o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) como indicador do ambiente térmico. Utilizando o teorema  $\pi$

de Buckingham, foram determinados os seis termos  $\pi$  necessários para estabelecer a similaridade de comportamento e estabelecidas as condições de operação e de construção dos modelos reduzidos. Foram registradas as temperaturas de bulbo seco, bulbo úmido, globo negro, velocidade do ar e radiação solar global. Com base nestes dados, foram calculados os ITGUs necessários, os valores dos seis termos  $\pi$  para o protótipo e os modelos, e, os fatores de distorção  $\alpha$  e o fator de predição  $\delta$ ., Considerando os resultados obtidos neste experimento, conclui-se que as distorções existentes nos modelos praticamente não influenciaram o fator de predição, podendo este ser considerado igual a unidade. Para as condições de operação e critérios de projeto estabelecidos conforme metodologia proposta, utilizando o ITGU como índice térmico ambiental de instalações agrícolas, é possível prever as condições térmicas ambientais em um protótipo a partir de modelos reduzidos de até 12 vezes.

## ABSTRACT

JENTZSCH, Rolf, D.S., Universidade Federal de Viçosa, November de 2002.  
**Study of reduced models destined to the prediction of environmental thermal parameters in agricultural facilities** Adviser: Fernando da Costa Baêta. Committee Members: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco and Paulo Roberto Cecon.

The use of reduced models has been an option to evaluate the thermal performance of buildings. However its use demands a clear understanding of the resemblance principles on which the relation of the prototype and model are based. Considering the importance of the use of reduced models to the study of thermal confort on the breeding of poultry, this work has been developed the following objectives: a) determine the necessary relations to make possible the behavior of thermal comfort parameters on an installation in natural scale could be determined by the observation of a reduced model; and b) test on a poultry breeding facility and on three reduced models the validity of the relations that had been proposed and to find the ideal scale to this kind of experiment. The research was done using a poultry facility as prototype and three reduced models on scales 1:4, 1:8 e 1:12. To the dimensional analysis ten variables were chosen that had influence on the phenomenon, using the black globe temperature and humidity index (ITGU) as a indicative of thermal environment. Using

Buckingham's  $\pi$  theorem it was possible to find the six necessary  $\pi$  terms to establish the similarities of behavior and the conditions to operate and to build the reduced models. The temperatures of dry bulb, wet bulb and black globe, air velocity and solar radiation. Based on these data were calculated the necessary ITGUs, the values of the six  $\pi$  terms, the distortion factor  $\alpha$  and the prediction factor  $\delta$ . Considering the results of this experiment it was seen that the existing distortions on the models practically had not interfered on the prediction factor and it can be consider equal to the unity. To operation conditions and project established criteria as the proposed methodology, using the ITGU as thermal environmental index on agricultural installations it is possible to predict the thermal environmental conditions of prototypes based on models 12 times smaller.

## **1. INTRODUÇÃO**

No século XX verificou-se um grande aumento na produtividade animal devido ao desenvolvimento tecnológico, sendo que as áreas que mais se destacaram foram a do melhoramento genético, nutrição, manejo e sanidade. Entretanto, para que todo o potencial genético do animal seja aproveitado, torna-se necessário, também, o desenvolvimento de outras áreas envolvidas na produção, como o ambiente de criação. Desta forma, para se garantir o máximo de produtividade é imprescindível um elevado potencial genético, aliado a uma alimentação com nível nutricional adequado, em ambiente asséptico e termicamente ajustado às necessidades animais.

A grande maioria dos sistemas produtivos utilizam instalações que têm como principais características o confinamento de um número elevado de animais por área e a restrição do espaço de locomoção. Estas características tornam necessário que as instalações atendam, entre outras, às exigências de conforto térmico dos animais, uma vez que restringem as possibilidades do próprio animal se ajustar ao ambiente térmico, deslocando-se para um ambiente mais favorável.

Dentre os fatores ambientais, os que caracterizam o ambiente térmico estão entre aqueles de maior influência sobre a produtividade animal. O estresse térmico pode ser definido como sendo qualquer condição em que a temperatura efetiva ambiental esteja fora da zona de termoneutralidade, na qual os mecanismos termoregulatórios do animal atuam com esforço mínimo para manter a temperatura corporal constante (BAÊTA, 1997; RIVERO, 1986).

O conhecimento das condições climáticas do local da edificação, ou agentes ambientais, são de importância fundamental para o projeto. Normalmente são utilizadas as condições térmicas mais desfavoráveis como balizadores do mesmo, sendo os dados mais importantes as temperaturas médias máximas e mínimas, a temperatura média, a umidade relativa, a velocidade do ar e a radiação térmica.

Entre os meios disponíveis para o controle do ambiente térmico encontram-se, desde os mais simples, como a geometria e orientação do abrigo, uso de cortinas e lanternim, até os mais sofisticados com ventiladores e painéis porosos para o resfriamento adiabático evaporativo. A escolha de quais meios serão utilizados depende dos critérios de desempenho estabelecidos para o projeto.

Uma vez definido o projeto do abrigo, é necessário testar o seu desempenho, o que pode ser feito de duas maneiras: testes em protótipos em escala natural ou em modelos reduzidos.

O uso de modelos é uma ferramenta largamente utilizada na engenharia, porém o seu uso requer o entendimento claro dos princípios que regem a relação entre o modelo e o protótipo. Para que o comportamento de um protótipo possa ser determinado a partir de um modelo é necessário que ambos se comportem de maneira qualitativamente similar e que uma relação quantitativa possa ser estabelecida entre eles.

De acordo com SCHURING (1977), os modelos em escala, atendidos determinados critérios de similitude, podem ser substitutos válidos para sistemas que, por alguma razão, não podem ser estudados em protótipos de tamanho natural. A reprodução em escala de fenômenos físicos pode ser vantajosa por quatro razões: primeiro, quando o problema tratado é muito complexo ou pouco conhecido, sendo necessárias informações empíricas

para uma abordagem analítica; segundo, os modelos reduzidos possibilitam a redução do sistema a proporções que facilitam o seu manuseio; terceiro, permitem uma diminuição no tempo gasto na pesquisa; e, quarto, proporciona uma maior compreensão do fenômeno investigado.

A teoria da similitude é desenvolvida pela análise dimensional e tem como objetivos estabelecer as relações necessárias para que o comportamento de um protótipo possa ser determinado a partir das observações em um modelo e estabelecer as relações existentes entre as variáveis envolvidas no fenômeno, de forma que os dados possam ser sistematizados com segurança (KÖLTZSCH e WALDEN, 1990).

O elevado custo envolvido na construção de instalações agrícolas para a pesquisa de novas tecnologias, como por exemplo galpões para criação de frangos de corte, muitas vezes inviabilizam a execução de um experimento por falta de recursos. Neste aspecto, o uso de modelos reduzidos para determinar o desempenho térmico de uma instalação pode contribuir significativamente para a redução do custo da pesquisa, permitindo ainda testar várias configurações através da alteração do modelo a um custo mais reduzido que em um protótipo em escala natural.

Contudo, a grande maioria dos trabalhos desenvolvidos na área do conforto térmico para a produção animal envolvem o estudo em protótipos ou em modelos reduzidos de modo independente, não estabelecendo uma relação qualitativa e quantitativa entre eles, com vistas ao melhor entendimento das semelhanças térmicas.

Considerando a importância do uso de modelos reduzidos no estudo do conforto térmico na criação de aves, este trabalho teve como objetivos:

- determinar, através da análise dimensional, as relações necessárias para que o comportamento dos parâmetros de conforto térmico de uma instalação em escala natural possa ser determinada a partir das observações em um modelo reduzido; e
- testar em um galpão de criação de frangos de corte e três modelos reduzidos com diferentes escalas, a validade das relações propostas e determinar a escala de redução ideal para este tipo de experimento.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Na natureza, os animais selvagens sobrevivem graças a sua habilidade de locomoção e de seleção de um ambiente confortável e adequado. Desde que o homem começou a domesticar os animais, tem restringido a sua “liberdade” de selecionar o melhor ambiente, levando a produção animal, muitas vezes, para regiões em que o clima é desfavorável ao seu pleno desenvolvimento e produção (LEAL, 1990). Por este motivo, cabe ao homem fornecer as condições ambientais ideais aos animais, sendo necessário para tanto, o conhecimento destas condições e dos meios para obtê-las.

A cadeia produtiva de alimentos de origem animal atualmente tem assumido cada vez mais as características de produção da indústria de bens de consumo duráveis. Tais características podem ser definidas como sendo a utilização intensiva de tecnologias, alto custo de investimento, elevada qualidade e homogeneidade do produto.

Analisando os sistemas produtivos, de acordo com BAUKE (1998) e PALMÉRIO (1998), verifica-se que os ganhos com a produção apresentam margens líquidas pequenas em relação ao capital investido. Neste caso, o aumento do retorno financeiro não é possível a partir do aumento do preço

do produto, mas sim com o aumento da produtividade e da escala de produção. Levando em conta que as margens de lucro em relação ao capital investido são pequenas, o aumento da produtividade, e consequentemente do lucro, só é possível com o investimento em tecnologia, abrangendo as instalações envolvidas no sistema. Estas instalações devem atender às exigências de durabilidade, economicidade, funcionalidade e conforto ambiental.

A partir do conhecimento das condições ótimas de conforto para a espécie e das condições climáticas do local, é possível determinar quais são as condições ambientais críticas a serem consideradas no projeto. Determinadas essas condições, pode-se estabelecer os meios que serão empregados para atingir as condições de conforto desejadas para que a produção animal apresente produtividade e rentabilidade adequada.

A temperatura do ar é provavelmente o fator bioclimático mais importante que influencia o ambiente físico do animal. Porém apenas a temperatura do ar não é suficiente para avaliar o ambiente térmico que atua no conforto térmico animal, uma vez que este é o somatório do efeito de vários fatores ambientais.

Os quatro fatores ambientais que têm maior influência sobre o conforto térmico ambiental são a temperatura, a umidade, o movimento do ar e a radiação (BUFFINGTON et al., 1981; RIVERO, 1986). Entretanto, a utilização isolada destes fatores não permite caracterizar adequadamente o ambiente térmico. Por esta razão, vários autores têm proposto a utilização de índices térmicos ambientais para caracterizar o ambiente térmico, como a temperatura de globo negro ( $T_{gn}$ ), o índice de temperatura e umidade (ITU), o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e a carga térmica de radiação (CTR), que combinam o efeito de dois ou mais fatores, e que são parâmetros importantes para subsidiar o planejamento e projeto de sistemas produtivos.

## **2.1. Temperatura absoluta do ar ( $T_{bs}$ )**

Entre os indicadores das condições térmicas ambientais, a temperatura absoluta do ar ( $T_{bs}$ ) se destaca tanto pela simplicidade de

obtenção como de uso. O conhecimento das frequências de ocorrência de determinados níveis de temperatura do ar em uma região serve de base para determinar em que medida as características médias do clima se afastam das condições de conforto.

O conhecimento do seu comportamento é fundamental na elaboração do projeto de uma instalação agrícola, servindo para a definição de parâmetros como forma, orientação e materiais, além de determinar o esquema de manejo da instalação.

## **2.2. Temperatura de globo negro (Tgn)**

A temperatura de globo negro indica o efeito combinado da radiação, da temperatura absoluta do ar e da velocidade do ar, três dos mais importantes fatores que afetam o conforto animal (BOND e KELLY, 1955).

O termômetro de globo negro padrão é constituído de uma esfera de cobre, com 0,15 m de diâmetro e espessura de parede de 0,5 mm, pintado externamente com duas camadas de tinta preta fosca, tendo em seu centro um sensor de temperatura. Como sensor são utilizados tanto o termômetro de bulbo de mercúrio como também o termopar.

Segundo PEREIRA et al.(1967), termômetros de globo negro construídos com bolas de pingue-pongue, de baixo custo e facilmente encontráveis no mercado, podem ser utilizadas com sucesso no lugar do globo padrão para a avaliação do conforto térmico. De acordo com o trabalho, o tempo de resposta do termômetro de globo construído com bolas de pingue-pongue foi menor que o apresentado pelo termômetro de globo padrão, 4,5 e 9,0 minutos para uma velocidade do ar de 2,03 m/s e de 17,0 e 22,0 minutos para uma velocidade do ar de 0,15 m/s, respectivamente. De acordo com os autores, o curto tempo de resposta do termômetro de globo pequeno é uma desvantagem em muitas circunstâncias, entretanto em ambientes relativamente constantes isto não representa um problema.

BOND e KELLY (1955), estudando termômetros de globo com diversos diâmetros, verificaram que o tempo necessário para responder a uma mudança no ambiente é uma limitação. Os autores verificaram que tempo de resposta de um termômetro de globo de cobre com 6 polegadas

de diâmetro (0,1524 m), em equilíbrio térmico com o ambiente de um compartimento com baixo movimento do ar (0,2 m/s), alterando repentinamente as condições térmicas, foi de 3 minutos para que registrar 63,2% da mudança e 13,5 minutos para registrar 99,0%. Com o aumento da velocidade do ar, ocorreu uma diminuição do tempo de resposta. Neste estudo, todas as superfícies do compartimento se encontravam na mesma temperatura do ar. Foi verificado ainda que, para globos de mesmo diâmetro e material, mas com pesos diferentes, o tempo de resposta é diretamente proporcional ao peso do globo.

O termômetro de globo, segundo BOND e KELLY (1955), apresenta como limitações o fato de não captar as trocas de calor latentes e o tempo de resposta lento, sendo necessário um certo cuidado em ambientes em que ocorrem alterações rápidas dos fatores ambientais. Outro fator a ser considerado é quando o globo está exposto à radiação solar direta. Nesta condição a diferença de temperatura entre a superfície do globo e o ar é elevada, elevando a transferência de calor por convecção, tornando necessária uma cuidadosa determinação da velocidade do ar.

OLIVEIRA (1980) determinou a proporção da carga térmica radiante emitida por cada componente da vizinhança captada pelo termômetro de globo negro, utilizando o fator de forma. Em um galpão medindo 8,0 m de largura, 20,0 m de comprimento, pé direito de 2,3 m e paredes laterais com 1,3 m de altura, utilizando um termômetro de globo negro situado no centro da edificação e 0,5 m acima do piso, encontrou os seguintes fatores de forma: piso sombreado 0,500, paredes laterais 0,063, horizonte 0,024, céu frio 0,032 e cobertura 0,381.

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

Desenvolvido por THOM (1959), o índice de temperatura e umidade, englobando os efeitos das temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido, foi largamente utilizado pelos órgãos oficiais de climatologia dos Estados Unidos. Este índice pode ser determinado pela seguinte equação:

$$ITU = 0,72 (T_{bs} + T_{bu}) + 40,6 \quad (1)$$

onde:  $T_{bs}$  = temperatura de bulbo seco, °C;  
 $T_{bu}$  = temperatura de bulbo úmido, °C.

Segundo BUFFINGTON et al. (1981), o ITU não reflete a carga térmica radiante que atua sobre os animais, não podendo prever efetivamente a condição de desconforto do animal. Em condições externas, em que as cargas térmicas de radiação normalmente são elevadas, o seu uso não é recomendado

#### **2.4. Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU)**

Para a quantificação do ambiente térmico, um dos índices mais utilizados é o proposto por BUFFINGTON et al. (1981), que incorpora a temperatura de globo negro no índice de temperatura e umidade em substituição à temperatura de bulbo seco. Desta forma o ITGU engloba em um único valor os efeitos da temperatura e da velocidade do ar, da umidade relativa e da radiação, sendo definido pela equação:

$$ITGU = 0.72 (T_{gn} + T_{bu}) + 40.6 \quad (2)$$

onde:  $T_{gn}$  = temperatura de globo negro, °C;  
 $T_{bu}$  = temperatura de bulbo úmido, °C.

Em pesquisa realizada com frangos de corte em Belize, na América Central, OLIVEIRA e ESMAY (1982), concluíram que em condições de clima quente, o ITGU é um indicador melhor de conforto térmico que o ITU e que, a diferença entre a temperatura de globo negro e do ar reflete o efeito da radiação sobre o animal.

Em pesquisa realizada em Viçosa-MG, com frangos de corte, PIASENTIN (1984) observou que para o período de quatro a sete semanas de idade das aves, a variação do ITGU de 65,0 a 77,0, não influenciou o desempenho das aves. Na fase de aquecimento ( 1ª e 2ª semana de idade), os valores de ITGU variaram de 71,0 a 81,0 ao longo do dia, indicando uma

condição de desconforto das aves devido ao frio no início do dia, mostrando uma deficiência do sistema de aquecimento.

TINÔCO (1988), em pesquisa realizada em Uberaba-MG, com frangos de corte em condições de verão, verificou que para idade acima de quinze dias, valores de ITGU superiores a 75,0 causam desconforto e que o estresse aumenta com o desenvolvimento das aves.

Em estudo sobre índices de conforto térmico realizado por SILVA (1996), utilizando vários tipos de termômetros de globo, foram determinadas as seguintes equações de regressão para a correção dos valores de ITGU (índice de temperatura de globo e umidade) para dados obtidos com termômetros de globo construídos com bolas de pingue-pongue ( $\varnothing$  0,036 m) e de plástico ( $\varnothing$  0,150 m), em relação aos valores obtidos com o globo padrão, respectivamente:

$$ITGU_{corr} = 12,9651 + 0,80531 * ITGU \quad (3)$$

$$ITGU_{corr} = -1.73187. + 1.0248 * ITGU \quad (4)$$

Onde:

$ITGU_{corr}$  = índice de temperatura de globo e umidade corrigido;

$ITGU$  = índice de temperatura de globo e umidade calculado

Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) obtido para a correção do ITGU foram de 0,9964 e 0.9988, respectivamente.

## **2.5. Carga térmica de radiação (CTR)**

Segundo ESMAY (1974), a carga térmica de radiação CTR), que pode ser determinado pela equação de Stefan-Boltzmann, é outro indicador do ambiente térmico, que, em condições de regime permanente, expressa a radiação total recebida pelo globo negro de todos os espaços ou partes da vizinhança:

$$CTR = \sigma (TRM)^4 \quad (5)$$

Em que:

CTR = carga térmica radiante,  $W m^{-2}$  ;

$\sigma$  = constante de Stefan-Boltzmann,  $5.67 \times 10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$  ;

TRM = temperatura média radiante, K.

A temperatura radiante média (TRM), segundo BOND e KELLY (1955), é a temperatura de uma circunvizinhança considerada uniformemente negra para eliminar o efeito da reflexão, com a qual um corpo troca a mesma quantidade de energia que no ambiente considerado. A TRM pode ser determinada pela equação:

$$TRM = 100 \sqrt[4]{2.51 \sqrt{V} (T_{gn} - T_{bs}) + (T_{gn}/100)^4} \quad (6)$$

Onde:

V = velocidade do ar,  $m s^{-1}$ ;

$T_{gn}$  = temperatura de globo negro, K;

$T_{bs}$  = temperatura de bulbo seco, K.

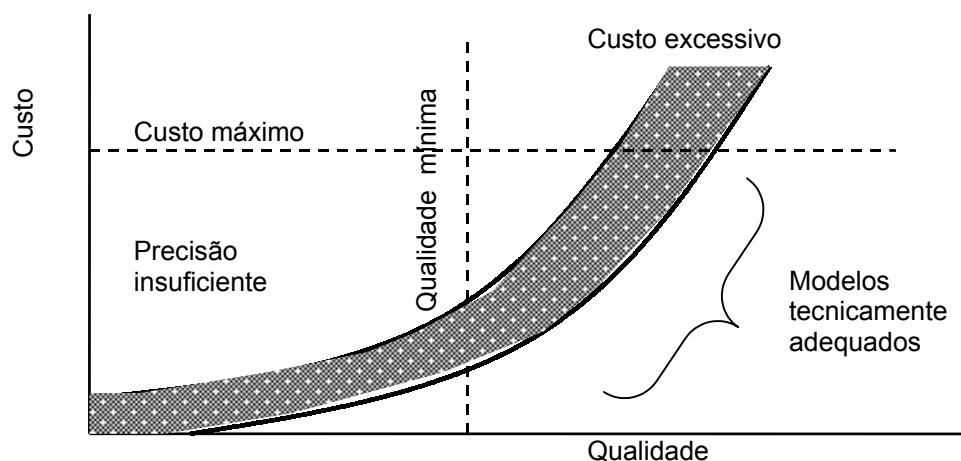
## 2.6. Protótipos e modelos reduzidos

A utilização de protótipos, primeiro exemplar de um objeto, para o estudo do desempenho de edificações, apresenta como vantagem a possibilidade de realizar testes em condições de produção, permitindo estudar não apenas o comportamento térmico, mas também a avaliação do efeito sobre a produtividade e a rentabilidade. Entretanto, o custo envolvido para a realização do experimento é elevado, por envolver a construção de um abrigo completo, além de dificultar a otimização do produto, pois qualquer alteração no projeto para melhorar o desempenho envolve um custo elevado de mão de obra, material e tempo, sendo que estas alterações podem não ter o efeito visado.

O uso de modelos reduzidos de abrigos para a produção animal têm como principal limitação a impossibilidade de realizar os testes em condições de produção, sendo apenas possível a simulação do calor dissipado pelos animais e da umidade adicionada ao meio. Para a avaliação do comportamento térmico do projeto, entretanto, a realização de experimentos deste tipo apresentam várias vantagens, como o baixo custo de material, mão de obra e tempo envolvido. Outro fator importante é a possibilidade de otimização do produto, uma vez que quaisquer alterações para melhorar o desempenho do projeto podem ser realizadas com maior facilidade e menor custo. Além destas vantagens, os ensaios utilizando modelos reduzidos proporcionam ainda maior segurança na construção de protótipos para avaliação do desempenho em condições de produção.

O uso de modelos em escala, para o estudo do comportamento de fenômenos físicos de um sistema, se ampliou com o desenvolvimento da teoria da similitude a partir da metade do século XIX. Este desenvolvimento ocorreu, principalmente, devido à necessidade de compreender o comportamento dos fenômenos físicos envolvidos nas novas tecnologias geradas, principalmente na indústria aeronáutica e naval.

Um fator importante na confecção de modelos reduzidos é a relação entre o custo e a exatidão ou qualidade. Como o custo aumenta com a exigência da exatidão do modelo, é necessário estabelecer o padrão que atenda aos objetivos propostos. O gráfico da Figura 1.1. representa esta relação (KÖLTZSCH e WALDEN, 1990)..



**Figura 1.1.** Relação entre o custo e a exatidão do modelo.

A qualidade esta diretamente relacionada com o nível de detalhamento e dos materiais empregados na confecção do modelo. Quanto mais exata for a reprodução dos detalhes geométricos e das propriedades termofísicas dos materiais do protótipo, maior será a similitude de comportamento entre eles (KÖLTZSCH e WALDEN, 1990).

### **2.6.1 Teoria da similitude**

No processo de construção do conhecimento científico o uso de modelos vem sendo utilizado há muito tempo como elo de ligação entre o experimento e a teoria . Neste processo, entende-se por modelo produções e reproduções físicas ou idealizadas, de processos, estruturas e objetos, utilizando homologia ou analogia. Na homologia o original e o modelo apresentam as mesmas qualidades físicas básicas, sendo que a diferença entre ambos é sobretudo quantitativa na sua forma. O uso da homologia resulta em modelos fisicamente semelhantes. Diferentemente, na analogia o original e o modelo apresentam qualidades físicas básicas distintas, mas têm em comum características funcionais e estruturais. O uso da analogia resulta em modelos fisicamente análogos (MURPHY, 1950; KÖLTZSCH e WALDEN, 1990).

Segundo MURPHY (1950), os modelos podem ser divididos em quatro tipos gerais:

- Modelos verdadeiros, são aqueles em que todas as características relevantes são reproduzidas em escala e atendem a todos os critérios de projeto e condições de operação.
- Modelos adequados, são aqueles que permitem uma predição acurada de uma característica, mas não permitem necessariamente uma predição acurada de outras características.
- Modelos distorcidos, são aqueles em que alguns critérios de projeto são violados, tornando necessária a correção da equação de predição.
- Modelos dissimilares, são aqueles em que o original e o modelo apresentam qualidades físicas básicas distintas, mas têm em

comum características funcionais e estruturais. O uso da analogia resulta em modelos fisicamente análogos

O original e o modelo são semelhantes quando todas as grandezas características homologas apresentarem uma relação constante entre si, ou seja, existirem constantes de similitude para elas. Estas constantes de similitude (cs) podem ser definidas para todas as grandezas básicas de um sistema de medidas, como por exemplo comprimento, massa, tempo, temperatura (índices M=modelo e P=protótipo):

$$\text{Comprimento} \quad \Rightarrow \quad cs_l = \frac{l_M}{l_P} ; \quad (7)$$

$$\text{Massa} \quad \Rightarrow \quad cs_m = \frac{m_M}{m_P} ; \quad (8)$$

$$\text{Tempo} \quad \Rightarrow \quad cs_t = \frac{t_M}{t_P} ; \quad (9)$$

$$\text{Temperatura} \quad \Rightarrow \quad cs_\theta = \frac{\theta_M}{\theta_P} ; \quad (10)$$

Pela combinação destas constantes de similitude pode-se obter uma grande variedade produtos adimensionais de grandezas físicas ( termos  $\pi$  ), alguns dos quais de uso consagrado, como por exemplo os números de Reynolds, Grashof, Prandtl e Mach (KÖLTZSCH e WALDEN, 1990).

De um modo geral, pode-se dizer que ha similitude física entre dois processos ou sistemas quando:

- existirem constantes de similitude (cs) e estas forem iguais para grandezas homologas;
- existirem produtos adimensionais de grandezas físicas (termos  $\pi$  ), que na transposição do original para o modelo apresentarem o mesmo valor numérico.

Similitude completa é obtida quando todos os termos  $\pi$  envolvidos no processo apresentarem o mesmo valor. Na prática, trabalha-se geralmente

com similitude parcial, uma vez que por razões técnicas muitas vezes não é possível a reprodução exata de todos os detalhes geométricos e das propriedades físicas, principalmente quando da utilização de modelos com escalas muito pequenas.

A principal função da teoria da similitude é a determinação dos termos  $\pi$  necessários para estabelecer a similaridade entre dois processos ou sistemas físicos. Esta determinação pode ser feita usando-se a análise dimensional com a utilização do Teorema  $\pi$  de Buckingham (MURPHY, 1950; KLIN, 1966; KÖLTZSCH e WALDEN, 1990).

O teorema de Buckingham estabelece uma conexão entre uma função expressa em termos de variáveis dimensionais e uma função relacionada, expressa em termos de variáveis adimensionais ( termos  $\pi$  ).

Dadas  $n$  variáveis ou grandezas físicas (  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  ) e uma função entre elas,

$$f ( x_1, x_2, x_3, \dots, x_n ) = 0 \quad (11)$$

então existem  $n - k = s$  termos  $\pi$ , onde  $k$  é o número de dimensões básicas envolvidas. Desta forma, a função  $f$  pode ser substituída pela função:

$$f ( \pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_s ) = 0 \quad (12)$$

A partir desta função pode-se estabelecer que, se o termo  $\pi_1$  contem a variável dependente que se quer, então:

$$\pi_1 = f ( \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_s ) \quad (13)$$

Uma vez que a Equação (13) é geral, ela pode ser aplicada a qualquer outro sistema que seja função das mesmas variáveis, e conseqüentemente a uma sistema específico denominado de modelo (índice M):

$$\pi_{1M} = f ( \pi_{2M}, \pi_{3M}, \dots, \pi_{sM} ) \quad (14)$$

Desta forma, pode-se obter uma equação de predição para  $\pi_1$  a partir de  $\pi_{1M}$  pela divisão da Equação (13) pela Equação (14):

$$\frac{\pi_1}{\pi_{1M}} = \frac{f(\pi_2, \pi_3, \dots, \pi_s)}{f(\pi_{2M}, \pi_{3M}, \dots, \pi_{sM})} \quad (15)$$

Se o modelo é projetado e operado de forma que:

$$\begin{aligned} \pi_{2M} &= \pi_2 \\ \pi_{3M} &= \pi_3 \\ &\vdots \\ \pi_{sM} &= \pi_s \end{aligned} \quad (16)$$

tem-se que:

$$f(\pi_2, \pi_3, \dots, \pi_s) = f(\pi_{2M}, \pi_{3M}, \dots, \pi_{sM}) \quad (17)$$

e conseqüentemente que:

$$\pi_{1M} = \pi_1 \quad (18)$$

A Equação (18) constitui a equação de predição, que será válida se os critérios de projeto e condições de operação, Equações (16), forem atendidas (MURPHY,1950).

O não atendimento de todos os critérios de projeto e condições de operação pode alterar o comportamento do modelo, afetando a equação de predição. A correção da equação de predição pode ser feita pela determinação do fator de predição  $\delta$ , de modo que (MURPHY,1950; TIMMONS et al, 1978):

$$\pi_1 = \delta \pi_{1M} \quad (19)$$

A influência do grau de distorção em um dos termos  $\pi$  sobre a equação de predição, pode ser avaliado pelo fator de distorção  $\alpha$ , definido como:

$$\pi_{iM} = \alpha \pi_i \quad (20)$$

em que  $i$  é o índice numérico do termo  $\pi$  em que ocorreu a distorção.

A construção de gráficos do fator de predição  $\delta$  em relação aos fatores de distorção  $\alpha_i$ , permite identificar os critérios de projeto que devem ser rigorosamente atendidos e quais podem ser relaxados sem introduzir distorções sérias, permitindo trabalhar em faixas da curva em que o fator de predição se mostra pouco sensível a variações do fator de distorção (MURPHY, 1950; TIMMONS et al, 1978).

## **2.6.2. Uso de modelos reduzidos**

O uso de modelos reduzidos para determinar o comportamento térmico de abrigos foi estudado por HAHN et al. (1961). O protótipo utilizado foi um abrigo portátil para suínos, fechado em três de seus lados, medindo 2,40 m por 3,65 m e altura de 1,80 m, e dois modelos reduzidos nas escalas 1:2 e 1:4. Testes iniciais, utilizando termômetros de globo com 0,15 m de diâmetro, localizados sobre o centro do piso, a uma altura de 0,46 m no protótipo e nos modelos reduzidos na escala correspondente, mostraram uma diferença significativa, ao nível de 1% de probabilidade, entre as cargas térmicas radiantes dos três abrigos. Em testes posteriores, em que foram utilizados termômetros de globo nas respectivas escalas (0,20 m, 0,10 m e 0,05 m), a análise de variância não apresentou diferenças significativas entre as cargas térmicas radiantes, indicando a necessidade dos termômetros de globo estarem na mesma escala dos modelos. Observam os autores entretanto, que as leituras são semelhantes quando nos modelos, nas escalas 1:2 e 1:4, foram utilizados globos com diâmetros de 0,10 m e 0,05 m ou 0,20 m e 0,10 m. Em relação ao tamanho do modelo reduzido, foi concluído que a escala de 1:3, medindo 0,86 m por 1,24 m e altura de 0,61

m, é mais eficiente por ser de fácil construção, transporte e instalação de equipamentos.

Para estabelecer parâmetros de orientação na elaboração de projetos de abrigos para altas temperaturas, NEUBAUER (1969) determinou a temperatura interior de dez estruturas com formas diferentes de paralelepípedos retos, com um pé cúbico de volume, confeccionados com chapas de aço. Foram realizados três séries de testes, a primeira com as estruturas pintadas de preto fosco, a segunda com as superfícies superiores pintadas de branco e as laterais preto fosco e na terceira foi colocada uma chapa de aço galvanizado a uma polegada da superfície superior. O autor concluiu que: estruturas com formas retangulares devem ser preferidas às curvas; devem ser evitadas grandes superfícies orientadas a leste e oeste; deve se dar preferência a construções estreitas ou compridas com áreas pequenas orientadas a leste e oeste e que devem ser evitadas as coberturas com cores escuras.

Em outro estudo, com o objetivo de estudar formas de reduzir o stress por calor em construções fechadas e investigar a similaridade térmica com estudos anteriores utilizando estruturas com um pé cubico de volume, NEUBAUER (1972) construiu um “compartimento solar” medindo 1,22 m por 2,44 m e altura de 2,44 m. Este compartimento foi construído utilizando chapas de madeira compensada, com 3/8 de polegada de espessura, sendo alterado ao longo dos testes para aumentar sua resistência térmica. Os resultados mostraram que, apesar da grande diferença de tamanho e material, os modelos pequenos com um pé cubico de volume apresentaram características térmicas similares ao “compartimento solar”.

MODERA (1982), para obter uma base de dados para validação dos resultados obtidos em simulações do comportamento térmico de uma edificação, utilizando computador, construiu um modelo reduzido, com 1 m<sup>3</sup> de volume. O objetivo foi verificar a habilidade da simulação em computador determinar a evolução da temperatura interna e da troca de calor em função da radiação solar, temperatura externa e de fontes internas de calor. Os dados coletados foram a temperatura de globo negro, posicionado de forma a eliminar a possibilidade de incidência de radiação solar direta, temperatura de bulbo seco, as temperaturas das superfícies do modelo reduzido e os

dados ambientais. Todas as temperaturas foram obtidas com o uso de termopares tipo T (cobre-constantan).

DANTAS (1995), estudou a importância da ventilação natural através do lanternim utilizando as técnicas da análise dimensional e de modelagem em laboratório. Foram construídos dois protótipos de um módulo de galpão avícola convencional, reduzidos de 2,5 vezes, sendo um com cobertura de telhas cerâmicas e outro com telhas de cimento amianto. Para simular as condições térmicas ambientais e o calor dissipado pelas aves, foram utilizadas placas com resistências elétricas no interior dos protótipos. Na simulação do aquecimento correspondente à radiação solar, foram utilizadas resistências elétricas colocadas sobre o telhado. Para a medição das temperaturas ambiente e das telhas, foi utilizado um sistema de termopares de cobre-constantan, e para as determinações da velocidade do ar foi empregado um anemômetro de fio quente com resolução de 0,01 m/s. A partir dos dados obtidos foram estabelecidas as equações de predição da vazão de ar para cada protótipo.

Analisando os aspectos de similitude do efeito chaminé em um abrigo para animais com lanternim, TIMMONS e BAUGHMAN (1981) utilizaram um modelo reduzido na escala 1:2. O objetivo do trabalho foi o de estabelecer a relação entre a taxa de ventilação e o efeito chaminé, utilizando um galpão aberto nas laterais e uma abertura com chaminé na cumeeira do telhado. Pela análise de similitude foram estabelecidos quatro termos  $\pi$  : os números de Reynolds e Grashof, a razão entre a largura da chaminé e a distância deste até a altura média da abertura lateral e, a razão entre a altura da abertura lateral e a distância da altura média da abertura lateral até a chaminé. Concluiu-se que a taxa de ventilação é aproximadamente proporcional à largura da abertura de saída e que as variações no número de Reynolds devidas a alterações no número de Grashof são função da razão entre a altura do galpão e a largura da chaminé.

Em uma pesquisa realizado em 1966, Smith e Hazen apud DYBWAD et al. (1974), utilizando a teoria da similitude para estudar a configuração das aberturas de entrada de ar de um sistema de ventilação, constataram que o uso de modelos pode prever as características do fluxo de ar no protótipo, concluindo que o modelo pode descrever adequadamente a distribuição da

velocidade e a forma e a velocidade dos jatos de ar. Quando o número de Reynolds e a geometria das entradas de ar são similares entre o modelo e o protótipo, é obtida a similaridade geométrica entre os perfis de velocidade dos jatos de ar.

Em uma pesquisa realizado em 1969 por Pattie e Milne apud DYBWAD et al. (1974), utilizando um modelo de galpão avícola na escala 1:10, concluíram que os padrões e a distribuição da velocidade do ar são determinados pela configuração das entradas de ar. Concluíram ainda que, a similaridade dinâmica é obtida quando o número de Reynolds para o modelo e o protótipo são equivalentes.

DYBWAD et al. (1974), utilizando um modelo de abrigo para gado de corte em confinamento na escala 1:20, estudaram o efeito do tipo de lanternim nas características de ventilação e na temperatura. Determinadas as dezoito variáveis que afetam as características de ventilação com quatro dimensões básicas envolvidas, foram obtidos pela análise dimensional 14 termos  $\pi$  adimensionais e independentes e estabelecidos os critérios de projeto para a construção dos modelos. O modelo foi construído utilizando madeira para a estrutura do telhado e pilares, e chapas galvanizadas para as paredes laterais e o telhado. A utilização do mesmo fluido no modelo e no protótipo tornou necessário o uso de fatores de distorção para alguns termos  $\pi$ , determinados através de análise dos critérios de projeto.

TIMMONS et al. (1978) estudando os aspectos de similitude para prever o comportamento térmico de edificações, com o objetivo de avaliar o efeito do uso de modelos distorcidos, estabeleceram como condições de operação dos seus modelos e do protótipo que:

- ambos estão expostos ao mesmo fluido (ar), portanto, o calor específico e a densidade do fluido são iguais para ambos;
- ambos estão expostos à mesma variação da temperatura ambiente.

Estabelecidas as dezoito variáveis que afetam o fenômeno e as quatro dimensões básicas envolvidas (massa, comprimento, tempo e temperatura), foram determinados pela análise dimensional 14 termos  $\pi$  adimensionais e independentes. Com a definição da escala de comprimento, as condições de

operação e o requisito de que todo termo  $\pi$  independente seja numericamente igual no modelo e no protótipo [  $(\pi_k)_P = (\pi_k)_M$  ], foram estabelecidas os critérios de projeto para a construção dos modelos.

Com os resultados obtidos deste estudo, TIMMONS et al. (1978) concluem que o desempenho de um protótipo não pode ser acuradamente predito a partir de um estudo com modelos sem a análise e o atendimento dos aspectos de similitude.

Neste mesmo trabalho são estudados os efeitos do não atendimento dos critérios de projeto, expressos pelo fator de distorção  $\alpha_k = (\pi_k)_M / (\pi_k)_P$ , sobre o termo  $\pi$  dependente, utilizando o fator de predição  $\delta$  da equação de predição  $(\pi_1)_P = \delta (\pi_1)_M$ . Pela análise dos gráficos  $\delta - \alpha_k$  é possível determinar quais os critérios de projeto devem ser rigorosamente cumpridas e quais podem ser relaxados sem introduzir distorções sérias.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

A pesquisa foi realizado no Setor de Melhoramento de Aves do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de 30 de janeiro a 17 de fevereiro de 2002.

Para a determinação dos parâmetros de conforto térmico necessários à validação das relações propostas pela análise dimensional, foi utilizado como protótipo um galpão de recria de aves e construídos três modelos reduzidos, nas escalas 1:4, 1:8 e 1:12.

#### **3.1. Caracterização climática e localização do experimento**

O Setor de Melhoramento de Aves está localizado na latitude  $20^{\circ} 45' 45''$  S e longitude  $42^{\circ} 52' 04''$  W, numa altitude de 651 metros.

A classificação do clima, segundo Koopen, é Cwa, podendo ser descrito como clima quente, temperado chuvoso, com estação seca no inverno e verão quente. Segundo Thornthwaite, o clima é classificado como  $B_2''r''B_3'a'$ , clima úmido com pequena ou nenhuma deficiência de água, mesotérmico e evapotranspiração média mensal no verão menor que 48%.

### 3.2. Características do galpão de recria de matrizes pesadas

O galpão utilizado como protótipo para a pesquisa, com orientação do eixo longitudinal  $75^{\circ}$  NO, tinha como dimensões básicas largura de 12,20 m, comprimento de 147,50 m e pé direito de 3,00 m. Internamente o galpão era dividido em sete boxes, com 20,00 m de comprimento cada, e um depósito. As empenas eram de alvenaria e as laterais apresentavam uma mureta com 0,40 m de altura, as aberturas laterais eram teladas e equipadas com cortina regulável, abrindo de baixo para cima.

O telhado possuía cobertura de telhas de cimento amianto com inclinação de 33%, beiral com 1,50 m e lanternim com largura de 2,20 m e abertura vertical de 0,35 m. A estrutura era metálica com distância entre tesouras de 5,00 m.

Para a execução do experimento, a cobertura da extremidade noroeste do galpão foi limpa para se assemelhar as características dos modelos (Figura 3.1.), ou seja, mesma absortividade em relação a radiação solar,  $\alpha_s$ . A absortividade das telhas foi determinada com o uso de um luxímetro digital modelo LD-209, marca Instrutherm, com precisão de  $\pm 5\%$ . Os valores da absortividade obtidos são apresentados no Quadro 3.1.



**Figura 3.1.** Vista da extremidade do galpão em que o telhado foi limpo para a realização da pesquisa.

**Quadro 3.1.** Absortividade em relação a radiação solar das telhas de cimento amianto utilizadas no galpão e nos modelos .

| Telha de cimento amianto | $\alpha_s$ |
|--------------------------|------------|
| Escurecida (galpão)      | 0.88       |
| Nova (modelos)           | 0.51       |
| Limpa (Galpão)           | 0.49       |

### 3.3. Análise Dimensional

#### 3.3.1. Escolha das variáveis

Iniciando, o primeiro passo da análise dimensional foi o estabelecimento da lista de variáveis que tem influência no fenômeno estudado. No presente caso, em que o objetivo foi predizer o comportamento térmico de um galpão para frangos de corte, o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade interno do galpão ( $ITGU_{int.}$ ) foi utilizado como indicador do ambiente térmico, sendo influenciado pelas variáveis listadas na Quadro 3.2.

Na escolha das variáveis relativas as dimensões lineares da geometria do galpão, que afetam o comportamento do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade interno do mesmo, foi adotado o critério de que, sendo os galpões comerciais de criação de frango utilizados atualmente muito longos em relação a largura, a influência das paredes das empenas sobre o  $ITGU$  se restringe a transferência de calor por radiação. Deste forma, foi considerado que a parcela da radiação emitida por estas paredes que incide sobre um termômetro de globo negro localizado no centro do galpão será praticamente nula. Isto pode ser comprovado pelo fator de forma, que indica a fração da radiação emitida por uma superfície que é captada por outra. O fator de forma para um termômetro de globo com diâmetro de 0,15 m, situado a 50 m e a 5 m da parede de um galpão como descrito acima, será  $F_{ij} = 2 \times 10^{-6}$  e  $F_{ij} = 10^{-4}$  respectivamente.

**Quadro 3.2.** Variáveis selecionadas para a análise dimensional do comportamento térmico de um galpão para frangos de corte.

| Var. | Grandeza física                                  | Símbolo      | Unidade         | Dimensão                 |
|------|--------------------------------------------------|--------------|-----------------|--------------------------|
| 1    | Largura do galpão                                | $l_g$        | m               | L                        |
| 2    | Dimensões lineares gerais                        | d            | m               | L                        |
| 3    | Espessura da telha                               | E            | m               | L                        |
| 4    | Absortividade da telha                           | $\alpha$     | 1               | 1                        |
| 5    | Condutividade térmica da telha                   | $\lambda$    | $Wm^{-1}K^{-1}$ | $M L T^{-3} \theta^{-1}$ |
| 6    | Irradiância solar                                | G            | $Wm^{-2}$       | $M T^{-3}$               |
| 7    | Velocidade do ar externo                         | $V_{ext}$    | $ms^{-1}$       | $L T^{-1}$               |
| 8    | Velocidade do ar interno                         | $V_{int}$    | $ms^{-1}$       | $L T^{-1}$               |
| 9    | Índice de Temperatura de Globo e Umidade externo | $ITGU_{ext}$ | K               | $\theta$                 |
| 10   | Índice de Temperatura de Globo e Umidade interno | $ITGU_{int}$ | K               | $\theta$                 |

O fator de forma para um termômetro de globo negro com diâmetro de 0,06 m, localizado no centro de modelos reduzidos nas escalas 1:5 e 1:10, para os quais foi considerado o comprimento do galpão real como sendo de apenas 9 m, foi de  $F_{ij} = 6 \cdot 10^{-4}$  e  $F_{ij} = 2 \cdot 10^{-3}$  respectivamente. Estes fatores de forma foram calculados considerando uma geometria tridimensional e discos paralelos coaxiais (INCROPERA e DEWITT, 1992).

Comparando estes valores com os determinados por OLIVEIRA (1980), verifica-se que a parcela da radiação emitida pelas empenas captada pelo termômetro de globo negro é bastante reduzida.

Considerando então, que neste trabalho a influência das paredes das empenas do galpão como sendo nula e assumir que o comportamento térmico no sentido longitudinal é homogêneo e independente do comprimento do mesmo, apenas as dimensões lineares relativas a secção transversal foram utilizadas como variáveis que influenciam o comportamento térmico do galpão.

Na escolha das variáveis relativas as propriedades termofísicas dos materiais de construção utilizados nos galpões, se destacaram as da cobertura. A importância destas propriedades no comportamento térmico do

galpão foi devida ao fato da cobertura apresentar a maior área exposta a ação do meio externo. A área da cobertura representou aproximadamente 43% da superfície total do galpão exposta ao ambiente externo.

Neste trabalho, a influência do piso no comportamento térmico do galpão não foi considerada, apesar deste representar aproximadamente 35% de sua área exposta ao ambiente externo. O ambiente externo com o qual o piso está em contato direto é o solo, cuja temperatura varia pouco ao longo do dia. Pelo lado interno, o piso é coberto pela cama, composta normalmente por material com baixa densidade e baixa condutividade térmica, características de materiais isolantes. Mesmo em condições de verão, a influência do piso não é significativa, uma vez que não ha incidência de radiação solar direta sobre o mesmo.

### 3.3.2. Determinação dos termos $\pi$

O Teorema  $\pi$  de Buckingham estabelece que, se temos  $n$  variáveis e  $k$  dimensões básicas envolvidas, então existem  $n - k = s$  termos  $\pi$  adimensionais e independentes, conforme seção 2.6.1. (MURPHY,1950; KLIN, 1966; KÖLTZSCH e WALDEN, 1990).

No presente estudo, em que existiam  $n = 10$  variáveis e  $k = 4$  dimensões básicas envolvidas (massa (M), comprimento (L), tempo (T) e temperatura ( $\theta$ ).), foram necessários  $s = 6$  termos  $\pi$ , listados no Quadro 3.3, cuja determinação se encontra no Anexo 1.

**Quadro 3.3.** Termos  $\pi$  adimensionais e independentes.

| Nº do termo | Termo $\pi$                                                    |
|-------------|----------------------------------------------------------------|
| 1           | $\pi_1 = d \cdot l_g^{-1}$                                     |
| 2           | $\pi_2 = E \cdot l_g^{-1}$                                     |
| 3           | $\pi_3 = \alpha$                                               |
| 4           | $\pi_4 = ITGU_{ext} \cdot \lambda \cdot l_g^{-1} \cdot G^{-1}$ |
| 5           | $\pi_5 = V_{int} \cdot V_{ext}^{-1}$                           |
| 6           | $\pi_6 = ITGU_{int} \cdot ITGU_{ext}^{-1}$                     |

Desta forma, a função dada pela Equação (12) é a seguinte:

$$f(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5, \pi_6) = 0 \quad (21)$$

O termo  $\pi_6$  contém a variável dependente que se quer prever (ITGU<sub>int</sub>). De acordo com a função dada pela Equação (13) pode-se estabelecer que (MURPHY, 1950; KLIN, 1966; KÖLTZSCH e WALDEN, 1990):

$$\pi_6 = f(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5) \quad (22)$$

Pela teoria da similitude, a Equação (22) pode ser aplicada a qualquer outro sistema, denominado de modelo (índice M), que seja função das mesmas variáveis e que esteja submetido às mesmas condições de operação:

$$\pi_{6M} = f(\pi_{1M}, \pi_{2M}, \pi_{3M}, \pi_{4M}, \pi_{5M}) \quad (23)$$

Desta forma, a equação de predição para  $\pi_6$  a partir de  $\pi_{6M}$  pode ser obtido pela divisão da Equação (22) pela Equação (23):

$$\frac{\pi_6}{\pi_{6M}} = \frac{f(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5)}{f(\pi_{1M}, \pi_{2M}, \pi_{3M}, \pi_{4M}, \pi_{5M})} \quad (24)$$

Sendo o modelo projetado e operado de forma que:

$$\pi_{1M} = \pi_1 \quad (25)$$

$$\pi_{2M} = \pi_2$$

$$\pi_{3M} = \pi_3$$

$$\pi_{4M} = \pi_4$$

$$\pi_{5M} = \pi_5$$

tem-se que:

$$f(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5) = f(\pi_{1M}, \pi_{2M}, \pi_{3M}, \pi_{4M}, \pi_{5M}) \quad (26)$$

e conseqüentemente que:

$$\pi_{6M} = \pi_6 \quad (27)$$

A Equação (27) constitui a equação de predição do comportamento do ITGU do galpão, que se supõem válida se os critérios de projeto e condições de operação, Equações (25), forem atendidas, conforme MURPHY (1950).

### 3.3.3. Condições de operação e critérios de projeto dos modelos

Para o estabelecimento das condições de operação foi adotado procedimento semelhante ao proposto por TIMMONS et al. (1978), de forma que os modelos (índice M) e o protótipo (índice P) foram expostos ao mesmo fluido (ar) e às mesmas condições do ambiente externo, resultando nas seguintes condições de operação: a irradiância solar, a velocidade do ar externo e o índice de temperatura de globo e umidade externo serão os mesmos para os modelos e o protótipo, ou seja:  $G_M = G_P$ ,  $V_{extM} = V_{extP}$  e  $ITGU_{extM} = ITGU_{extP}$ .

Para garantir que a velocidade do ar externo incidente sobre o protótipo e os modelos seja igual,  $V_{extM} = V_{extP}$ , foi estabelecido que esta velocidade seria medida a uma altura igual a da mureta lateral do galpão (0,40 m) e que, nos modelos reduzidos a borda superior da mureta estaria externamente a uma altura de 0,40 m do solo. Com este procedimento, tanto no protótipo como nos modelos, a borda superior da mureta se situou na mesma posição dentro da camada limite cinética e portanto submetidos a mesma velocidade do ar externo.

A relação entre dimensões lineares ( $l_g$ ) homologas entre os modelos e o protótipo foi definida pela escala:

$$\frac{l_{gP}}{l_{gM}} = n \quad (28)$$

Esta definição de escala não foi válida para a dimensão linear relativa à espessura da telha, que foi a mesma nos modelos e no protótipo, de modo que  $E_M = E_P$ .

A utilização do mesmo tipo de telha nos modelos e no protótipo, teve como finalidade a manutenção das propriedades físicas da cobertura em ambos (absortividade e condutividade térmica), de modo que  $\alpha_M \cong \alpha_P$  e  $\lambda_M \cong \lambda_P$ . A manutenção das propriedades físicas com o uso dos mesmos materiais, segundo KÖLTZSCH e WALDEN (1990), permite uma maior similitude do comportamento entre os modelos e o protótipo.

Com o estabelecimento das condições de operação, da definição da escala e das propriedades físicas da cobertura, foram determinados os critérios de projeto para a construção dos modelos, listados no Quadro 3.4. e cuja determinação se encontra no Anexo 2.

**Quadro 3.4.** Critérios de projeto para a construção dos modelos.

| Critério | Termo $\pi$                                                 | Condição                 |
|----------|-------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1        | $\pi_1 = d \cdot l_g^{-1}$                                  | $d_M = d_P \cdot n^{-1}$ |
| 2        | $\pi_2 = E \cdot l_g^{-1}$                                  | $n = 1$                  |
| 3        | $\pi_3 = \alpha$                                            | $\alpha_M = \alpha_P$    |
| 4        | $\pi_4 = ITGU_{ext} \cdot \lambda \cdot l_g^{-1} \cdot G^1$ | $n = 1$                  |
| 5        | $\pi_5 = V_{int} \cdot V_{ext}^{-1}$                        | $V_{int M} = V_{int P}$  |

A condição 1 do critério de projeto, referente a dimensões lineares gerais do galpão, determina que os modelos sejam geometricamente similares ao protótipo. Esta condição, para as escalas utilizadas, foi atendida com facilidade.

A condição 2 do critério de projeto, relativa a espessura das telhas, requereu o uso de modelos em escala natural. A utilização de telhas com a mesma espessura no protótipo e nos modelos reduzidos resultou no uso de

modelos distorcidos, tornando necessária a correção da equação de predição. Obviamente, esta condição não pode ser atendida em razão da dificuldade de se encontrar no mercado telhas com várias espessuras e ondulações.

A condição 3 do critério de projeto, referentes a absorvidade da telha, determina que a absorvidade da cobertura dos modelos e do protótipo sejam iguais, condição que foi atendida.

A condição 4 do critério de projeto para ser atendida exigiu o uso de modelos em escala natural, desta forma resultou no uso de modelos distorcidos, o que requereu a correção da equação de predição.

A condição 5 do critério de projeto, relativa a velocidade do ar no interior do protótipo e dos modelos, determina que estas sejam iguais. Como em condições de campo não houve como controlar a velocidade do ar externo, que foi afetada por diversos fatores, a eventual necessidade da correção da equação de predição somente será verificada com a análise dos dados.

Devido a impossibilidade de atender aos critérios de projeto 2 e 4, e da incerteza em relação ao critério 5, foi estudado o efeito dos fatores de distorção, equação (20), sobre o fator de predição, equação (19), de acordo com a metodologia proposta por TIMMONS et al, (1978).

### **3.4. Características dos modelos reduzidos**

Foram construídos três modelos reduzidos, nas escalas 1:4, 1:8 e 1:12, cada um com comprimento correspondente a três módulos do protótipo. Cada módulo do protótipo mede 5,00 m, corresponde a distância entre as tesouras da cobertura. Considerando o comportamento térmico do galpão homogêneo ao longo do seu eixo longitudinal, exceto por suas extremidades, os dois módulos extremos dos modelos tiveram como finalidade a neutralização da influência das empenas sobre o módulo central, no qual foram coletados os dados. Desta forma, o modelo na escala 1:4 (M1) teve comprimento de 3,75 m, o modelo na escala 1:8 (M2), comprimento de 1,88 m e o modelo na escala 1:12 (M3), comprimento de 1,25 m. Nas

Figuras 3.2., 3.3. e 3.4. são apresentadas as dimensões transversais dos modelos reduzidos M1, M2 e M3, respectivamente.

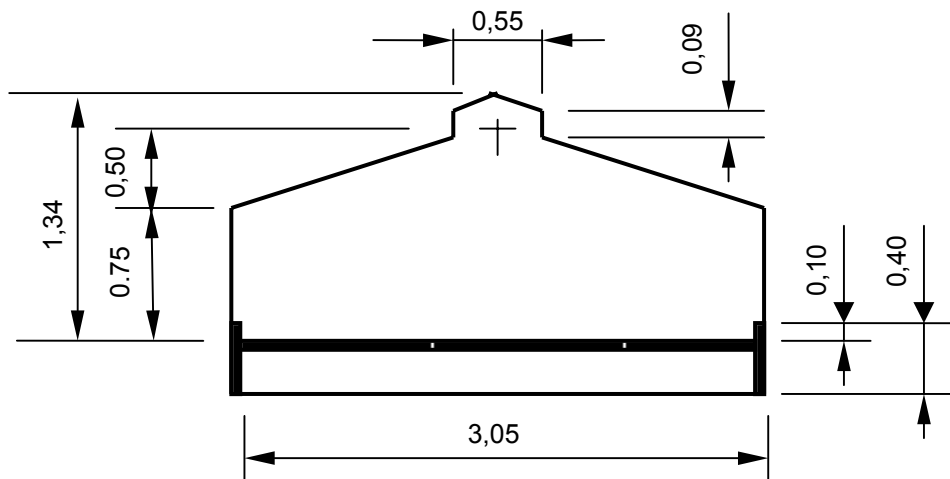
Tomando como base modelos compostos por 3 módulos, foram calculados os fatores de forma para a troca de radiação entre as empenas e o globo negro com diâmetro de 0,06 m. No Quadro 3.5. são apresentados os fatores de forma para o protótipo e os modelos, calculados para uma geometria tridimensional com discos paralelos coaxiais, considerando a empena e o globo como superfícies circulares, situados a uma distância de 1,5 módulos um do outro.

**Quadro 3.5.** Fatores de forma das empenas do protótipo e dos modelos reduzidos em relação aos termômetros de globo negro com 0.06 m de diâmetro.

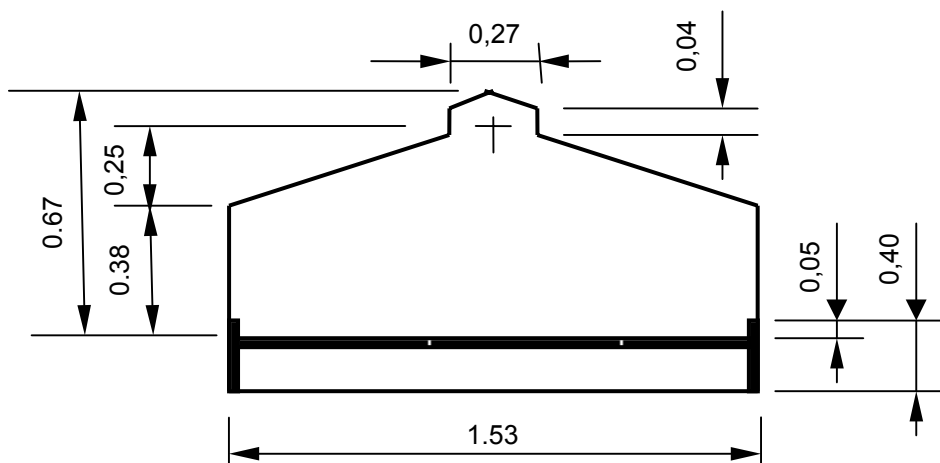
|                      | $F_{ij}$ |
|----------------------|----------|
| Protótipo (esc. 1:1) | 0.00001  |
| Modelo 1 (esc. 1:4)  | 0.00020  |
| Modelo 2 (esc. 1:8)  | 0.00080  |
| Modelo3 (esc. 1:12)  | 0.00176  |

Externamente a borda superior das muretas laterais dos três modelos reduzidos estava a uma altura de 0,40 m em relação ao nível do solo. O piso interno dos modelos foi elevado de forma que a mureta lateral interna ficasse na respectiva escala, isto, para atender a condição de vento nas quatro edificações. Desta forma, a velocidade do ar externo na borda da mureta foi considerada a mesma para o protótipo e os modelos reduzidos, minimizando ainda a interferência da cobertura vegetal do entorno, mantido a uma altura de 5 cm.

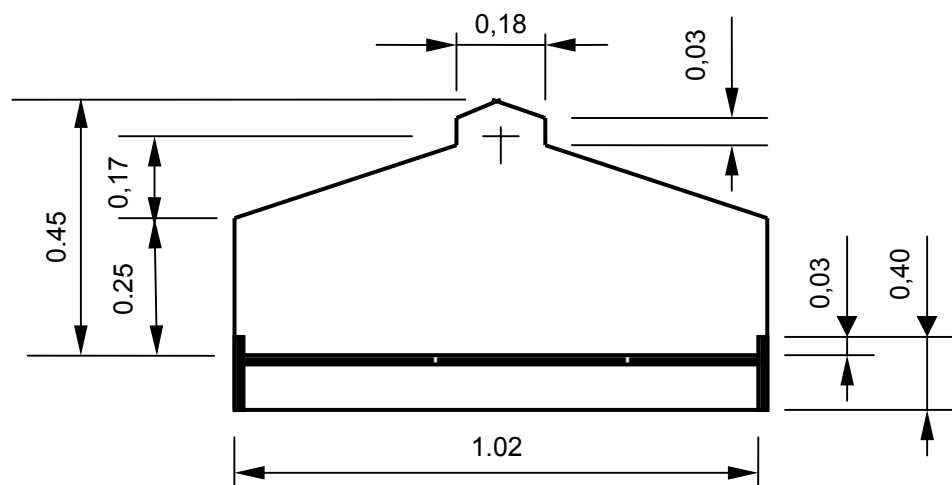
Para a construção dos modelos reduzidos, foram utilizadas chapas de compensado, na espessura de 10 mm, com estrutura de caibros de madeira maciça. Os modelos foram pintados com três camadas de tinta acrílica branco gelo.



**Figura 3.2.** Corte transversal do modelo reduzido M1, escala 1:4.



**Figura 3.3.** Corte transversal do modelo reduzido M2, escala 1:8.



**Figura 3.4.** Corte transversal do modelo reduzido M3, escala 1:12.

Para a construção dos modelos reduzidos, foram utilizadas chapas de compensado, na espessura de 10 mm, com estrutura de caibros de madeira maciça. Os modelos foram pintados com três camadas de tinta acrílica branco gelo.

Para a cobertura dos três modelos reduzidos foram utilizadas telhas de amianto com espessura de 5 mm, apoiadas em uma estrutura metálica. A Figura 3.5. mostra o modelo reduzido M2 na escala 1:8.

No campo, os modelos reduzidos foram posicionados com o eixo longitudinal paralelo ao do protótipo, a uma distância de 10,00 m deste e com uma distância de 5,00 m um do outro (Figura 3.6.).



**Figura 3.5.** Vista do modelo reduzido M2, escala 1:8, com cobertura de telhas de amianto com espessura de 5 mm.



**Figura 3.6.** Posicionamento dos modelos reduzidos no campo.

Esta disposição foi adotada em função das limitações do espaço disponível, permitindo que a radiação solar incidisse de forma homogênea sobre os tratamentos, sem sombreamento mútuo ou da vegetação do entorno.

### **3.5. Instrumentação e medições**

Para a coleta dos dados foi utilizado um sistema de aquisição composto por um módulo de medição e controle, modelo CR10X, e um multiplexador, modelo AM25T, marca Campbell (Figura 3.7.). O módulo de medição e controle CR10X possuía 6 entradas analógicas diferenciais, 3 canais de excitação de voltagem, 3 canais de contadores de pulso, memória de 128 Kb, com capacidade para armazenar aproximadamente 60.000 dados numéricos. O multiplexador AM25T, controlado pelo módulo de medição e controle CR10X, tinha 25 entradas analógicas diferenciais para termopares.

A programação do sistema de aquisição de dados foi feita utilizando o software SCWIN de construção de programas de aquisição de dados. Para a transferência da programação de aquisição e dos dados armazenados, foi utilizado o software PC200W de comunicação direta PC/CR10X. Os dois programas estão disponíveis na página da Campbell Scientific na internet ([www.campbellsci.com](http://www.campbellsci.com)).

O sistema de aquisição de dados foi programado para armazenar as médias horárias dos dados, com leitura dos sensores de temperatura e de velocidade do ar em intervalos de 60 segundos.

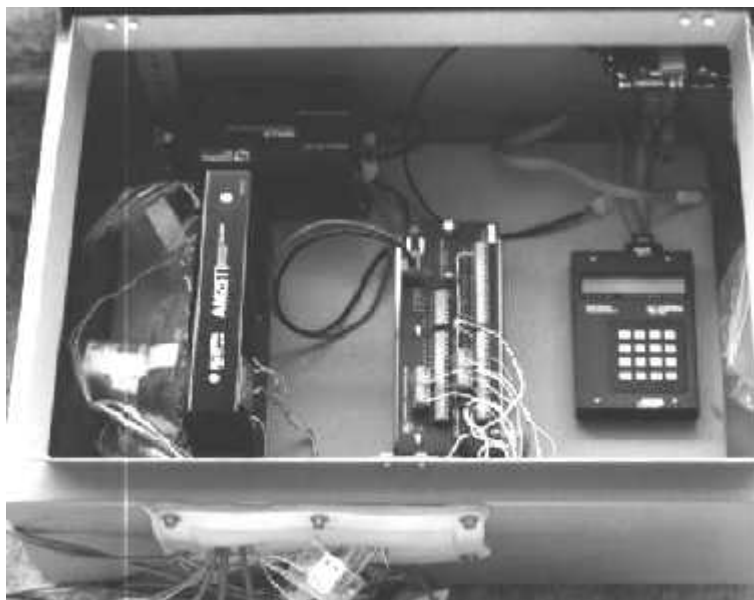
#### **3.5.1. Sensores de temperatura**

Os sensores de temperatura de bulbo seco, bulbo úmido e de globo negro foram confeccionados utilizando 0,30 m de fio termopar tipo TT-T-24 (cobre/constantan), marca OMEGA, com um erro de  $-0,7^{\circ}\text{C}$  quando a temperatura era de  $93,5^{\circ}\text{C}$ .

As extremidades dos sensores foram soldadas e isoladas com borracha de silicone acético e conectados a fios de extensão com 20,0 m de

comprimento. As conexões também foram soldadas e isoladas com borracha de silicone acético.

Para a confecção dos termômetros de globo negro utilizados no interior protótipo e dos modelos reduzidos foram utilizadas bolas de plástico com 6 cm de diâmetro e para o ambiente externo foi utilizado uma bola de plástico com 14 cm de diâmetro, pintadas com duas camadas de tinta esmalte spray preta fosca. A utilização dos globos com diâmetro de 6 cm teve como objetivo minimizar a interferência dos mesmos no movimento do ar no interior dos modelos reduzidos, o que poderia interferir no comportamento térmico destes.



**Figura 3.7.** Sistema de aquisição de dados composto pelo módulo de medição e controle CR10X e o multiplexador AM25T.

No Anexo 3 é apresentado o resultado da calibração dos sensores de temperatura de bulbo seco, bulbo úmido e globo negro. Para a temperatura de bulbo úmido foi feita ainda a correção para o psicrômetro aspirado, calculada pelo método analítico (ZOLNIER, 1994).

A altura dos sensores de temperatura em relação ao piso, dentro do protótipo e dos modelos reduzidos, é apresentada no Quadro 3.6. O

termômetro de globo do ambiente externo foi fixado a uma altura igual a da mureta lateral do protótipo, que é de 0.40 m.

**Quadro 3.6.** A altura dos sensores de temperatura e de velocidade do ar em relação ao piso, dentro do protótipo e dos modelos reduzidos.

|                 | Altura (m) |
|-----------------|------------|
| Protótipo (1:1) | 0,48       |
| Modelo 1 (1:4)  | 0,12       |
| Modelo 2 (1:8)  | 0,06       |
| Modelo 3 (1:12) | 0,04       |

### 3.5.2. Sensores de velocidade do ar

Para a determinação das velocidades do ar dentro dos modelos reduzidos foram utilizados três anemômetros de fio quente FMA-900-V, marca OMEGA, faixa de 0 a 0,51 m/s, precisão de  $\pm 2\%$  na temperatura de 0 a 50°C. O sinal de saída do equipamento é de 0 a 5 Vdc e fonte de alimentação de 15 a 24 Vdc e 300 mA. A escolha do uso deste tipo de equipamento nos modelos reduzidos se deveu ao tamanho reduzido do sensor, projetado para que a interferência no fluxo de ar seja mínima.

Para a determinação da velocidade do ar dentro do protótipo e do ambiente externo, foram utilizados dois anemômetros de caneco A100R, marca VECTOR, faixa de 0 a 75 m/s, com precisão de 1%. Foi utilizada uma fonte de alimentação de 5 Vdc, sendo o sinal de saída “pulso”, equivalendo cada pulso a 1,25 m.

As alturas dos anemômetros em relação ao piso dos modelos e do protótipo são as mesmas apresentadas no Quadro 3.6. A velocidade do ar do ambiente externo foi determinada a uma altura de 0,40 m acima do solo, que é a altura externa da borda superior da mureta do protótipo e dos modelos reduzidos.

### **3.5.3. Sensor de radiação solar**

A radiação solar foi determinada com o uso de um piranômetro LI-200SA, marca LI-COR, para radiação solar global, com erro absoluto máximo de  $\pm 5\%$ .

Os dados de radiação solar ( $\text{W/m}^2$ ) foram coletados com o uso de um Datalogger LI-1000, marca LI-COR, programado para armazenar as médias horárias das leituras realizadas em intervalos de 5 segundos.

### **3.6. Delineamento experimental**

O experimento foi montado segundo esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos (protótipo e modelos reduzidos) e nas subparcelas os horários (de 1 a 24), no delineamento em blocos, com dez repetições (dias).

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância e de regressão. As médias do fator qualitativo foram comparados pelo teste de Tukey. Para o fator quantitativo foi utilizada a técnica de regressão, empregando-se o teste “t” de Student, no coeficiente de determinação e no fenômeno.

### **3.7. Análise de similitude**

A análise de similitude foi realizada de acordo com a metodologia proposta por TIMMONS et al (1978) e MURPHY (1950), estudando o efeito dos fatores de distorção  $\alpha_k$  (Equação 20) sobre o fator de predição  $\delta$  (Equação 19), utilizando para isto os gráficos  $\delta - \alpha_k$ .

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As médias horárias e as médias gerais dos valores da temperatura de bulbo seco (Tbs), da temperatura de bulbo úmido (Tbu), da velocidade do ar (Var), da temperatura de globo negro (Tgn), do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e da irradiância solar global (G), correspondentes aos tratamentos e ao ambiente externo são apresentados no Quadro 4.1. O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) foi calculado pela equação proposta por BUFFINGTON et al. (1981). Os valores horários de temperatura de globo negro (Tgn), da temperatura de bulbo seco (Tbs), da temperatura de bulbo úmido (Tbu), da velocidade do ar (Var) e da irradiância solar global (G), correspondentes aos tratamentos e ambiente externo são apresentados no Anexo 4.

### **4.1. Análise de variância**

No Quadro 4.2 são apresentados os resumos das análises de variância para os resultados da temperatura de bulbo seco (Tbs), da temperatura de bulbo úmido (Tbu), da velocidade do ar (Var), da temperatura de globo negro (Tgn) e do índice de temperatura de globo negro

**Quadro 4.1.** Valores das médias horárias e das médias gerais do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), da temperatura de globo negro (Tgn), da temperatura de bulbo seco (Tbs), da temperatura de bulbo úmido (Tbu), da velocidade do ar (Var) e da irradiância solar (G), correspondentes aos quatro tratamentos e ao ambiente externo

| Hora  | Protótipo ( 1:1 ) |        |         |        |       | Modelo 1 ( 1:4 ) |        |         |        |       | Modelo 2 ( 1:8 ) |        |         |        |       | Modelo 3 ( 1:12 ) |        |         |        |       | Ambiente externo |        |         |        |       |        |
|-------|-------------------|--------|---------|--------|-------|------------------|--------|---------|--------|-------|------------------|--------|---------|--------|-------|-------------------|--------|---------|--------|-------|------------------|--------|---------|--------|-------|--------|
|       | Tbs °C            | Tbu °C | Var m/s | Tgn °C | ITGU  | Tbs °C           | Tbu °C | Var m/s | Tgn °C | ITGU  | Tbs °C           | Tbu °C | Var m/s | Tgn °C | ITGU  | Tbs °C            | Tbu °C | Var m/s | Tgn °C | ITGU  | Tbs °C           | Tbu °C | Var m/s | Tgn °C | ITGU  | G W/m2 |
| 1:00  | 21,51             | 21,11  | 0,04    | 20,98  | 70,90 | 21,63            | 21,29  | 0,07    | 21,03  | 71,07 | 21,69            | 21,36  | 0,08    | 21,07  | 71,14 | 21,74             | 21,39  | 0,07    | 21,12  | 71,21 | 21,57            | 21,35  | 0,05    | 20,48  | 70,72 | 0,0    |
| 2:00  | 21,36             | 20,98  | 0,04    | 20,78  | 70,66 | 21,48            | 21,15  | 0,07    | 20,82  | 70,82 | 21,54            | 21,21  | 0,08    | 20,87  | 70,90 | 21,58             | 21,25  | 0,07    | 20,88  | 70,93 | 21,41            | 21,24  | 0,05    | 20,30  | 70,50 | 0,0    |
| 3:00  | 21,22             | 20,86  | 0,03    | 20,61  | 70,46 | 21,35            | 21,04  | 0,06    | 20,66  | 70,62 | 21,41            | 21,11  | 0,07    | 20,71  | 70,71 | 21,45             | 21,14  | 0,06    | 20,72  | 70,74 | 21,30            | 21,14  | 0,05    | 20,17  | 70,34 | 0,0    |
| 4:00  | 21,10             | 20,78  | 0,02    | 20,46  | 70,29 | 21,22            | 20,96  | 0,06    | 20,51  | 70,46 | 21,29            | 21,03  | 0,06    | 20,57  | 70,55 | 21,34             | 21,07  | 0,06    | 20,58  | 70,59 | 21,16            | 21,01  | 0,05    | 19,98  | 70,12 | 0,0    |
| 5:00  | 20,97             | 20,71  | 0,02    | 20,32  | 70,14 | 21,10            | 20,89  | 0,06    | 20,36  | 70,30 | 21,11            | 20,96  | 0,06    | 20,41  | 70,38 | 21,22             | 21,00  | 0,06    | 20,43  | 70,43 | 21,02            | 20,92  | 0,04    | 19,78  | 69,90 | 0,0    |
| 6:00  | 20,85             | 20,56  | 0,03    | 20,13  | 69,90 | 20,96            | 20,75  | 0,06    | 20,19  | 70,08 | 21,04            | 20,82  | 0,06    | 20,24  | 70,16 | 21,08             | 20,86  | 0,06    | 20,24  | 70,19 | 20,90            | 20,81  | 0,05    | 19,73  | 69,79 | 0,0    |
| 7:00  | 20,79             | 20,40  | 0,05    | 20,10  | 69,76 | 20,85            | 20,54  | 0,08    | 20,16  | 69,91 | 20,90            | 20,57  | 0,09    | 20,20  | 69,95 | 20,93             | 20,57  | 0,09    | 20,17  | 69,93 | 20,87            | 20,72  | 0,13    | 21,28  | 70,84 | 61,7   |
| 8:00  | 20,93             | 20,23  | 0,08    | 20,41  | 69,86 | 20,92            | 20,26  | 0,10    | 20,51  | 69,96 | 20,96            | 20,24  | 0,11    | 20,57  | 69,98 | 20,92             | 20,20  | 0,12    | 20,49  | 69,89 | 21,06            | 20,42  | 0,22    | 25,40  | 73,59 | 152,2  |
| 9:00  | 21,28             | 20,04  | 0,15    | 21,03  | 70,18 | 21,25            | 20,01  | 0,14    | 21,12  | 70,22 | 21,29            | 19,96  | 0,13    | 21,19  | 70,23 | 21,20             | 19,90  | 0,14    | 21,05  | 70,08 | 21,39            | 20,12  | 0,36    | 28,51  | 75,61 | 270,5  |
| 10:00 | 21,81             | 19,91  | 0,26    | 21,95  | 70,74 | 21,76            | 19,81  | 0,19    | 22,00  | 70,70 | 21,81            | 19,74  | 0,18    | 22,10  | 70,73 | 21,67             | 19,62  | 0,19    | 21,93  | 70,52 | 21,91            | 19,94  | 0,56    | 32,06  | 78,04 | 421,9  |
| 11:00 | 22,73             | 20,02  | 0,32    | 23,49  | 71,93 | 22,64            | 19,70  | 0,20    | 23,50  | 71,70 | 22,63            | 19,53  | 0,20    | 23,57  | 71,63 | 22,45             | 19,30  | 0,20    | 23,26  | 71,25 | 22,94            | 20,04  | 0,66    | 36,76  | 81,49 | 628,2  |
| 12:00 | 23,66             | 20,20  | 0,35    | 24,81  | 73,01 | 23,56            | 19,74  | 0,21    | 24,79  | 72,66 | 23,49            | 19,53  | 0,20    | 24,81  | 72,52 | 23,27             | 19,20  | 0,20    | 24,39  | 71,99 | 23,92            | 20,23  | 0,72    | 38,11  | 82,61 | 666,3  |
| 13:00 | 24,41             | 20,60  | 0,30    | 25,75  | 73,97 | 24,33            | 20,07  | 0,19    | 25,75  | 73,59 | 24,20            | 19,82  | 0,18    | 25,69  | 73,37 | 24,01             | 19,47  | 0,18    | 25,27  | 72,81 | 24,69            | 20,55  | 0,60    | 38,94  | 83,43 | 622,3  |
| 14:00 | 24,97             | 20,80  | 0,29    | 26,51  | 74,67 | 24,88            | 20,19  | 0,19    | 26,52  | 74,23 | 24,70            | 19,89  | 0,18    | 26,34  | 73,89 | 24,52             | 19,50  | 0,17    | 25,94  | 73,31 | 25,26            | 20,71  | 0,62    | 39,58  | 84,01 | 668,2  |
| 15:00 | 25,81             | 21,55  | 0,28    | 27,46  | 75,88 | 25,76            | 21,02  | 0,19    | 27,50  | 75,54 | 25,60            | 20,84  | 0,18    | 27,34  | 75,29 | 25,49             | 20,49  | 0,18    | 27,00  | 74,79 | 26,07            | 21,38  | 0,60    | 39,22  | 84,23 | 579,1  |
| 16:00 | 25,95             | 21,73  | 0,27    | 27,48  | 76,04 | 25,91            | 21,35  | 0,19    | 27,53  | 75,80 | 25,76            | 21,15  | 0,17    | 27,40  | 75,56 | 25,67             | 20,89  | 0,18    | 27,10  | 75,15 | 26,17            | 21,57  | 0,56    | 38,65  | 83,96 | 500,4  |
| 17:00 | 25,86             | 22,50  | 0,24    | 26,98  | 76,22 | 25,90            | 22,42  | 0,15    | 27,06  | 76,23 | 25,83            | 22,32  | 0,15    | 26,97  | 76,09 | 25,79             | 22,14  | 0,15    | 26,59  | 75,68 | 25,98            | 22,24  | 0,51    | 33,82  | 80,96 | 258,6  |
| 18:00 | 25,47             | 23,11  | 0,13    | 26,18  | 76,09 | 25,58            | 23,27  | 0,12    | 26,18  | 76,20 | 25,63            | 23,32  | 0,12    | 26,16  | 76,22 | 25,65             | 23,29  | 0,13    | 26,20  | 76,23 | 25,52            | 22,87  | 0,28    | 29,27  | 78,14 | 94,8   |
| 19:00 | 24,65             | 23,63  | 0,12    | 25,07  | 75,66 | 24,84            | 23,72  | 0,10    | 25,10  | 75,75 | 24,90            | 23,79  | 0,09    | 25,11  | 75,81 | 24,94             | 23,74  | 0,10    | 25,15  | 75,80 | 24,71            | 23,34  | 0,12    | 24,66  | 75,16 | 9,1    |
| 20:00 | 23,57             | 22,95  | 0,09    | 23,59  | 74,11 | 23,76            | 23,10  | 0,09    | 23,64  | 74,25 | 23,83            | 23,17  | 0,09    | 23,66  | 74,32 | 23,88             | 23,18  | 0,10    | 23,72  | 74,37 | 23,63            | 22,94  | 0,10    | 22,77  | 73,51 | 0,0    |
| 21:00 | 22,71             | 22,14  | 0,06    | 22,50  | 72,74 | 22,88            | 22,32  | 0,07    | 22,54  | 72,90 | 22,95            | 22,31  | 0,08    | 22,57  | 72,91 | 23,00             | 22,42  | 0,08    | 22,62  | 73,03 | 22,79            | 22,33  | 0,05    | 21,79  | 72,36 | 0,0    |
| 22:00 | 22,20             | 21,70  | 0,06    | 21,86  | 71,97 | 22,35            | 21,86  | 0,08    | 21,91  | 72,11 | 22,42            | 21,93  | 0,09    | 21,94  | 72,19 | 22,47             | 21,97  | 0,09    | 21,98  | 72,24 | 22,27            | 21,89  | 0,05    | 21,23  | 71,65 | 0,0    |
| 23:00 | 21,85             | 21,39  | 0,05    | 21,40  | 71,41 | 21,98            | 21,54  | 0,07    | 21,44  | 71,55 | 22,05            | 21,60  | 0,08    | 21,47  | 71,61 | 22,10             | 21,64  | 0,09    | 21,51  | 71,67 | 21,92            | 21,62  | 0,05    | 20,87  | 71,19 | 0,0    |
| 24:00 | 21,62             | 21,15  | 0,07    | 21,09  | 71,01 | 21,73            | 21,30  | 0,09    | 21,14  | 71,16 | 21,79            | 21,35  | 0,10    | 21,17  | 71,22 | 21,84             | 21,40  | 0,09    | 21,19  | 71,26 | 21,69            | 21,39  | 0,11    | 20,62  | 70,85 | 0,0    |
| Média | 22,80             | 21,21  | 0,14    | 22,96  | 72,40 | 22,86            | 21,18  | 0,12    | 23,00  | 72,41 | 22,87            | 21,15  | 0,12    | 23,00  | 72,39 | 22,84             | 21,07  | 0,12    | 22,90  | 72,26 | 22,92            | 21,28  | 0,27    | 27,25  | 75,54 | 205,6  |

e umidade (ITGU), correspondentes aos tratamentos e aos horários de observação.

**Quadro 4.2.** Resumo das análises de variância referentes ao efeito dos tratamentos (protótipo e modelos reduzidos) e aos horários de observação, em relação a temperatura de bulbo seco (Tbs), a temperatura de bulbo úmido (Tbu), a velocidade do ar (Var), a temperatura de globo negro (Tgn) e ao índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU).

| FV             | GL  | Quadrados Médios |           |          |           |           |
|----------------|-----|------------------|-----------|----------|-----------|-----------|
|                |     | Tbs              | Tbu       | Var      | Tgn       | ITGU      |
| Bloco          | 9   | 73,770           | 64,270    | 0,030    | 125,094   | 143,784   |
| Tratamento     | 3   | 0,189 **         | 0,899 ns  | 0,024 ** | 0,587 **  | 1,261 *   |
| Resíduo        | 27  | 0,022            | 0,488     | 0,004    | 0,055     | 0,348     |
| Hora           | 23  | 125,653**        | 52,252 ** | 0,179 ** | 260,581** | 190,848** |
| T x H          | 69  | 0,129 ns         | 0,543 ns  | 0,010 ** | 0,134 ns  | 0,571 ns  |
| Resíduo        | 828 | 1,318            | 1,216     | 0,002    | 2,200     | 2,581     |
| CV (%) Parcela |     | 0,66             | 3,31      | 55,74    | 1,03      | 0,82      |
| CV (%) Subpar. |     | 5,03             | 5,21      | 36,04    | 6,46      | 2,22      |

\* F significativo a 5% de probabilidade.

\*\* F significativo a 1% de probabilidade.

ns F não significativo.

Pode-se observar que, exceto para a variável Tbu, houve diferença significativa para o fator tratamento e hora. Para a variável Var, pode-se observar também que houve diferença significativa para a interação tratamento x hora, a 1% de probabilidade.

#### 4.1.1. Temperatura de bulbo seco (Tbs)

O teste de médias mostra que não houve diferença significativa entre os resultados de Tbs nos três modelos reduzidos (Quadro 4.3), que diferem do Protótipo, que apresentou a menor média. Esta diferença pode ser atribuída ao fato da absortividade da telha de cimento amianto do Protótipo ( $\alpha_s = 0,49$ ) ser menor que a das telhas dos modelos reduzidos ( $\alpha_s = 0,51$ ),

resultando em uma menor carga térmica devida a radiação solar. Como a cobertura é a maior área exposta do galpão ao meio externo, a diferença de 2% entre as absorvidades pode ter sido determinante nesta diferença de desempenho. Contudo, do ponto de vista prático, a diferença detectada neste experimento não seria observada em equipamentos de medição com resolução de até 0,1 °C.

Na Figura 4.1 são apresentadas as curvas correspondentes aos valores observados das médias diárias da Tbs, para os quatro tratamentos e o ambiente externo. Pode-se observar que os quatro tratamentos apresentaram comportamento similar ao longo dia, acompanhando a variação diária da Tbs do ambiente externo.

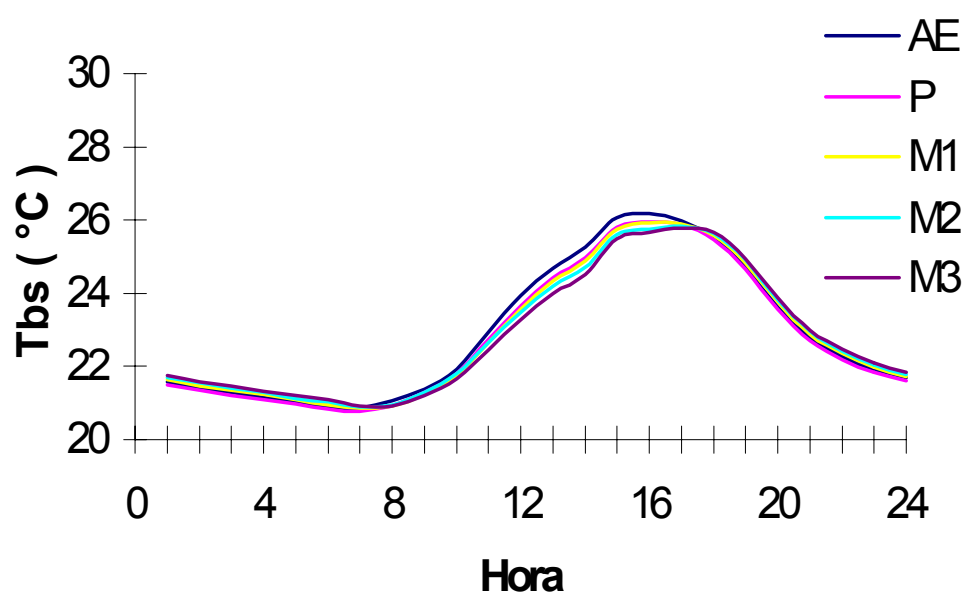
**Quadro 4.3.** Valores médios da Tbs (°C) correspondentes aos tratamentos

| Tratamento | Média |   |
|------------|-------|---|
| Modelo 2   | 22,87 | A |
| Modelo 1   | 22,86 | A |
| Modelo 3   | 22,84 | A |
| Protótipo  | 22,80 | B |

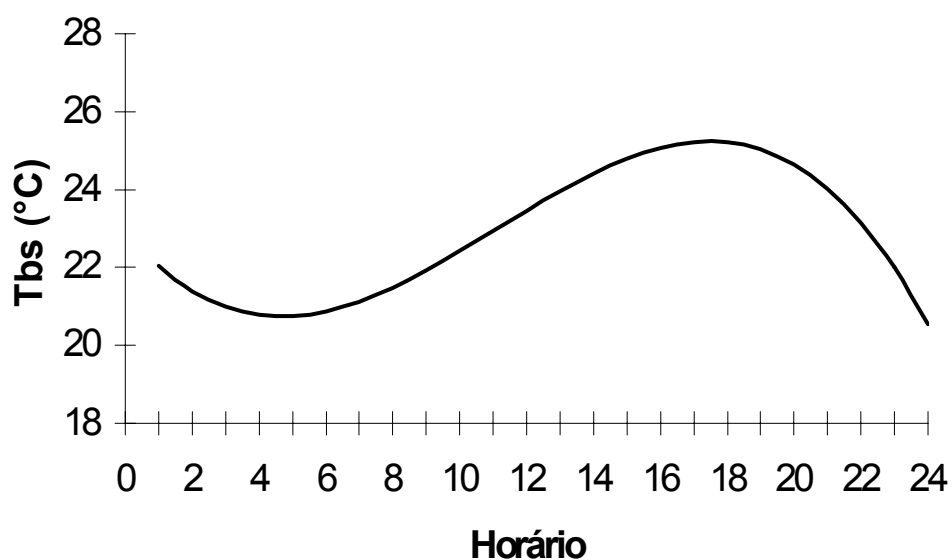
Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A equação de regressão ajustada (29) em função das observações horárias, a partir das médias dos valores de Tbs dos quatro tratamentos, que apresentou o melhor ajuste foi a cúbica, com os coeficientes de regressão significativos a 1% de probabilidade (\*\*), pelo teste “t”. A Figura 4.2 mostra a representação gráfica do comportamento da Tbs utilizando a equação de regressão ajustada para os quatro tratamentos, com o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi igual a 0,8850, calculado em relação ao efeito da hora ( $R^2 = \text{SQReg}/\text{SQHora}$ ).

$$\hat{Y} = 22,9527 - 1,0443^{**}H + 0,1418^{**}H^2 - 0,0042^{**}H^3 \quad (29)$$



**Figura 4.1.** Curvas correspondentes aos valores observados das médias diárias da Tbs (°C) para os quatro tratamentos e o ambiente externo (AE).



**Figura 4.2.** Estimativa da Tbs (°C) no interior do Protótipo e dos Modelos, em função dos horários de observação.

#### 4.1.2. Temperatura de bulbo úmido (Tbu)

O teste de médias mostra que não existe diferença significativa entre os quatro tratamentos (Quadro 4.4). Este comportamento pode ser atribuído a ventilação natural mais intensa durante o dia, que promove uma constante renovação do ar. Esta renovação faz com que a Tbu dos modelos e do protótipo apresentem um comportamento similar e com os valores observados das médias diárias próximas aos valores observados da Tbu do ambiente externo (Figura 4.3).

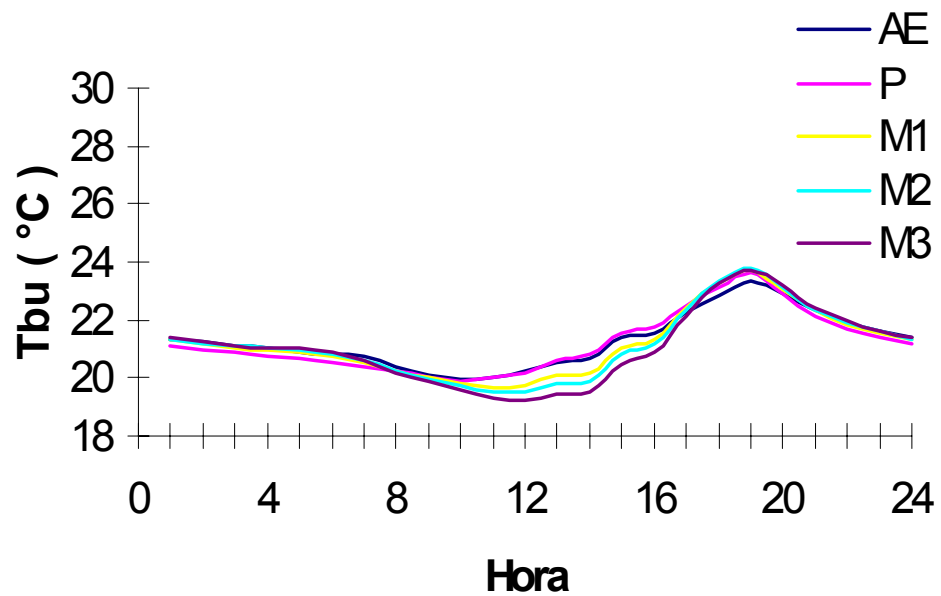
**Quadro 4.4.** Valores médios da Tbu (°C) correspondentes aos tratamentos

| Tratamento | Média |   |
|------------|-------|---|
| Protótipo  | 21,21 | A |
| Modelo 1   | 21,18 | A |
| Modelo 2   | 21,15 | A |
| Modelo 3   | 21,07 | A |

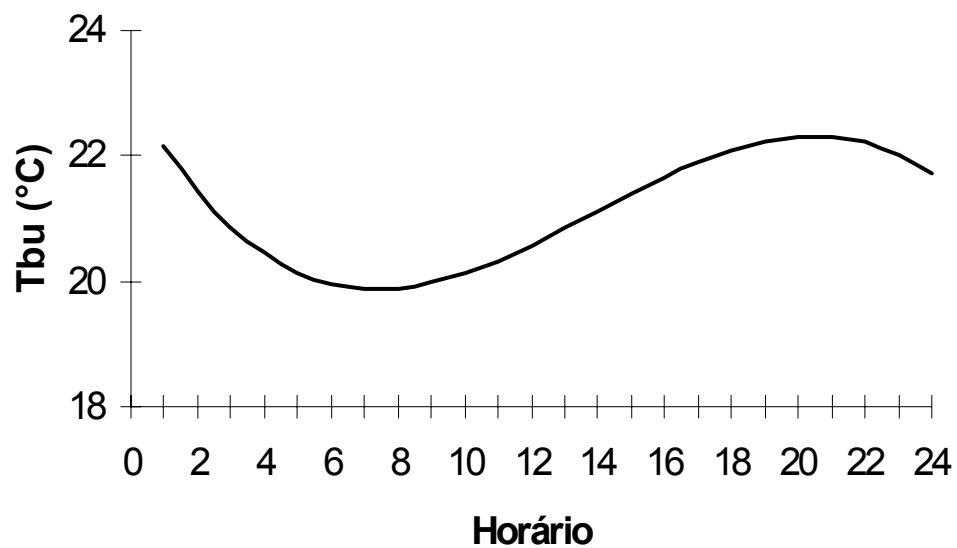
Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A equação de regressão ajustada (30) em função das observações horárias, a partir das médias dos valores de Tbu dos quatro tratamentos, que apresentou o melhor ajuste foi a cúbica, com os coeficientes de regressão significativos a 1% de probabilidade (\*\*), pelo teste “t”. A Figura 4.4 mostra a representação gráfica do comportamento da Tbs utilizando a equação de regressão ajustada para os quatro tratamentos, com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) igual a 0,6254, sendo calculado em relação ao efeito da hora ( $R^2 = \text{SQReg}/\text{SQHora}$ ).

$$\hat{Y} = 23,0646 - 0,9838^{**} H + 0,0907^{**} H^2 - 0,0022^{**} H^3 \quad (30)$$



**Figura 4.3.** Curvas correspondentes aos valores observados das médias diárias da Tbu (°C) para os quatro tratamentos e o ambiente externo (AE).



**Figura 4.4.** Estimativa da Tbu (°C) no interior do Protótipo e dos Modelos, em função dos horários de observação.

#### **4.1.3. Velocidade do ar (Var)**

De acordo com a análise de variância para a Var, constante no Quadro 4.2, houve diferença significativa para a interação tratamento x hora, a 1% de probabilidade. Desta forma, procedeu-se ao estudo do desdobramento da interação tratamento x hora para a comparação das médias dos valores da Var dos tratamentos a cada hora do dia, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (Quadro 4.5). Na Figura 4.5 são apresentadas as curvas correspondentes aos valores observados das médias diárias da Var, para os quatro tratamentos e o ambiente externo.

O desdobramento da interação mostra que existe uma diferenciação do comportamento entre os tratamentos apenas entre as 10:00 e 17:00 horas, período quente do dia. No período das 18:00 horas até as 9:00 horas, quando a velocidade do ar externo é menor, os tratamentos não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. No período das 10:00 horas da manhã até as 17:00 horas, quando a velocidade do ar externa é maior que 0,5 m/s (Quadro 4.5), os modelos não apresentaram diferença significativa entre si, mas diferem do Protótipo, que apresenta uma Var mais elevada.

Para velocidades do ar externo menores que 0,5 m/s, pode-se concluir que o posicionamento dos tratamentos no campo e a configuração da mureta lateral adotada nos modelos resultou no atendimento do critério 5 de projeto (Quadro 3.4), que determina que a velocidade do ar interna nos modelos seja igual a do Protótipo.

A diferença de comportamento entre o Protótipo e os modelos entre as 10:00 e 17:00 horas, quando a velocidade do ar externo é maior que 0,5 m/s, pode ser atribuída a disposição dos tratamentos no campo e a relação destes com a vegetação do entorno, onde se destaca a barreira formada pelo eucaliptal localizado na lateral da área experimental (Figura 3.6). Estes fatores podem ter contribuído para uma velocidade do ar externo incidente menor nos modelos, e consequentemente em uma Var interna também menor. Nestas condições, o critério 5 de projeto (Quadro 3.4) não é atendido.

**Quadro 4.5.** Valores médios da Var (m/s) correspondentes aos tratamentos, em função da hora.

| <b>Hora</b> | <b>Protótipo</b><br>ESC. 1:1 | <b>Modelo 1</b><br>Esc. 1:4 | <b>Modelo 2</b><br>Esc. 1:8 | <b>Modelo 3</b><br>Esc. 1:12 |
|-------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1           | 0,04 A                       | 0,07 A                      | 0,08 A                      | 0,07 A                       |
| 2           | 0,04 A                       | 0,07 A                      | 0,08 A                      | 0,07 A                       |
| 3           | 0,03 A                       | 0,06 A                      | 0,07 A                      | 0,06 A                       |
| 4           | 0,02 A                       | 0,06 A                      | 0,06 A                      | 0,06 A                       |
| 5           | 0,02 A                       | 0,06 A                      | 0,06 A                      | 0,06 A                       |
| 6           | 0,03 A                       | 0,06 A                      | 0,06 A                      | 0,06 A                       |
| 7           | 0,05 A                       | 0,08 A                      | 0,09 A                      | 0,09 A                       |
| 8           | 0,08 A                       | 0,10 A                      | 0,11 A                      | 0,12 A                       |
| 9           | 0,15 A                       | 0,14 A                      | 0,13 A                      | 0,14 A                       |
| 10          | 0,26 A                       | 0,19 B                      | 0,18 B                      | 0,19 B                       |
| 11          | 0,32 A                       | 0,20 B                      | 0,20 B                      | 0,20 B                       |
| 12          | 0,35 A                       | 0,21 B                      | 0,20 B                      | 0,20 B                       |
| 13          | 0,30 A                       | 0,19 B                      | 0,18 B                      | 0,18 B                       |
| 14          | 0,29 A                       | 0,19 B                      | 0,18 B                      | 0,17 B                       |
| 15          | 0,28 A                       | 0,19 B                      | 0,18 B                      | 0,18 B                       |
| 16          | 0,27 A                       | 0,19 B                      | 0,17 B                      | 0,18 B                       |
| 17          | 0,24 A                       | 0,15 B                      | 0,15 B                      | 0,15 B                       |
| 18          | 0,13 A                       | 0,12 A                      | 0,12 A                      | 0,13 A                       |
| 19          | 0,12 A                       | 0,10 A                      | 0,09 A                      | 0,10 A                       |
| 20          | 0,09 A                       | 0,09 A                      | 0,09 A                      | 0,10 A                       |
| 21          | 0,06 A                       | 0,07 A                      | 0,08 A                      | 0,08 A                       |
| 22          | 0,06 A                       | 0,08 A                      | 0,09 A                      | 0,09 A                       |
| 23          | 0,05 A                       | 0,07 A                      | 0,08 A                      | 0,09 A                       |
| 24          | 0,07 A                       | 0,09 A                      | 0,10 A                      | 0,09 A                       |

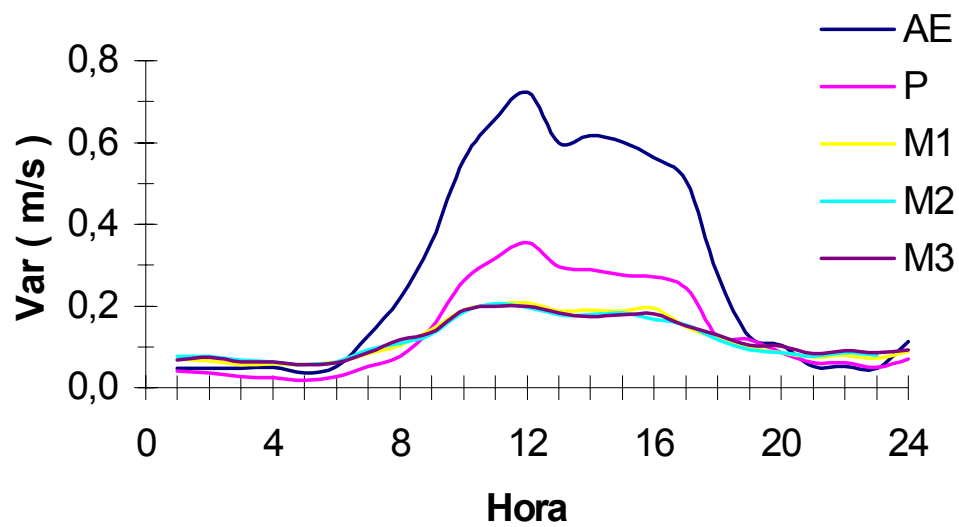
Médias seguidas de letras iguais, nas linhas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

As equações de regressão ajustadas em função das observações horárias, a partir das médias dos valores de Var dos quatro tratamentos, são apresentadas no Quadro 4.6. O modelo que apresentou o melhor ajuste para os quatro tratamentos foi o cúbico raiz, com os coeficientes de regressão significativos a 1% de probabilidade (\*\*), pelo teste “t”. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi calculado em relação ao efeito da hora ( $R^2 = \text{SQReg}/\text{SQHora}$ ). A Figura 4.6 mostra a representação gráfica do comportamento da Var para tratamentos, utilizando as equações de regressão ajustadas.

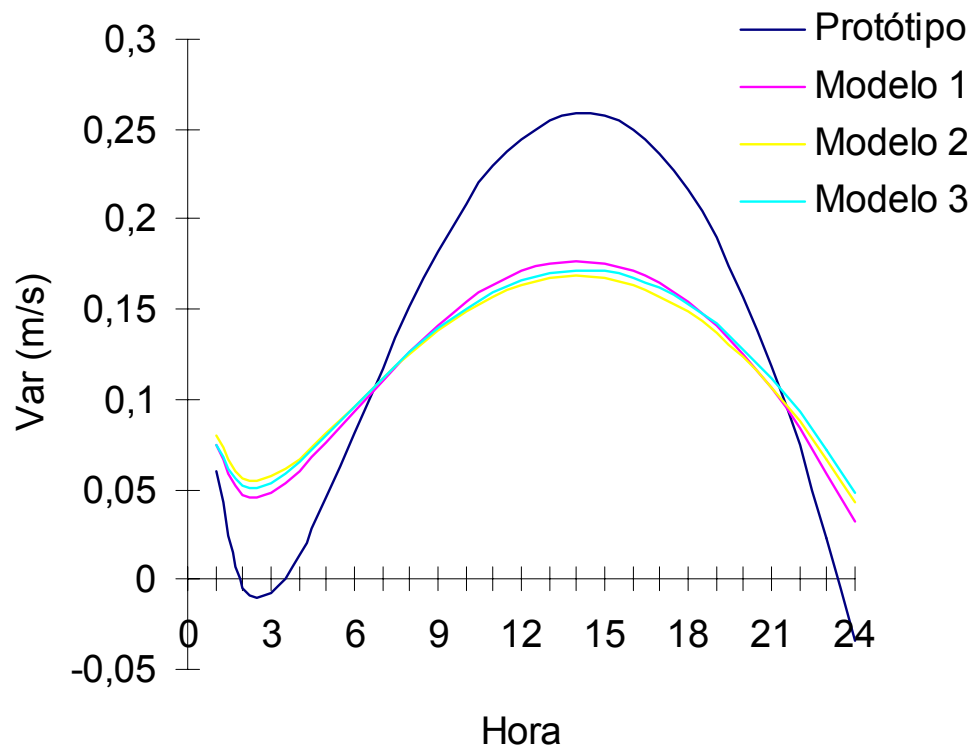
**Quadro 4.6.** Equações de regressão para os valores da Var, correspondentes aos tratamentos, em função dos horários de observação, e respectivos coeficientes de determinação ( $r^2$ ).

| Tratamento | Equações de regressão                                                       | $R^2$  |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------|
| P          | $\hat{Y} = 0,6362 - 0,9455^{**}H^{0,5} + 0,4220^{**}H - 0,0524^{**}H^{1,5}$ | 0,7439 |
| M1         | $\hat{Y} = 0,3337 - 0,4314^{**}H^{0,5} + 0,1966^{**}H - 0,0247^{**}H^{1,5}$ | 0,7555 |
| M2         | $\hat{Y} = 0,3041 - 0,3729^{**}H^{0,5} + 0,1699^{**}H - 0,0213^{**}H^{1,5}$ | 0,7104 |
| M3         | $\hat{Y} = 0,2965 - 0,3714^{**}H^{0,5} + 0,1709^{**}H - 0,0215^{**}H^{1,5}$ | 0,7588 |

\*\* - significativo 1% de probabilidade, pelo teste de “t”.



**Figura 4.5.** Curvas correspondentes aos valores observados das médias diárias da Var (m/s) para os quatro tratamentos e o ambiente externo (AE).



**Figura 4.6.** Estimativa da Var (m/s) no interior do Protótipo e dos Modelos, em função dos horários de observação.

#### 4.1.4. Temperatura de globo negro (Tgn)

O teste de médias mostra que a Tgn média do Modelo 2, do Modelo 1 e do Protótipo não diferem significativamente entre si, e que também não há diferença entre as médias do Protótipo e do Modelo 3 (Quadro 4.7). De acordo com o teste as médias da Tgn do Modelos 1 e do Modelo 2 diferem significativamente da média do Modelo 3, ao qual correspondeu o menor valor. Na Figura 4.7 são apresentadas as curvas correspondentes aos valores observados das médias diárias da Tgn, para os quatro tratamentos e o ambiente externo, onde pode-se observar um comportamento similar entre os tratamentos.

**Quadro 4.7.** Valores médios da Tgn correspondentes aos tratamentos

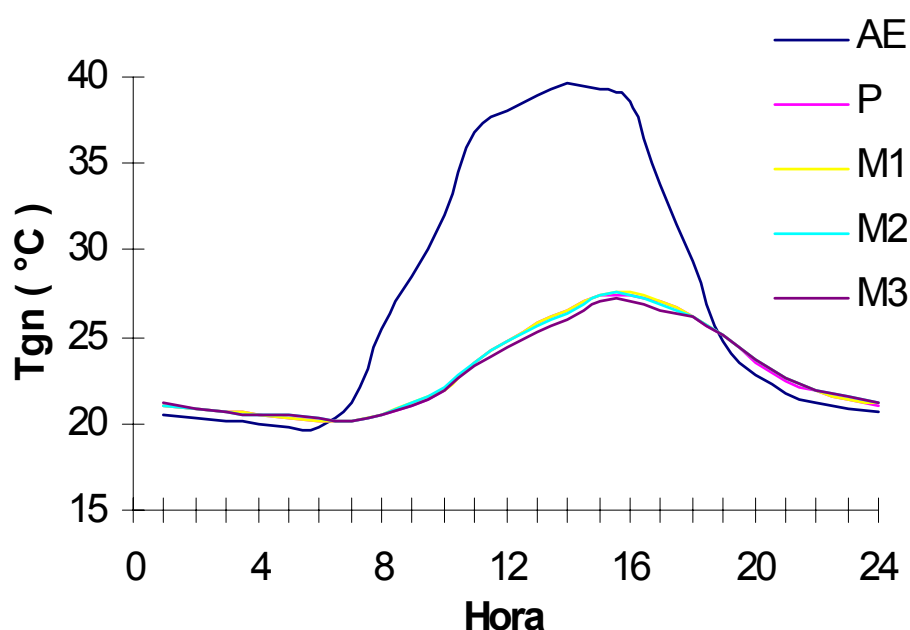
| Tratamento | Média |     |
|------------|-------|-----|
| Modelo 1   | 23,00 | A   |
| Modelo 2   | 23,00 | A   |
| Protótipo  | 22,96 | A B |
| Modelo 3   | 22,90 | B   |

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

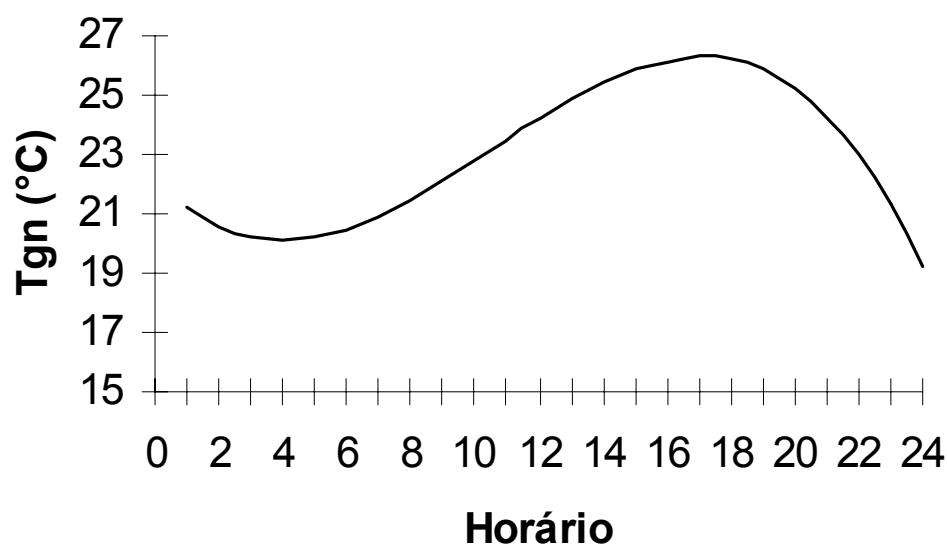
A Tgn é resultado do efeito combinado da temperatura do ar, da velocidade do ar e da radiação. A análise de Tbs indicou que a média do Protótipo foi menor que a dos modelos, e no caso da Var a média do protótipo foi maior que a dos modelos, no período das 10:00 as 17:00 horas. O horizonte sul dos modelos é totalmente ocupado pelo eucaliptal situado na lateral da área experimental, como pode ser observado na Figura 3.6, o mesmo não ocorrendo com o Protótipo, que se encontrava a uma distância 10 m mais afastada. Como a Tgn depende diretamente da radiação, a diferença de horizonte permitiu uma maior incidência de radiação sobre o termômetro de globo negro do Protótipo, compensando o efeito da Tbs menor e da Var maior, em relação aos modelos.

A equação de regressão ajustada (31) em função das observações horárias, a partir das médias dos valores de Tgn dos quatro tratamentos, que apresentou o melhor ajuste foi a cúbica, com os coeficientes de regressão significativos a 1% de probabilidade (\*\*), pelo teste “t”. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi igual a 0,8652, sendo calculado em relação ao efeito da hora ( $R^2 = \text{SQReg}/\text{SQHora}$ ). A Figura 4.8 mostra a representação gráfica do comportamento da Tbs para os quatro tratamentos, utilizando a equação de regressão ajustada.

$$\hat{Y} = 22,2176 - 1,1546^{**} H + 0,1769^{**} H^2 - 0,0056^{**} H^3 \quad (31)$$



**Figura 4.7.** Curvas correspondentes aos valores observados das médias diárias da Tgn (°C) para aos quatro tratamentos e o ambiente externo (AE).



**Figura 4.8.** Estimativa da Tgn (°C) no interior do Protótipo e dos Modelos, em função dos horários de observação.

#### 4.1.5. Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU)

O teste de médias mostra que apenas o ambiente térmico do Modelo 1, avaliado empregando o ITGU, difere do Modelo 3 (Quadro 4.8). No Anexo 5 são apresentados os valores horários e as médias horárias do ITGU.

Na Figura 4.9 são apresentadas as curvas correspondentes aos valores observados das médias diárias do ITGU, para aos quatro tratamentos e o ambiente externo, onde pode-se observar um comportamento similar entre os tratamentos.

O ITGU engloba em um único valor o efeito combinado da temperatura do ar, da velocidade do ar, da umidade relativa e da radiação, sendo determinado a partir da temperatura de globo negro (Tgn) e da temperatura de bulbo úmido (Tbu). No presente trabalho esperava-se que não houvessem diferenças significativas entre os tratamentos. Contudo, observa-se no Quadro 4.8 diferenças significativas entre médias do Modelo 1 e Modelo 3. No entanto, no mesmo quadro observa-se que não existem

diferenças significativas entre os ambientes térmicos dos modelos com relação ao Protótipo.

**Quadro 4.8.** Valores médios do ITGU correspondentes aos tratamentos

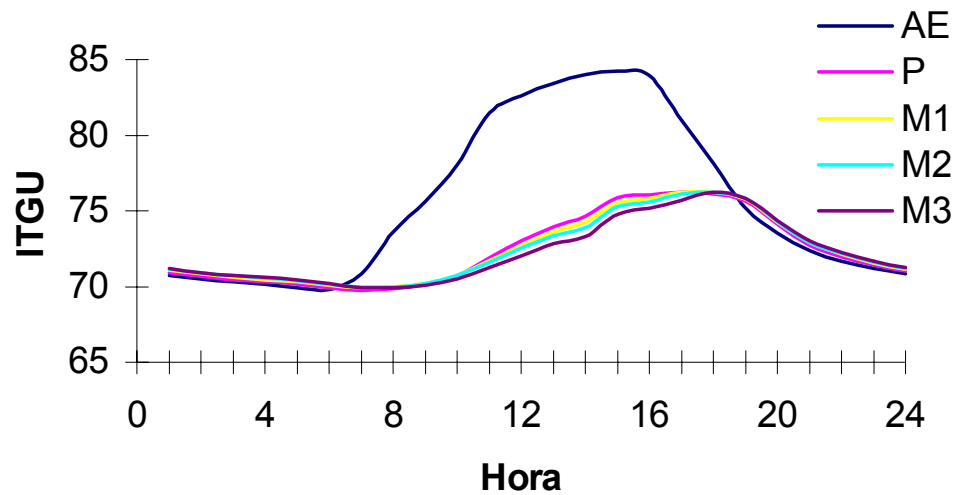
| Tratamento | Média |     |
|------------|-------|-----|
| Modelo 1   | 72,41 | A   |
| Protótipo  | 72,40 | A B |
| Modelo 2   | 72,39 | A B |
| Modelo 3   | 72,26 | B   |

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

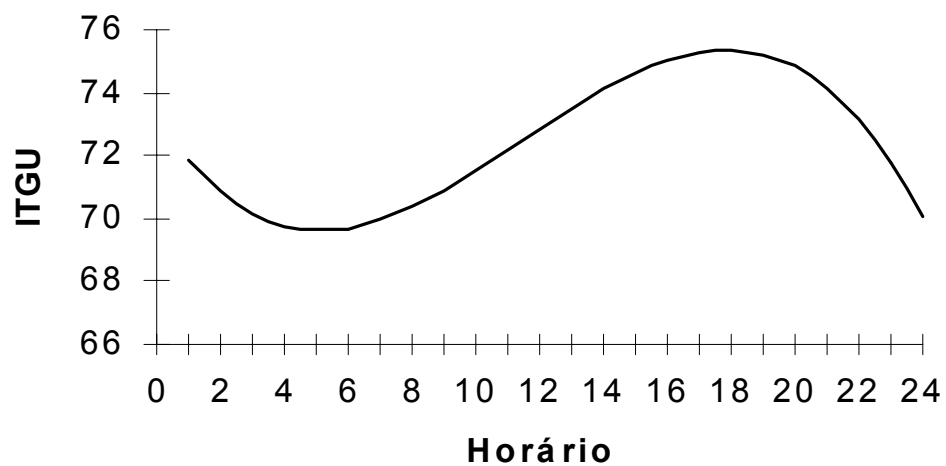
A equação de regressão ajustada (32) em função das observações horárias, a partir das médias dos valores de ITGU dos quatro tratamentos, que apresentou o melhor ajuste foi a cúbica, com os coeficientes de regressão significativos a 1% de probabilidade (\*\*), pelo teste “t”. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi igual a 0,9058, sendo calculado em relação ao efeito da hora ( $R^2 = \text{SQReg}/\text{SQHora}$ ).

$$\hat{Y} = 73,2032 - 1,5297^{**} H + 0,1927^{**} H^2 - 0,0056^{**} H^3 \quad (32)$$

A Figura 4.10 mostra a representação gráfica do comportamento do ITGU para tratamentos, utilizando a equação de regressão ajustada.



**Figura 4.9.** Curvas correspondentes aos valores das médias diárias do ITGU para os quatro tratamentos e o ambiente externo (AE).



**Figura 4.10.** Estimativa da ITGU (°C) no interior do Protótipo e dos Modelos, em função dos horários de observação.

## 4.2. Análise de similitude

No Quadro 4.9 são apresentados os valores das variáveis relativas as características geométricas e das características térmicas das telhas dos quatro tratamentos, utilizadas para o calculo dos termos  $\pi_1$  ,  $\pi_2$  e  $\pi_3$  . Estes termos  $\pi$  são constantes ao longo do dia, uma vez que dependem somente

das características geométricas e térmicas, não sendo afetadas pelas variações diárias do tempo. No Anexo 6 são apresentados os valores das médias horárias dos termos  $\pi$  variáveis e os valores dos termos  $\pi$  fixos.

Para o calculo do termo  $\pi_4$  foi considerado que a irradiância solar global no período noturno é igual a  $1,0 \text{ W m}^{-2}$  e para o calculo do termo  $\pi_5$  que a velocidade do ar mínima é igual a  $0,01 \text{ m s}^{-1}$ , evitando desta forma a ocorrência de divisor zero no calculo destes termos.

**Quadro 4.9.** Variáveis geométricas e físicas dos quarto tratamentos, utilizados no calculo dos termos  $\pi_1$  ,  $\pi_2$  e  $\pi_3$  .

| Var. | Grandeza física                       | Símbolo   | Tratamento |      |      |      |
|------|---------------------------------------|-----------|------------|------|------|------|
|      |                                       |           | P          | M1   | M2   | M3   |
| 1    | Largura do galpão (m)                 | lg        | 12,20      | 3,05 | 1,53 | 1,02 |
| 2    | Dim Lineares gerais (módulo) (m)      | d         | 5,00       | 1,25 | 0,63 | 0,42 |
| 3    | Espessura da telha (m)                | E         | 0,005      |      |      |      |
| 4    | Absortividade da telha                | $\alpha$  | 0,49       | 0,51 |      |      |
| 5    | Condutividade térmica da telha (W/mK) | $\lambda$ | 0,58       |      |      |      |

No Quadro 4.10. são apresentadas as médias gerais dos fatores de distorção e predição, sendo que, para o fator de distorção  $\alpha_5$  e o fator de predição  $\delta$  foram determinados os desvios padrão, calculados em função dos valores horários. No Anexo 7 São apresentados os valores horários médios e as médias gerais dos fatores de distorção e de predição.

**Quadro 4.10.** Médias gerais dos fatores de distorção  $\alpha$  e de predição  $\delta$ , e desvio padrão (S) do fator de distorção  $\alpha_5$  e do fator de predição  $\delta$ .

| Fator      | Protótipo em relação ao Modelo 1 |        | Protótipo em relação ao Modelo 2 |        | Protótipo em relação ao Modelo 3 |        |
|------------|----------------------------------|--------|----------------------------------|--------|----------------------------------|--------|
|            | Média                            | S      | Média                            | S      | Média                            | S      |
| $\alpha_1$ | 1,0000                           | -      | 1,0047                           |        | 1,0047                           | -      |
| $\alpha_2$ | 4,0000                           | -      | 7,9739                           | -      | 11,9608                          | -      |
| $\alpha_3$ | 1,04                             | -      | 1,04                             | -      | 1,04                             | -      |
| $\alpha_4$ | 4,000                            | -      | 7,9739                           | -      | 11,9608                          | -      |
| $\alpha_5$ | 2,0244                           | 2,9184 | 2,0673                           | 2,9891 | 2,0600                           | 2,6651 |
| $\delta$   | 1,0028                           | 0,0213 | 1,0030                           | 0,0226 | 1,0051                           | 0,0267 |

#### 4.2.1. Considerações sobre o fator de distorção $\alpha_1$

O fator de distorção  $\alpha_1$  depende somente das grandezas geométricas dos tratamentos, ou seja, da razão entre a largura e as demais dimensões geométricas dos modelos em relação a mesma razão do protótipo (33).

$$\alpha_1 = \frac{\pi_{1M}}{\pi_{1P}} = \frac{d_M \cdot l_{gM}^{-1}}{d_P \cdot l_{gP}^{-1}} \quad (33)$$

Trabalhando com modelos geometricamente similares, em que as dimensões estão nas respectivas escalas, o fator de distorção será igual a unidade, não afetando o fator de predição

Os valores de  $\alpha_1 = 1,0047$  encontrados para a relação entre o Protótipo e o Modelo 2 (P x M2) e o Protótipo e o Modelo 3 (P x M3), tiveram origem nas dimensões de largura e do módulo dos modelos, nas quais foi feito o arredondamento das frações menores que 1 cm. Estes

arredondamentos resultando em um erro menor que 1% em relação as dimensões consideradas. Desta forma pode-se assumir que  $\alpha_1 \cong 1$  e que os modelos são geometricamente similares, não havendo efeito sobre o fator de predição  $\delta$ , uma vez que o critério 1 de projeto (Quadro 3.4) foi atendido.

#### 4.2.2. Considerações sobre o fator de distorção $\alpha_2$

O fator de distorção  $\alpha_2$  depende somente das grandezas geométricas dos tratamentos, ou seja, da razão entre a espessura da telha e a largura dos modelos em relação a mesma razão do protótipo (34).

$$\alpha_2 = \frac{\pi_{2M}}{\pi_{2P}} = \frac{E_M \cdot l_{gM}^{-1}}{E_P \cdot l_{gP}^{-1}} \quad (34)$$

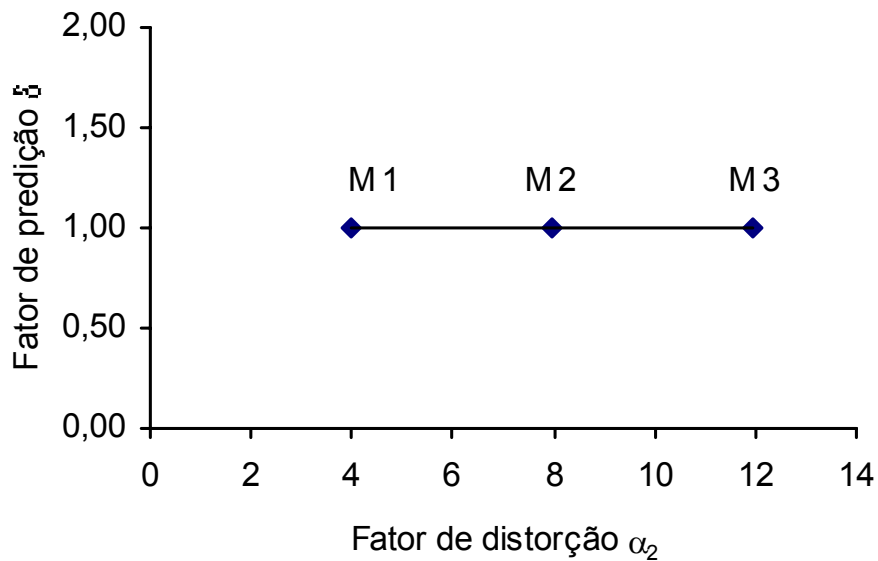
A utilização do mesmo tipo de telhas no Protótipo e nos modelos, teve como finalidade a manutenção das propriedades físicas do telhado, o que de acordo com KÖLTZSCH e WALDEN (1990) permite uma maior similitude do comportamento entre os modelos e o protótipo. Este procedimento teve como resultado que a espessura das telhas é igual para todos os tratamentos,  $E_P = E_M$ , e, conseqüentemente, o fator de distorção depende apenas das larguras dos tratamentos. Desta forma o critério 2 de projeto (Quadro 3.4) não foi atendido e os modelos são geometricamente distorcidos. A Figura 4.11 mostra o gráfico de dispersão do efeito do fator de distorção  $\alpha_2$  em relação fator de predição  $\delta$  e a linha de tendência obtida por regressão linear simples.

Os valores encontrados para os fatores de distorção  $\alpha_2$ , Quadro 4.10, correspondem a escala dos modelos, com as diferenças tendo origem no arredondamento das frações menores que 1 cm das dimensões de largura dos modelos.

A equação de regressão ajustada (35), com coeficiente de determinação ( $r^2$ ) igual a 0,8281, apresenta um coeficiente que representa uma declividade praticamente igual a zero, indicando que a distorção

provocada pelo uso de telhas com mesma espessura em todos os tratamentos afetou pouco o fator de predição  $\delta$ .

$$\hat{\delta} = 0,0003\alpha + 1,0012 \quad (35)$$



**Figura 4.11.** Efeito do fator de distorção  $\alpha_2$  sobre o fator de predição  $\delta$ .

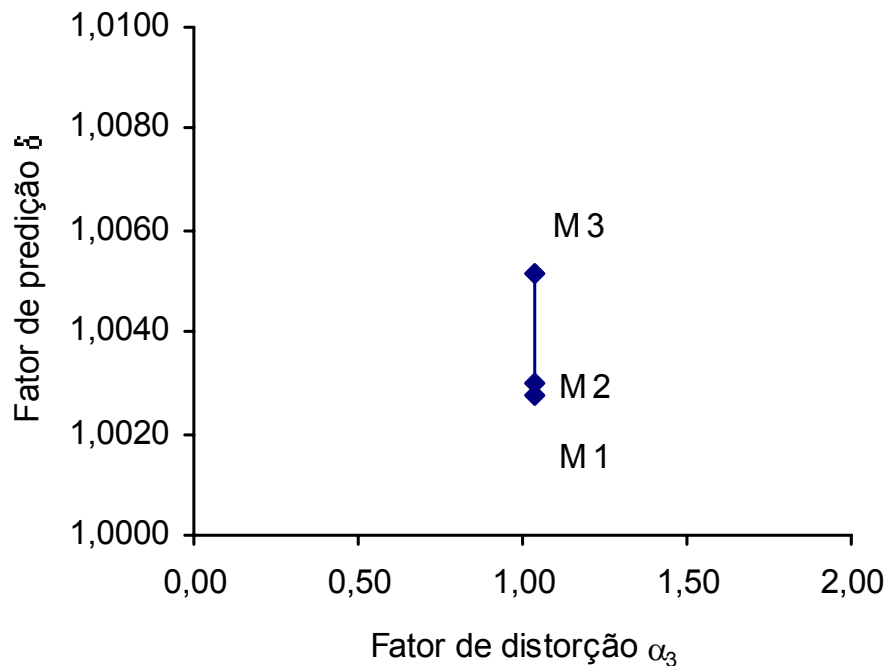
#### 4.2.3. Considerações sobre o fator de distorção $\alpha_3$

O fator de distorção  $\alpha_3$  depende das propriedades físicas dos tratamentos, ou seja, da razão entre a absortividade do telhado dos modelos em relação a absortividade do telhado do protótipo (36).

$$\alpha_3 = \frac{\pi_{3M}}{\pi_{3P}} = \frac{\alpha_M}{\alpha_P} \quad (36)$$

Como a absortividade do telhado é a mesma para os três modelos ( $\alpha=0,51$ ) e ligeiramente maior que a do Protótipo ( $\alpha=0,49$ ), o fator de

distorção  $\alpha_3$  é igual nos três casos. O gráfico do efeito do fator de distorção  $\alpha_3$  em relação ao fator de predição  $\delta$  (Figura 4.12) mostra uma linha de tendência vertical, com declividade infinita.



**Figura 4.12.** Efeito do fator de distorção  $\alpha_3$  sobre o fator de predição  $\delta$ .

Nos casos anteriores as distorções  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$  não afetam o fator de predição, contudo, neste caso isto não é mais verdadeiro, uma vez que existe uma indicação de elevação de  $\delta$  com o aumento da escala  $n$ .

Como o fator de predição  $\delta$  é a razão entre o ITGU interno dos modelos e o ITGU interno do Protótipo, Equação 37, uma vez que o ITGU externo é o mesmo, o aumento do fator de predição mostra uma tendência de elevação do ITGU interno dos modelos com o aumento da escala  $n$ .

Esta tendência de elevação do ITGU interno dos modelos pode ser atribuída a relação existente entre a absortividade e a irradiância solar global, que de acordo com as condições de operação estabelecidas é mesma para os modelos e o Protótipo ( $G_M = G_P$ ).

$$\delta = \frac{\pi_{6P}}{\pi_{6M}} = \frac{ITGU_{int \cdot P} \cdot ITGU_{ext \cdot P}^{-1}}{ITGU_{int \cdot M} \cdot ITGU_{ext \cdot M}^{-1}} = \frac{ITGU_{int \cdot P}}{ITGU_{int \cdot M}} \quad (37)$$

Como em condições de campo não é possível ter a irradiância solar global proporcional as escalas dos modelos, uma forma de neutralizar esta tendência de elevação do ITGU interno em relação ao aumento da escala  $n$  dos modelos, seria a introdução de uma distorção intencional, utilizando telhas com absortividade menor nos modelos. Este procedimento resultaria em uma carga térmica menor nos modelos, e consequentemente uma redução no ITGU interno dos mesmos.

#### 4.2.4. Considerações sobre o fator de distorção $\alpha_4$

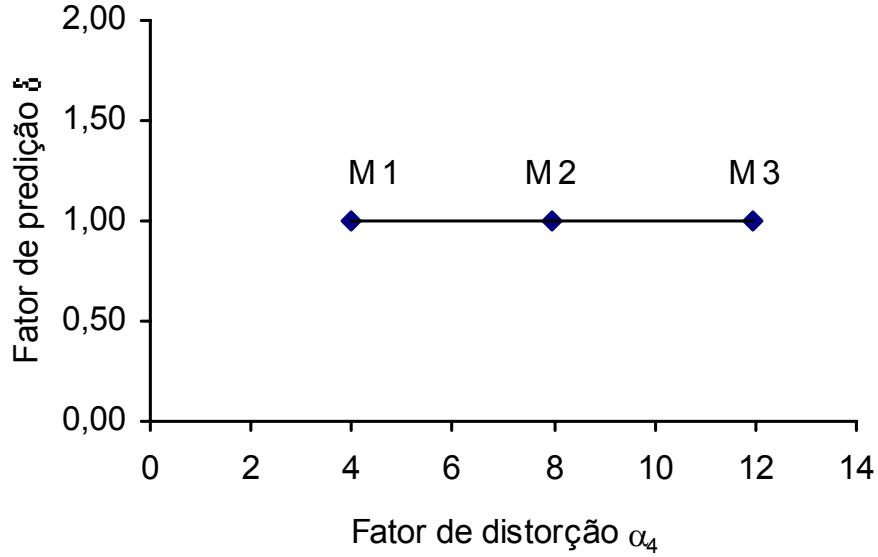
O fator de distorção  $\alpha_4$  depende da largura dos tratamentos (Protótipo e modelos), da condutividade térmica da telha e dos fatores ambientais externos, ITGU externo e irradiância solar global (Equação 38).

$$\alpha_4 = \frac{\pi_{4M}}{\pi_{4P}} = \frac{ITGU_{ext M} \cdot \lambda_M \cdot l_{gM}^{-1} \cdot G_M^{-1}}{ITGU_{ext P} \cdot \lambda_P \cdot l_{gP}^{-1} \cdot G_P^{-1}} \quad (38)$$

Como os tratamentos foram expostos as mesmas condições de ambiente externo,  $ITGU_{extP} = ITGU_{extM}$  e  $G_P = G_M$ , e condutividade térmica das telhas,  $\lambda_P = \lambda_M$ , o fator de distorção depende apenas das larguras dos tratamentos, apresentando valores iguais as de  $\alpha_2$ . Desta forma o critério 4 de projeto (Quadro 3.4) não foi atendido e os modelos são distorcidos. A Figura 4.13 mostra o gráfico de dispersão do efeito do fator de distorção  $\alpha_4$  em relação ao o fator de predição  $\delta$  e a linha de tendência obtida por regressão linear simples.

A equação de regressão ajustada (39), com coeficiente de determinação ( $r^2$ ) igual a 0,8281, apresenta um coeficiente que representa uma declividade praticamente igual a zero, indicando que a distorção afetou pouco o fator de predição  $\delta$ .

$$\hat{\delta} = 0,0003\alpha + 1,0012 \quad (39)$$



**Figura 4.13.** Efeito do fator de distorção  $\alpha_4$  sobre o fator de predição  $\delta$ .

#### 4.2.5. Considerações sobre o fator de distorção $\alpha_5$

O fator de distorção  $\alpha_5$  depende da velocidade do ar interno e externo dos tratamentos, ou seja, da razão entre a  $Var_{int}$  e a  $Var_{ext}$  dos modelos em relação a mesma razão do protótipo (Equação 40).

$$\alpha_5 = \frac{\pi_{5M}}{\pi_{5P}} = \frac{Var_{intM} \cdot Var_{extM}^{-1}}{Var_{intP} \cdot Var_{extP}^{-1}} \quad (40)$$

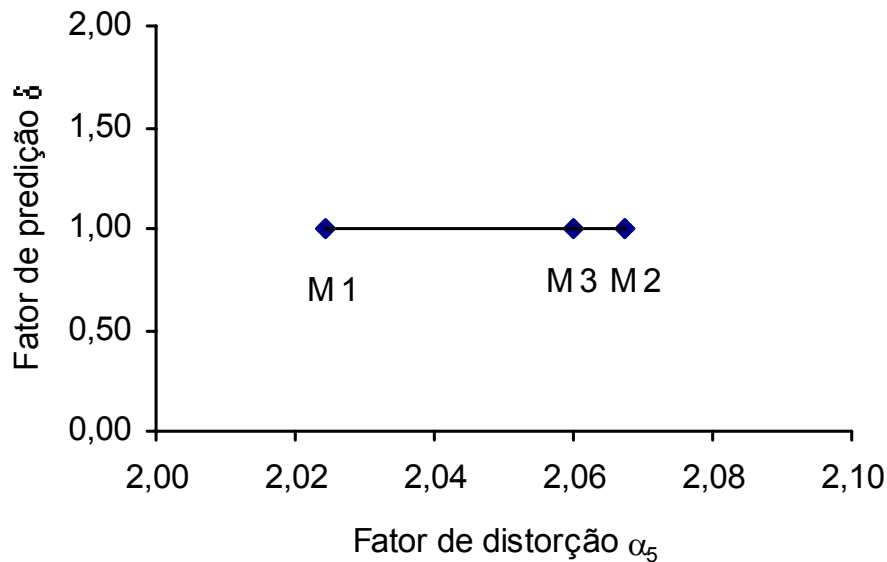
Como nas condições de operação a velocidade do ar externo é a mesma para os modelos e o protótipo,  $Var_{extP} = Var_{extM}$ , o fator de distorção

$\alpha_5$  é a razão entre a  $Var_{intM}$  e a  $Var_{intP}$ . Os valores encontrados (Quadro 4.10) mostram que o critério 5 de projeto (Quadro 3.4) não é atendido por nem um dos modelos, e que, como mostra o desvio padrão, os dados apresentam uma variação elevada.

A Figura 4.14 mostra o gráfico de dispersão do efeito do fator de distorção  $\alpha_5$  em relação ao fator de predição  $\delta$  e a linha de tendência obtida por regressão linear simples.

A equação de regressão ajustada (41), com coeficiente de determinação ( $r^2$ ) igual a 0,1963, apresenta coeficiente que representa uma declividade pequena, indicando que a distorção afetou pouco o fator de predição  $\delta$ .

$$\hat{\delta} = 0,0253\alpha + 0,9518 \quad (41)$$



**Figura 4.14.** Efeito do fator de distorção  $\alpha_5$  sobre o fator de predição  $\delta$ .

#### 4.2.6. Considerações sobre o fator de predição $\delta$

O fator de predição  $\delta$  depende do ITGU interno e externo dos tratamentos, ou seja, da razão entre o  $ITGU_{int}$  e o  $ITGU_{ext}$  do protótipo em relação a mesma razão dos modelos (Equação 42).

$$\delta = \frac{\pi_{6P}}{\pi_{6M}} = \frac{ITGU_{intP} \cdot ITGU_{extP}^{-1}}{ITGU_{intM} \cdot ITGU_{extM}^{-1}} \quad (42)$$

Como o  $ITGU_{ext}$  é igual para todos os tratamentos, o fator de predição é igual a razão entre o  $ITGU_{intP}$  e o  $ITGU_{intM}$  (Equação 43).

$$\delta = \frac{ITGU_{intP}}{ITGU_{intM}} \quad (43)$$

Desta forma, a equação de predição (44) do comportamento do Protótipo em relação aos modelos será:

$$ITGU_{intP} = \delta \cdot ITGU_{intM} \quad (44)$$

Os fatores de predição apresentados no Quadro 4.10 são valores pouco discrepantes e próximos da unidade, com desvio padrão pequeno, mostrando um comportamento bastante similar entre os modelos e o Protótipo. Estes resultados estão de acordo com os encontrados na análise de estatística, onde a comparação das médias dos valores de ITGU (Quadro 4.8) mostram que não há diferença estatisticamente significativa entre o Protótipo, o Modelo 1 e o Modelo 2, nem entre o Protótipo, o Modelo 2 e o Modelo 3, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. Desta forma, as distorções existentes nos modelos, devidas ao não atendimento dos critérios de projeto 2, 4 e 5 (Quadro 3.4), conduzem a um valor para o fator de predição igual a unidade na Equação 44, que passa a ser:

$$ITGU_{\text{int } P} = ITGU_{\text{int } M} \quad (45)$$

Desta forma, como o ITGU é um índice que representa as condições térmicas ambientais do local onde foram feitas as medições, pode-se concluir que a avaliação térmica ambiental em modelos reduzidos com escala até 1:12 pode prever as condições térmicas do protótipo correspondente.

## **5. RESUMO E CONCLUSÕES**

O uso de modelos reduzidos tem sido uma alternativa para a avaliação do desempenho térmico de edificações, em razão das vantagens de custo de material e mão de obra, redução do tempo de pesquisa e facilidade em promover alterações para a otimização do projeto. A sua utilização requer entretanto o entendimento claro dos princípios que regem a relação entre o protótipo e o modelo, para o que devem ser atendidos determinados critérios de similitude.

A partir da determinação dos parâmetros de conforto térmico com o uso de modelos reduzidos, desenvolveu-se este trabalho com os objetivos de: a) determinar, através da análise dimensional, as relações necessárias para que o comportamento dos parâmetros de conforto térmico de uma instalação em escala natural possa ser determinada a partir das observações em um modelo reduzido; e b) testar em um galpão de criação de frangos de corte e três modelos reduzidos com diferentes escalas, a validade das relações propostas e determinar a escala de redução ideal para este tipo de experimento.

A pesquisa foi realizada no Setor de Melhoramento de Aves do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período

de 30 de janeiro a 17 de fevereiro de 2002, sendo utilizado como protótipo um galpão de recria de aves, que serviu de referência para a construção de três modelos reduzidos, nas escalas de 1:4, 1:8 e 1:12.

O galpão utilizado como protótipo tinha eixo longitudinal com orientação 75° NO e como dimensões básicas 12,20 m de largura, 147,50 m de comprimento, 3,00 m de pé direito e 0,40 m de altura de mureta lateral. O telhado possuía cobertura de telhas de cimento amianto com espessura de 5 mm, com inclinação de 33%, beiral de 1,50 m e lanternim com largura de 2,20 m e abertura vertical de 0,35 m.

Para análise dimensional foram selecionadas as dez variáveis que influenciam o fenômeno, utilizando o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) como indicador do ambiente térmico. Utilizando o teorema  $\pi$  de Buckingham, as dez variáveis e as quatro dimensões básicas envolvidas, foram determinados os seis termos  $\pi$  necessários para estabelecer a similaridade de comportamento entre o protótipo e os modelos. A partir dos termos  $\pi$  foram estabelecidas as condições de operação e de construção dos modelos reduzidos.

Os modelos representaram uma seção transversal com comprimento de 15,00 m do galpão, nas respectivas escalas. Para a construção das paredes laterais e das empenas foram utilizadas chapas de compensado com espessura de 10 mm. Na cobertura dos três modelos foram utilizadas telhas de cimento amianto novas, com espessura de 5 mm. Afim de manter a mesma absortividade em relação a radiação solar global entre as telhas novas dos modelos e do protótipo, foi realizada a limpeza das telhas do galpão.

Para a coleta dos dados foi utilizado um sistema de aquisição de dados com memória de 128 Kb, programado para armazenar as médias horárias, com leitura dos sensores em intervalos de 60 segundos. Foram registradas as temperaturas de bulbo seco, bulbo úmido, globo negro e velocidade do ar no interior do Protótipo, dos modelos e no ambiente externo, sendo que para este último foi registrada ainda a radiação solar global. Com base nestes dados, foram calculados os ITGUs necessários para a análise do comportamento térmico do Protótipo e dos modelos.

A partir dos dados coletados, foram determinados os valores dos seis termos  $\pi$  para o protótipo e os modelos. Com estes valores foram calculados os fatores de distorção  $\alpha$ , que representam as razões entre os valores dos termos  $\pi$  dos modelos e o correspondente no protótipo, e o fator de predição  $\delta$ , que representam a razão entre o valor do termo  $\pi$  que contem o ITGU do Protótipo e o correspondente nos modelos.

Considerando os resultados obtidos neste experimento, conclui-se que:

- Com relação à geometria básica do Protótipo e dos modelos, a manutenção estrita da escala entre dimensões homólogas é fundamental, entretanto, o arredondamento das frações menores que 1 cm não afetam o fator de predição, para as escalas utilizadas.

- Com relação à cobertura, a distorção provocada pelo uso de telhas de cimento amianto com espessura de 5 mm em todos os tratamentos apresentou efeito reduzido em relação ao fator de predição, para as escalas utilizadas.

- Com relação à absorvidade da telha, o efeito do fator de distorção, em relação ao fator de predição, mostrou que, com a exposição dos modelos e do Protótipo à mesma irradiância solar global, há uma tendência de elevação do ITGU interno dos modelos com o aumento da escala de redução.

- Com relação à velocidade do ar, o fator de distorção teve efeito reduzido sobre o fator de predição, para as escalas utilizadas. Entretanto, ficou evidente a importância do estudo das condições de vento no local para a utilização de modelos em condições de campo.

- As distorções existentes nos modelos praticamente não influenciaram o fator de predição, podendo este ser considerado igual a unidade, para as escala utilizadas, ou seja  $ITGU_{intP} = ITGU_{intM}$ .

- O estabelecimento das condições de operação e dos critérios de projeto para o uso de modelos reduzidos, com o emprego de análise dimensional, mostrou-se adequado para a determinação do comportamento térmico de instalações agrícolas.

- Para as condições de operação e critérios de projeto estabelecidos conforme metodologia proposta, utilizando o ITGU como índice térmico ambiental de instalações agrícolas, é possível prever as condições térmicas ambientais em um protótipo a partir de modelos reduzidos de até 12 vezes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BAUKE, Cláudio. Aspectos econômicos da criação de aves em ambientes climatizados. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA E SISTEMAS DE PRODUÇÃO AVÍCOLA, 1998, Concórdia. **Anais ...** Concórdia: EMBRAPA – CNPSA, 1998. p. 1 – 18.

BOND, T. E., KELLY, C.F. The globe thermometer in agricultural research. **Agricultural Engineering**, v. 36, n. 4, p.251-255, 1955.

BUFFINGTON, C. S., COLLAZO-AROCHO, A., CANTON, G. H., PITT, D., THATCHER, W. W., COLLIER, R. J. Black globe humidity index (BGHI) as confort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, v.24, n. 3, p.711-714, 1981.

DANTAS, F. F. **Estudo do termossifão em galpões para frangos de corte com cobertura de telhas cerâmicas e de cimento-amianto**. Viçosa: UFV, 1995. (Tese M.S.)

DYBWAD, I. R.; HELICKSON, M. A.; JOHNSON, C. E.; MOE, D. L. Ridge vent effects on model building ventilation characteristics. **Transactions of the**

- ASAE**, v. 17, n. 2, p. 366-370, 1974.
- ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. 2 ed. Westport: AVI Publishing Company, 1974.
- HAHN, L., BOND, T. E., KELLY, C. F. Use of models in thermal studies of livestock housing. **Transactions of the ASAE**, v. 4, n. 1, p. 45-51, 1961.
- INCROPERA, F. P., DEWITT, D. P. **Fundamentos de transferência de calor e massa**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992.
- KLIN, S. J. **Similitude and approximation theory**. New York: McGraw-Hill, 1966
- KÖLTZSCH, P., WALDEN, F. **Ähnlichkeitstheorie und modelltechnik. Heft 1**. Freiberg: TU Bergakademie Freiberg, 1990.
- LEAL, P. A. M. Ambiente animal. In: 1º ENCONTRO NACIONAL DE TÉCNICOS E PESQUISADORES DE CONSTRUÇÕES RURAIS, 1990, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBEA, 1990.
- MODERA, M. P. Determination of thermal simulation performance with a reduced-scale structure. Las Vegas: **ASHRAE/DOE Conference**, 6 – 9 Dec 1982.
- MURPHY, G. C. E. **Similitude in engineering**. New York: Ronald Press, 1950.
- NEUBAUER, L. W. Orientation and insulation: model versus prototype. **Transactions of the ASAE**, v. 15, n. 4, p. 707 - 709, 1972.
- NEUBAUER, L. W. Toward cooler buildings. **Agricultural Engineering**, v. \_\_, n. \_\_, p. 80 - 81, Feb.-1969.
- OLIVEIRA, J. L. **Hot weather livestock housing analysis**. East Lansing: Michigan State University, 1980. (Tese de Doutorado)
- OLIVEIRA, J. L., ESMAY, M. L. Systems model analysis of hot weather housing for livestock. **Transactions of the ASAE**, v. 25, n. 5, p. 1355-1359, 1982.

PALMÉRIO, E. M. Gerenciamento da produção de carne a pasto. In: 3º CONGRESSO BRASILEIRO DAS RAÇAS ZEBUINAS, 1998, Uberaba. **Anais...**Uberaba, 1998. ([www.abcz.org.br](http://www.abcz.org.br))

PEREIRA, N., BOND, T. E., MORRISON, S. R. "Ping-pong" ball into black-globe thermometer. **Agricultural Engineering**, v. 48, n. 6, p. 341-342, 1967.

PIASENTIN, J. A. **Conforto medido pelo índice de temperatura de globo e umidade na produção de frangos de corte para dois tipos de piso em Viçosa-MG**. Viçosa: UFV, 1984. (Tese M.S.)

RIVERO, R. O. **Arquitetura e clima – acondicionamento térmico natural**. 2. ed. Porto Alegre: D. C. Luzzato, 1986.

SCHURING, Dieterich J. **Scale models in engineering – fundamentals and applications**. New York: Calspan Corporation, 1977.

SILVA, R. S. **Correção nos valores dos índices térmicos ambientais calculados com dados coletados com globo termômetros de alumínio, latão e plástico de diferentes tamanhos, com relação ao globo termômetro de cobre (padrão)**. Viçosa, UFV, 1997. (Seminário apresentado como exigência de conclusão do Curso de Engenharia Agrícola).

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v. 12, p. 57-60, 1959.

TIMMONS, M. B., ALBRIGHT, L. D., FURRY, R. B. Similitude aspects of predicting building thermal behavior. **Transactions of the ASAE**, v. 21, n. 5, p. 957 - 962, 1978

TIMMONS, M. B., BAUGHMAN, G. R. Similitude analysis of ventilation by the stack effect from na open ridge livestock structure. **Transactions of the ASAE**, p. 1030 - 1034, 1981

TINÔCO, I. F. F. **Resfriamento adiabático (evaporativo) na produção de frangos de corte**. Viçosa: UFV, 1988. (Tese M.S.)

ZOLNIER, S. **Psicrometria I**. Série Caderno Didático, Viçosa: AEAGRI-MG/DEA/UFV, 1994.

## **ANEXO 1**

### **Determinação dos termos $\pi$**

**Quadro A1.** Variáveis selecionadas para a análise dimensional do comportamento térmico de um galpão para frangos de corte.

| Var. | Grandeza física                                  | Símbolo      | Unidade                       | Dimensão                        |
|------|--------------------------------------------------|--------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 1    | Largura do galpão                                | $l_g$        | m                             | L                               |
| 2    | Dimensões lineares gerais                        | $d$          | m                             | L                               |
| 3    | Espessura da telha                               | $E$          | m                             | L                               |
| 4    | Absortividade da telha                           | $\alpha$     | 1                             | 1                               |
| 5    | Condutividade térmica da telha                   | $\lambda$    | $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ | $\text{M L T}^{-3} \theta^{-1}$ |
| 6    | Irradiância solar                                | $G$          | $\text{Wm}^{-2}$              | $\text{M T}^{-3}$               |
| 7    | Velocidade do ar externo                         | $V_{ext}$    | $\text{ms}^{-1}$              | $\text{L T}^{-1}$               |
| 8    | Velocidade do ar interno                         | $V_{int}$    | $\text{ms}^{-1}$              | $\text{L T}^{-1}$               |
| 9    | Índice de Temperatura de Globo e Umidade externo | $ITGU_{ext}$ | K                             | $\theta$                        |
| 10   | Índice de Temperatura de Globo e Umidade interno | $ITGU_{int}$ | K                             | $\theta$                        |

- Número de grandezas físicas:  $n = 10$
- Número de dimensões básicas:  $k = 4$
- Número de termos  $\pi$ :  $n - k = 6$
- Grandezas físicas de base ( $k = 4$ ):

|                                             |              |                   |
|---------------------------------------------|--------------|-------------------|
| Largura do galpão:                          | $l_g$        | L                 |
| Velocidade do ar interno:                   | $V_{int}$    | $\text{L T}^{-1}$ |
| Irradiância solar:                          | $G$          | $\text{M T}^{-3}$ |
| Índice de temp. de globo e umidade externo: | $ITGU_{ext}$ | $\theta$          |

• **Determinação dos termos  $\pi$**

$\pi_1 \rightarrow$  Variável 2: Dimensões lineares gerais,  $d$ .

$$\pi_1 = l_g^x \cdot V_{int}^y \cdot G^z \cdot ITGU_{ext}^k \cdot d^l$$

$$\pi_1 = \text{L}^x \cdot (\text{L} \cdot \text{T}^{-1})^y \cdot (\text{M} \cdot \text{T}^{-3})^z \cdot \theta^k \cdot (\text{L})^1$$

$$\pi_1 = \text{L}^x \cdot \text{L}^y \cdot \text{T}^{-y} \cdot \text{M}^z \cdot \text{T}^{-3z} \cdot \theta^k \cdot \text{L}^1$$

$$\pi_1 = \text{L}^{x+y+1} \cdot \text{T}^{-y-3z} \cdot \text{M}^z \cdot \theta^k = \text{L}^0 \cdot \text{T}^0 \cdot \text{M}^0 \cdot \theta^0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x+y+1 = 0 \Rightarrow x = -1 \\ -y-3z = 0 \Rightarrow y = 0 \\ z = 0 \\ k = 0 \end{array} \right.$$

$$\pi_1 = l_g^{-1} \cdot V_{int}^0 \cdot G^0 \cdot ITGU_{ext}^0 \cdot d^1$$

$$\pi_1 = d \cdot l_g^{-1}$$

$\pi_2 \rightarrow$  Variável 3: espessura da telha,  $E$ .

$$\pi_2 = l_g^x \cdot V_{int}^y \cdot G^z \cdot ITGU_{ext}^k \cdot E^l$$

$$\pi_2 = L^x \cdot (L \cdot T^{-1})^y \cdot (M \cdot T^{-3})^z \cdot \theta^k \cdot L^1$$

$$\pi_2 = L^x \cdot L^y \cdot T^{-y} \cdot M^z \cdot T^{-3z} \cdot \theta^k \cdot L^1$$

$$\pi_2 = L^{x+y+1} \cdot T^{-y-3z} \cdot M^z \cdot \theta^k = L^0 \cdot T^0 \cdot M^0 \cdot \theta^0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x+y+1 = 0 \Rightarrow x = -1 \\ -y-3z = 0 \Rightarrow y = 0 \\ z = 0 \\ k = 0 \end{array} \right.$$

$$\pi_2 = l_g^{-1} \cdot V_{int}^0 \cdot G^0 \cdot ITGU_{ext}^0 \cdot E^1$$

$$\pi_2 = E \cdot l_g^{-1}$$

$\pi_3 \rightarrow$  Variável 4: absortividade da telha,  $\alpha$ .

$$\pi_3 = l_g^x \cdot V_{int}^y \cdot G^z \cdot ITGU_{ext}^k \cdot \alpha^l$$

$$\pi_3 = L^x \cdot (L \cdot T^{-1})^y \cdot (M \cdot T^{-3})^z \cdot \theta^k \cdot 1^1$$

$$\pi_3 = L^x \cdot L^y \cdot T^{-y} \cdot M^z \cdot T^{-3z} \cdot \theta^k \cdot 1^1$$

$$\pi_3 = L^{x+y} \cdot T^{-y-3z} \cdot M^z \cdot \theta^k \cdot 1^1 = L^0 \cdot T^0 \cdot M^0 \cdot \theta^0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x+y = 0 \Rightarrow x = 0 \\ -y-3z = 0 \Rightarrow y = 0 \\ z = 0 \\ k = 0 \end{array} \right.$$

$$\pi_3 = l_g^0 \cdot V_{int}^0 \cdot G^0 \cdot ITGU_{ext}^0 \cdot \alpha^1$$

$$\pi_3 = \alpha$$

$\pi_4 \rightarrow$  Variável 5: condutividade térmica da telha,  $\lambda$ .

$$\begin{aligned}\pi_4 &= l_g^x \cdot V_{int}^y \cdot G^z \cdot ITGU_{ext}^k \cdot \lambda^1 \\ \pi_4 &= L^x \cdot (L \cdot T^{-1})^y \cdot (M \cdot T^{-3})^z \cdot \theta^k \cdot (M \cdot L \cdot T^{-3} \cdot \theta^{-1})^1 \\ \pi_4 &= L^x \cdot L^y \cdot T^{-y} \cdot M^z \cdot T^{-3z} \cdot \theta^k \cdot M^1 \cdot L^1 \cdot T^{-3} \cdot \theta^{-1} \\ \pi_4 &= L^{x+y+1} \cdot T^{-y-3z-3} \cdot M^{z+1} \cdot \theta^{k-1} = L^0 \cdot T^0 \cdot M^0 \cdot \theta^0 \\ &\begin{cases} x+y+1=0 & \Rightarrow & x=-1 \\ -y-3z-3=0 & \Rightarrow & y=0 \\ z+1=0 & \Rightarrow & z=-1 \\ k-1=0 & \Rightarrow & k=1 \end{cases} \\ \pi_4 &= l_g^{-1} \cdot V_{int}^0 \cdot G^{-1} \cdot ITGU_{ext}^1 \cdot \lambda^1 \\ \pi_4 &= ITGU_{ext} \cdot \lambda \cdot l_g^{-1} \cdot G^{-1}\end{aligned}$$

$\pi_5 \rightarrow$  Variável 7: velocidade do ar externo,  $V_{ext}$ .

$$\begin{aligned}\pi_5 &= l_g^x \cdot V_{int}^y \cdot G^z \cdot ITGU_{ext}^k \cdot V_{ext}^1 \\ \pi_5 &= L^x \cdot (L \cdot T^{-1})^y \cdot (M \cdot T^{-3})^z \cdot \theta^k \cdot (L \cdot T^{-1})^1 \\ \pi_5 &= L^x \cdot L^y \cdot T^{-y} \cdot M^z \cdot T^{-3z} \cdot \theta^k \cdot L^1 \cdot T^{-1} \\ \pi_5 &= L^{x+y+1} \cdot T^{-y-3z-1} \cdot M^z \cdot \theta^k = L^0 \cdot T^0 \cdot M^0 \cdot \theta^0 \\ &\begin{cases} x+y+1=0 & \Rightarrow & x=0 \\ -y-3z-1=0 & \Rightarrow & y=-1 \\ z=0 \\ k=0 \end{cases} \\ \pi_5 &= l_g^0 \cdot V_{int}^{-1} \cdot G \cdot ITGU_{ext}^0 \cdot V_{ext}^1 (\cdot 1/x) \\ \pi_5 &= V_{int} \cdot V_{ext}^{-1}\end{aligned}$$

$\pi_6 \rightarrow$  Variável 10: índice de temperatura de globo e umidade interno,

$ITGU_{int}$ .

$$\begin{aligned}\pi_6 &= l_g^x \cdot V_{int}^y \cdot G^z \cdot ITGU_{ext}^k \cdot ITGU_{int}^1 \\ \pi_6 &= L^x \cdot (L \cdot T^{-1})^y \cdot (M \cdot T^{-3})^z \cdot \theta^k \cdot \theta^1 \\ \pi_6 &= L^x \cdot L^y \cdot T^{-y} \cdot M^z \cdot T^{-3z} \cdot \theta^k \cdot \theta^1 \\ \pi_6 &= L^{x+y} \cdot T^{-y-3z} \cdot M^z \cdot \theta^{k+1} = L^0 \cdot T^0 \cdot M^0 \cdot \theta^0\end{aligned}$$

$$\begin{cases}
 x+y=0 & \Rightarrow & x = 0 \\
 -y-3z = 0 & \Rightarrow & y = 0 \\
 z = 0 \\
 k + 1 = 0 & \Rightarrow & k = -1
 \end{cases}$$

$$\pi_6 = l_g^0 \cdot V_{int}^0 \cdot G^0 \cdot ITGU_{ext}^{-1} \cdot ITGU_{int}^1$$

$$\pi_6 = ITGU_{int} \cdot ITGU_{ext}^{-1}$$

**Quadro A2.** Termos  $\pi$  adimensionais e independentes.

| Nº do termo | Termo $\pi$                                                    |
|-------------|----------------------------------------------------------------|
| 1           | $\pi_1 = d \cdot l_g^{-1}$                                     |
| 2           | $\pi_2 = E \cdot l_g^{-1}$                                     |
| 3           | $\pi_3 = \alpha$                                               |
| 4           | $\pi_4 = ITGU_{ext} \cdot \lambda \cdot l_g^{-1} \cdot G^{-1}$ |
| 5           | $\pi_5 = V_{int} \cdot V_{ext}^{-1}$                           |
| 6           | $\pi_6 = ITGU_{int} \cdot ITGU_{ext}^{-1}$                     |

## **ANEXO 2**

### **Critérios de projeto para a construção dos modelos**

### Condições de operação:

- Irradiância solar:  $G_M = G_P$
- Velocidade do ar externo:  $V_{extM} = V_{extP}$
- ITGU externo:  $ITGU_{extM} = ITGU_{extP}$
- Condutividade térmica da telha:  $\lambda_M = \lambda_P$
- Absortividade da telha:  $\alpha_M = \alpha_P$
- Escala de comprimento:  $l_{gP}/l_{gM} = n \Rightarrow l_{gP} = n l_{gM}$
- Espessura da telha:  $E_M = E_P$

### Condição de similitude:

$$\pi_{kP} = \pi_{kM}$$

#### Critério 1:

$$\pi_1 = d \cdot l_g^{-1} \Rightarrow d_M \cdot l_{gM}^{-1} = d_P \cdot l_{gP}^{-1}$$

$$l_{gP} = n l_{gM}$$

$$d_M \cdot l_{gM}^{-1} = d_P \cdot n^{-1} \cdot l_{gM}^{-1}$$

$$d_M = d_P \cdot n^{-1}$$

#### Critério 2:

$$\pi_2 = E \cdot l_g^{-1} \Rightarrow E_M \cdot l_{gM}^{-1} = E_P \cdot l_{gP}^{-1}$$

$$l_{gP} = n l_{gM}$$

$$E_M = E_P$$

$$E_M \cdot l_{gM}^{-1} = E_M \cdot n^{-1} \cdot l_{gM}^{-1}$$

$$n = 1$$

#### Critério 3:

$$\pi_3 = \alpha \quad \alpha_M = \alpha_P$$

#### Critério 4:

$$\pi_4 = ITGU_{ext} \cdot \lambda \cdot l_g^{-1} \cdot G^{-1}$$

$$\Rightarrow ITGU_{extM} \cdot \lambda_M \cdot l_{gM}^{-1} \cdot G_M^{-1} = ITGU_{extP} \cdot \lambda_P \cdot l_{gP}^{-1} \cdot G_P^{-1}$$

$$ITGU_{extM} = ITGU_{extP}$$

$$\lambda_M = \lambda_P$$

$$G_M = G_P$$

$$l_{gP} = n \cdot l_{gM}$$

$$ITGU_{ext\ M} \cdot \lambda_M \cdot l_{g\ M}^{-1} \cdot G_M^{-1} = ITGU_{ext\ M} \cdot \lambda_M \cdot n \cdot l_{g\ M}^{-1} \cdot G_M^{-1}$$

$$n = 1$$

**Critério 5:**

$$\pi_5 = V_{int} \cdot V_{ext}^{-1} \quad \Rightarrow \quad V_{int\ M} \cdot V_{ext\ M}^{-1} = V_{int\ P} \cdot V_{ext\ P}^{-1}$$

$$V_{extM} = V_{extP}$$

$$V_{int\ M} \cdot V_{ext\ M}^{-1} = V_{intP} \cdot V_{ext\ M}^{-1}$$

$$V_{int\ M} = V_{int\ P}$$

**Quadro A3.** Critérios de projeto para a construção de modelos verdadeiros.

| Critério | Termo $\pi$                                                    | Condição                  |
|----------|----------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1        | $\pi_1 = d \cdot l_g^{-1}$                                     | $d_M = d_P \cdot n^{-1}$  |
| 2        | $\pi_2 = E \cdot l_g^{-1}$                                     | $n = 1$                   |
| 3        | $\pi_3 = \alpha$                                               | $\alpha_M = \alpha_P$     |
| 4        | $\pi_4 = ITGU_{ext} \cdot \lambda \cdot l_g^{-1} \cdot G^{-1}$ | $n = 1$                   |
| 5        | $\pi_5 = V_{int} \cdot V_{ext}^{-1}$                           | $V_{int\ M} = V_{int\ P}$ |

### **ANEXO 3**

## **Calibração dos Sensores de Temperatura**

Para a calibração dos sensores de temperatura foi realizado um ensaio utilizando um sistema de aquisição de dados, programado para armazenar a média horária dos dados, com leitura dos sensores em intervalos de 60 segundos e 48 repetições. Os sensores de temperatura de bulbo seco e bulbo úmido, com fio de extensão de 20,0 m, foram comparados com um sensor padrão confeccionado com fio termopar tipo TT-T-24 com 2,0 m de comprimento. Os sensores de temperatura de globo negro, confeccionados com bolas plásticas e fio de extensão de 20,0 m, foram comparados com um termômetro de globo padrão, tendo como sensor um termopar tipo TT-T-24 com 2,0 m de comprimento.

Com os dados coletados foi ajustada a equação de regressão linear simples ( $y = \beta_0 + \beta_1 x + e_i$ ) para cada sensor, realizada a análise de variância e aplicado o teste de “t” para testar a hipótese  $H_0 : \beta_1 = 1$  contra  $H_0 : \beta_1 \neq 1$ . Para o teste da hipótese o coeficiente linear da reta ( $\beta_0$ ) foi reduzido a zero, ou seja a reta passa pela origem ( $y = \beta_1 x + e_i$ ), com isto o modelo se torna mais simples e a análise se restringe ao coeficiente angular da reta ( $\beta_1$ ). No caso da hipótese  $H_0$  ser verdadeira, aceita-se que  $\beta_1 = 1$  e consequentemente que  $y = x$ , não sendo necessária a correção dos dados. Caso contrário, rejeitando  $H_0 : \beta_1 = 1$  e será necessária a correção dos dados.

Pela análise dos dados se constatou que para os sensores de temperatura de bulbo seco e de bulbo úmido, a hipótese  $H_0 : \beta_1 = 1$  é verdadeira, não havendo necessidade de correção.

Para os sensores de temperatura de globo negro a hipótese  $H_0 : \beta_1 = 1$  foi rejeitada, sendo necessária a correção das temperaturas de globo negro utilizando as equações obtidas por regressão linear apresentadas no Quadro A4.

**Quadro A4.** Equações de correção dos sensores de temperatura de globo negro, determinados por regressão linear.

| Sensor* | Equação                       | r <sup>2</sup> |
|---------|-------------------------------|----------------|
| P       | $\hat{y} = -5,3053 + 1,2156x$ | 0,9285         |
| M1      | $\hat{y} = -5,2896 + 1,217x$  | 0,9195         |
| M2      | $\hat{y} = -5,0387 + 1,2035x$ | 0,9265         |
| M3      | $\hat{y} = -5,4949 + 1,224x$  | 0,9256         |
| AM      | $\hat{y} = -4,1589 + 1,1559x$ | 0,9452         |

\*P ⇒ Protótipo, escala 1:1  
 M1 ⇒ Modelo 1, escala 1:4  
 M2 ⇒ Modelo 2, escala 1:8  
 M3 ⇒ Modelo 3, escala 1:12  
 AM ⇒ Abrigo meteorológico

## **ANEXO 4**

### **Valores Corrigidos dos Dados Coletados**

**Quadro A5.** Valores corrigidos dos dados das temperaturas de globo negro, bulbo seco e bulbo úmido, velocidade do ar e radiação solar, coletados no dia 30 de janeiro de 2002.

| Dia              | Hora  | Protótipo ( 1:1 ) |       |       |              | Modelo 1 ( 1:4 )  |       |       |              | Modelo 2 ( 1:8 )  |       |       |              | Modelo 3 ( 1:12 ) |       |       |              | Abrigo Meteorológico |       |       |              |           |
|------------------|-------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|----------------------|-------|-------|--------------|-----------|
|                  |       | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C )    |       |       | V. ar<br>m/s | G<br>W/m2 |
|                  |       | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo                | Tbs   | Tbu   |              |           |
| 30/01/2002 (030) | 1:00  | 22,64             | 22,91 | 22,36 | 0,05         | 22,73             | 23,00 | 22,52 | 0,05         | 22,74             | 23,06 | 22,57 | 0,08         | 23,15             | 23,12 | 22,62 | 0,06         | 22,09                | 22,95 | 22,57 | 0,05         | 0,0       |
|                  | 2:00  | 22,47             | 22,78 | 22,34 | 0,03         | 22,56             | 22,87 | 22,46 | 0,04         | 22,58             | 22,94 | 22,50 | 0,07         | 22,64             | 22,99 | 22,55 | 0,07         | 21,95                | 22,82 | 22,52 | 0,03         | 0,0       |
|                  | 3:00  | 22,29             | 22,60 | 22,26 | 0,03         | 22,37             | 22,73 | 22,39 | 0,05         | 22,41             | 22,80 | 22,45 | 0,07         | 22,45             | 22,84 | 22,46 | 0,06         | 21,81                | 22,67 | 22,45 | 0,02         | 0,0       |
|                  | 4:00  | 22,08             | 22,42 | 22,17 | 0,06         | 22,14             | 22,54 | 22,21 | 0,05         | 22,17             | 22,61 | 22,28 | 0,05         | 22,22             | 22,64 | 22,30 | 0,07         | 21,63                | 22,49 | 22,29 | 0,02         | 0,0       |
|                  | 5:00  | 21,89             | 22,28 | 22,07 | 0,02         | 21,95             | 22,37 | 22,13 | 0,05         | 21,99             | 22,44 | 22,19 | 0,06         | 22,05             | 22,50 | 22,21 | 0,05         | 21,37                | 22,31 | 22,17 | 0,00         | 0,0       |
|                  | 6:00  | 21,66             | 22,10 | 21,90 | 0,04         | 21,73             | 22,20 | 21,99 | 0,06         | 21,78             | 22,27 | 22,03 | 0,05         | 21,81             | 22,32 | 22,07 | 0,05         | 21,22                | 22,15 | 22,04 | 0,01         | 0,0       |
|                  | 7:00  | 21,56             | 22,02 | 21,68 | 0,04         | 21,64             | 22,07 | 21,74 | 0,08         | 21,69             | 22,13 | 21,75 | 0,07         | 21,71             | 22,16 | 21,76 | 0,07         | 22,03                | 22,10 | 21,93 | 0,11         | 51,2      |
|                  | 8:00  | 21,72             | 22,08 | 21,70 | 0,05         | 21,80             | 22,11 | 21,72 | 0,09         | 21,81             | 22,13 | 21,72 | 0,09         | 21,78             | 22,14 | 21,70 | 0,11         | 22,87                | 22,17 | 21,94 | 0,17         | 67,9      |
|                  | 9:00  | 22,08             | 22,31 | 21,67 | 0,04         | 22,18             | 22,31 | 21,60 | 0,08         | 22,16             | 22,31 | 21,58 | 0,08         | 22,11             | 22,29 | 21,53 | 0,08         | 25,41                | 22,43 | 21,86 | 0,18         | 124,0     |
|                  | 10:00 | 23,05             | 23,04 | 22,02 | 0,22         | 23,15             | 23,02 | 21,85 | 0,16         | 23,12             | 22,99 | 21,80 | 0,16         | 23,05             | 22,96 | 21,72 | 0,19         | 28,82                | 23,15 | 22,02 | 0,39         | 237,0     |
|                  | 11:00 | 24,19             | 23,47 | 21,26 | 0,33         | 24,28             | 23,36 | 20,79 | 0,22         | 24,24             | 23,26 | 20,57 | 0,23         | 24,00             | 23,14 | 20,33 | 0,18         | 36,33                | 23,69 | 21,18 | 0,77         | 573,7     |
|                  | 12:00 | 25,38             | 24,36 | 21,43 | 0,25         | 25,43             | 24,28 | 20,91 | 0,16         | 25,39             | 24,21 | 20,69 | 0,17         | 25,12             | 23,99 | 20,35 | 0,17         | 35,89                | 24,59 | 21,29 | 0,59         | 483,3     |
|                  | 13:00 | 26,77             | 25,13 | 21,34 | 0,30         | 26,80             | 24,98 | 20,48 | 0,19         | 26,59             | 24,74 | 20,11 | 0,21         | 26,21             | 24,55 | 19,67 | 0,20         | 42,01                | 25,48 | 21,27 | 0,69         | 741,6     |
|                  | 14:00 | 28,18             | 26,12 | 21,58 | 0,33         | 28,19             | 25,95 | 20,41 | 0,19         | 27,84             | 25,59 | 19,89 | 0,19         | 27,41             | 25,40 | 19,42 | 0,17         | 43,63                | 26,52 | 21,44 | 0,72         | 849,4     |
|                  | 15:00 | 29,31             | 27,02 | 21,93 | 0,35         | 29,46             | 26,88 | 20,90 | 0,18         | 29,10             | 26,54 | 20,48 | 0,22         | 28,64             | 26,38 | 19,94 | 0,19         | 43,28                | 27,39 | 21,83 | 0,85         | 717,0     |
|                  | 16:00 | 29,70             | 27,70 | 22,92 | 0,29         | 29,83             | 27,71 | 22,31 | 0,20         | 29,65             | 27,51 | 22,05 | 0,18         | 29,34             | 27,43 | 21,68 | 0,19         | 39,36                | 28,02 | 22,75 | 0,60         | 385,1     |
|                  | 17:00 | 27,73             | 26,85 | 25,32 | 0,46         | 27,84             | 27,00 | 25,60 | 0,20         | 27,94             | 27,15 | 25,75 | 0,22         | 27,97             | 27,19 | 25,91 | 0,22         | 27,66                | 26,83 | 25,17 | 0,87         | 54,4      |
|                  | 18:00 | 24,90             | 24,61 | 23,59 | 0,23         | 24,95             | 24,70 | 23,76 | 0,14         | 24,96             | 24,77 | 23,78 | 0,13         | 25,01             | 24,83 | 23,86 | 0,12         | 25,62                | 24,69 | 23,83 | 0,35         | 61,5      |
|                  | 19:00 | 23,64             | 23,53 | 23,03 | 0,13         | 23,68             | 23,71 | 23,03 | 0,10         | 23,70             | 23,78 | 23,06 | 0,09         | 23,73             | 23,83 | 23,07 | 0,07         | 23,43                | 23,64 | 23,00 | 0,08         | 0,0       |
|                  | 20:00 | 22,82             | 23,02 | 22,44 | 0,06         | 22,86             | 23,12 | 22,55 | 0,10         | 22,92             | 23,22 | 22,60 | 0,09         | 22,96             | 23,27 | 22,66 | 0,09         | 22,37                | 23,07 | 22,66 | 0,14         | 0,0       |
|                  | 21:00 | 22,39             | 22,59 | 22,23 | 0,05         | 22,42             | 22,75 | 22,27 | 0,07         | 22,46             | 22,82 | 22,32 | 0,06         | 22,50             | 22,87 | 22,36 | 0,07         | 21,94                | 22,68 | 22,36 | 0,05         | 0,0       |
|                  | 22:00 | 21,91             | 22,24 | 21,98 | 0,13         | 21,95             | 22,37 | 22,00 | 0,07         | 21,99             | 22,44 | 22,04 | 0,10         | 22,02             | 22,48 | 22,05 | 0,11         | 21,49                | 22,29 | 22,02 | 0,04         | 0,0       |
|                  | 23:00 | 21,45             | 21,92 | 21,48 | 0,12         | 21,48             | 22,01 | 21,52 | 0,09         | 21,53             | 22,09 | 21,57 | 0,08         | 21,57             | 22,14 | 21,60 | 0,08         | 21,03                | 21,99 | 21,71 | 0,05         | 0,0       |
|                  | 24:00 | 21,22             | 21,73 | 21,32 | 0,11         | 21,28             | 21,84 | 21,41 | 0,08         | 21,33             | 21,91 | 21,44 | 0,09         | 21,36             | 21,98 | 21,48 | 0,09         | 20,66                | 21,78 | 21,49 | 0,08         | 0,0       |

**Quadro A6.** Valores corrigidos dos dados das temperaturas de globo negro, bulbo seco e bulbo úmido, velocidade do ar e radiação solar, coletados no dia 02 de fevereiro de 2002.

| Dia              | Hora  | Protótipo ( 1:1 ) |       |       |              | Modelo 1 ( 1:4 )  |       |       |              | Modelo 2 ( 1:8 )  |       |       |              | Modelo 3 ( 1:12 ) |       |       |              | Abrigo Meteorológico |       |       |              |           |
|------------------|-------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|----------------------|-------|-------|--------------|-----------|
|                  |       | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C )    |       |       | V. ar<br>m/s | G<br>W/m2 |
|                  |       | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo                | Tbs   | Tbu   |              |           |
| 02/02/2002 (033) | 1:00  | 22,24             | 22,56 | 22,35 | 0,03         | 22,28             | 22,65 | 22,50 | 0,06         | 22,23             | 22,69 | 22,54 | 0,07         | 22,24             | 22,76 | 22,57 | 0,07         | 21,88                | 22,61 | 22,46 | 0,06         | 0,0       |
|                  | 2:00  | 22,01             | 22,41 | 22,17 | 0,09         | 22,07             | 22,49 | 22,34 | 0,13         | 22,05             | 22,53 | 22,38 | 0,13         | 22,03             | 22,57 | 22,40 | 0,09         | 21,68                | 22,43 | 22,33 | 0,24         | 0,0       |
|                  | 3:00  | 21,78             | 22,21 | 21,96 | 0,08         | 21,83             | 22,30 | 22,11 | 0,11         | 21,82             | 22,35 | 22,16 | 0,11         | 21,80             | 22,39 | 22,19 | 0,09         | 21,43                | 22,25 | 22,13 | 0,18         | 0,0       |
|                  | 4:00  | 21,62             | 22,09 | 21,86 | 0,02         | 21,68             | 22,17 | 22,02 | 0,07         | 21,69             | 22,22 | 22,05 | 0,09         | 21,68             | 22,28 | 22,08 | 0,06         | 21,28                | 22,12 | 22,01 | 0,11         | 0,0       |
|                  | 5:00  | 21,49             | 21,96 | 21,74 | 0,03         | 21,51             | 22,02 | 21,90 | 0,10         | 21,52             | 22,08 | 21,92 | 0,09         | 21,52             | 22,12 | 21,95 | 0,10         | 21,22                | 21,99 | 21,91 | 0,12         | 0,0       |
|                  | 6:00  | 21,36             | 21,86 | 21,66 | 0,11         | 21,39             | 21,92 | 21,81 | 0,12         | 21,41             | 21,98 | 21,82 | 0,12         | 21,41             | 22,02 | 21,86 | 0,10         | 21,10                | 21,88 | 21,79 | 0,21         | 0,0       |
|                  | 7:00  | 21,18             | 21,69 | 21,43 | 0,29         | 21,22             | 21,73 | 21,54 | 0,15         | 21,22             | 21,76 | 21,57 | 0,18         | 21,18             | 21,79 | 21,58 | 0,18         | 22,21                | 21,74 | 21,59 | 0,56         | 64,3      |
|                  | 8:00  | 21,26             | 21,63 | 21,09 | 0,12         | 21,24             | 21,65 | 21,19 | 0,17         | 21,25             | 21,65 | 21,19 | 0,15         | 21,19             | 21,65 | 21,17 | 0,16         | 25,61                | 21,72 | 21,26 | 0,58         | 146,8     |
|                  | 9:00  | 21,55             | 21,86 | 21,00 | 0,20         | 21,55             | 21,87 | 21,10 | 0,18         | 21,57             | 21,88 | 21,08 | 0,17         | 21,57             | 21,89 | 21,07 | 0,17         | 27,49                | 21,95 | 21,07 | 0,58         | 242,0     |
|                  | 10:00 | 22,64             | 22,28 | 20,22 | 0,32         | 22,54             | 22,24 | 20,27 | 0,22         | 22,61             | 22,20 | 20,09 | 0,21         | 22,50             | 22,14 | 20,01 | 0,19         | 37,36                | 22,48 | 20,23 | 0,73         | 557,5     |
|                  | 11:00 | 24,37             | 23,28 | 20,16 | 0,43         | 24,19             | 23,23 | 19,85 | 0,23         | 24,19             | 23,09 | 19,58 | 0,25         | 23,88             | 22,89 | 19,27 | 0,24         | 40,29                | 23,56 | 20,17 | 0,99         | 765,8     |
|                  | 12:00 | 25,84             | 24,36 | 20,72 | 0,40         | 25,73             | 24,34 | 20,23 | 0,23         | 25,64             | 24,15 | 19,94 | 0,25         | 25,30             | 24,00 | 19,56 | 0,20         | 41,16                | 24,69 | 20,72 | 0,84         | 753,7     |
|                  | 13:00 | 27,21             | 25,36 | 21,11 | 0,30         | 27,12             | 25,26 | 20,43 | 0,21         | 26,95             | 25,03 | 20,13 | 0,18         | 26,52             | 24,79 | 19,61 | 0,19         | 42,74                | 25,71 | 21,11 | 0,76         | 732,1     |
|                  | 14:00 | 28,51             | 26,63 | 22,42 | 0,26         | 28,46             | 26,60 | 21,82 | 0,19         | 28,25             | 26,38 | 21,51 | 0,15         | 27,88             | 26,17 | 20,98 | 0,17         | 41,30                | 26,95 | 22,31 | 0,64         | 648,4     |
|                  | 15:00 | 32,01             | 29,31 | 24,69 | 0,29         | 31,97             | 29,30 | 23,93 | 0,18         | 31,72             | 29,05 | 23,73 | 0,16         | 31,36             | 28,88 | 23,09 | 0,18         | 45,42                | 29,69 | 24,31 | 0,67         | 646,6     |
|                  | 16:00 | 30,18             | 28,53 | 25,41 | 0,19         | 30,23             | 28,60 | 25,24 | 0,16         | 30,19             | 28,63 | 25,22 | 0,15         | 30,15             | 28,56 | 25,01 | 0,16         | 33,48                | 28,60 | 24,86 | 0,42         | 143,9     |
|                  | 17:00 | 27,08             | 26,69 | 25,93 | 0,44         | 27,22             | 26,70 | 26,37 | 0,22         | 27,25             | 26,76 | 26,40 | 0,22         | 27,39             | 26,78 | 26,50 | 0,21         | 27,34                | 26,71 | 25,79 | 0,95         | 67,2      |
|                  | 18:00 | 24,67             | 24,56 | 23,98 | 0,16         | 24,55             | 24,66 | 24,45 | 0,16         | 24,75             | 24,64 | 24,56 | 0,12         | 24,86             | 24,73 | 24,67 | 0,16         | 24,43                | 24,62 | 24,11 | 0,47         | 0,0       |
|                  | 19:00 | 23,54             | 23,63 | 23,18 | 0,16         | 23,47             | 23,69 | 23,61 | 0,16         | 23,54             | 23,73 | 23,69 | 0,14         | 23,60             | 23,80 | 23,77 | 0,15         | 23,04                | 23,64 | 23,42 | 0,26         | 0,0       |
|                  | 20:00 | 22,58             | 22,85 | 22,28 | 0,17         | 22,49             | 22,94 | 22,81 | 0,15         | 22,58             | 22,99 | 22,92 | 0,16         | 22,62             | 23,04 | 22,99 | 0,18         | 22,17                | 22,89 | 22,68 | 0,38         | 0,0       |
|                  | 21:00 | 22,01             | 22,38 | 21,86 | 0,05         | 21,93             | 22,45 | 22,35 | 0,13         | 22,02             | 22,51 | 22,44 | 0,12         | 22,06             | 22,57 | 22,52 | 0,09         | 21,56                | 22,40 | 22,27 | 0,07         | 0,0       |
|                  | 22:00 | 21,77             | 22,17 | 21,73 | 0,09         | 21,70             | 22,24 | 22,11 | 0,14         | 21,76             | 22,30 | 22,19 | 0,17         | 21,81             | 22,37 | 22,27 | 0,18         | 21,36                | 22,21 | 22,05 | 0,13         | 0,0       |
|                  | 23:00 | 21,60             | 22,05 | 21,57 | 0,06         | 21,58             | 22,12 | 21,96 | 0,09         | 21,65             | 22,16 | 22,05 | 0,09         | 21,67             | 22,28 | 22,13 | 0,12         | 21,28                | 22,09 | 21,90 | 0,09         | 0,0       |
|                  | 24:00 | 21,61             | 22,02 | 21,68 | 0,02         | 21,57             | 22,09 | 21,96 | 0,08         | 21,63             | 22,11 | 22,04 | 0,11         | 21,64             | 22,26 | 22,10 | 0,10         | 21,22                | 22,06 | 21,87 | 0,03         | 0,0       |

**Quadro A7.** Valores corrigidos dos dados das temperaturas de globo negro, bulbo seco e bulbo úmido, velocidade do ar e radiação solar, coletados no dia 03 de fevereiro de 2002.

| Dia              | Hora  | Protótipo ( 1:1 ) |       |       |              | Modelo 1 ( 1:4 )  |       |       |              | Modelo 2 ( 1:8 )  |       |       |              | Modelo 3 ( 1:12 ) |       |       |              | Abrigo Meteorológico |       |       |              |           |
|------------------|-------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|----------------------|-------|-------|--------------|-----------|
|                  |       | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C )    |       |       | V. ar<br>m/s | G<br>W/m2 |
|                  |       | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo                | Tbs   | Tbu   |              |           |
| 03/02/2002 (034) | 1:00  | 21,54             | 22,00 | 21,59 | 0,02         | 21,53             | 22,07 | 21,92 | 0,08         | 21,58             | 22,09 | 21,98 | 0,10         | 21,62             | 22,23 | 22,07 | 0,09         | 21,16                | 22,02 | 21,82 | 0,02         | 0,0       |
|                  | 2:00  | 21,38             | 21,89 | 21,45 | 0,00         | 21,40             | 21,97 | 21,82 | 0,07         | 21,45             | 22,02 | 21,87 | 0,10         | 21,48             | 22,11 | 21,96 | 0,07         | 21,01                | 21,92 | 21,76 | 0,02         | 0,0       |
|                  | 3:00  | 21,29             | 21,81 | 21,41 | 0,02         | 21,30             | 21,89 | 21,75 | 0,05         | 21,38             | 21,95 | 21,81 | 0,07         | 21,40             | 22,03 | 21,89 | 0,06         | 20,88                | 21,85 | 21,72 | 0,03         | 0,0       |
|                  | 4:00  | 21,22             | 21,79 | 21,41 | 0,01         | 21,25             | 21,86 | 21,74 | 0,06         | 21,31             | 21,90 | 21,78 | 0,08         | 21,32             | 21,99 | 21,86 | 0,08         | 20,79                | 21,82 | 21,70 | 0,03         | 0,0       |
|                  | 5:00  | 21,07             | 21,67 | 21,24 | 0,02         | 21,12             | 21,75 | 21,61 | 0,05         | 21,17             | 21,80 | 21,65 | 0,08         | 21,19             | 21,88 | 21,73 | 0,08         | 20,68                | 21,71 | 21,60 | 0,02         | 0,0       |
|                  | 6:00  | 20,94             | 21,58 | 21,06 | 0,04         | 21,00             | 21,65 | 21,42 | 0,10         | 21,05             | 21,70 | 21,48 | 0,12         | 21,05             | 21,78 | 21,56 | 0,09         | 20,69                | 21,64 | 21,47 | 0,06         | 0,0       |
|                  | 7:00  | 20,90             | 21,52 | 20,84 | 0,06         | 20,94             | 21,57 | 21,22 | 0,11         | 20,99             | 21,60 | 21,26 | 0,16         | 21,02             | 21,73 | 21,36 | 0,13         | 20,88                | 21,58 | 21,26 | 0,14         | 21,9      |
|                  | 8:00  | 20,90             | 21,47 | 20,79 | 0,06         | 20,92             | 21,51 | 21,12 | 0,11         | 20,99             | 21,54 | 21,14 | 0,14         | 20,98             | 21,64 | 21,20 | 0,14         | 21,56                | 21,51 | 21,12 | 0,08         | 32,7      |
|                  | 9:00  | 20,98             | 21,44 | 20,98 | 0,11         | 21,00             | 21,50 | 21,27 | 0,11         | 21,01             | 21,56 | 21,33 | 0,10         | 20,96             | 21,63 | 21,39 | 0,10         | 21,31                | 21,48 | 21,12 | 0,13         | 54,7      |
|                  | 10:00 | 20,82             | 21,26 | 20,77 | 0,27         | 20,85             | 21,30 | 21,07 | 0,15         | 20,88             | 21,38 | 21,13 | 0,21         | 20,82             | 21,40 | 21,18 | 0,22         | 21,65                | 21,27 | 20,89 | 0,36         | 109,1     |
|                  | 11:00 | 20,55             | 20,91 | 20,36 | 0,23         | 20,55             | 20,96 | 20,63 | 0,17         | 20,61             | 21,00 | 20,65 | 0,20         | 20,52             | 21,00 | 20,67 | 0,19         | 22,38                | 21,02 | 20,61 | 0,31         | 232,9     |
|                  | 12:00 | 20,72             | 20,99 | 20,16 | 0,27         | 20,74             | 21,01 | 20,52 | 0,19         | 20,84             | 21,06 | 20,67 | 0,19         | 20,70             | 21,07 | 20,60 | 0,23         | 23,64                | 21,06 | 20,41 | 0,50         | 262,4     |
|                  | 13:00 | 21,06             | 21,15 | 20,24 | 0,19         | 21,06             | 21,16 | 20,46 | 0,15         | 21,14             | 21,21 | 20,48 | 0,20         | 20,98             | 21,18 | 20,46 | 0,18         | 30,75                | 21,29 | 20,41 | 0,22         | 354,0     |
|                  | 14:00 | 21,61             | 21,59 | 20,38 | 0,21         | 21,62             | 21,62 | 20,73 | 0,20         | 21,72             | 21,67 | 20,74 | 0,15         | 21,51             | 21,62 | 20,78 | 0,19         | 29,86                | 21,60 | 20,29 | 0,27         | 224,6     |
|                  | 15:00 | 21,72             | 21,66 | 20,38 | 0,23         | 21,73             | 21,70 | 20,70 | 0,18         | 21,85             | 21,73 | 20,65 | 0,20         | 21,65             | 21,67 | 20,63 | 0,21         | 28,41                | 21,75 | 20,55 | 0,41         | 334,1     |
|                  | 16:00 | 21,60             | 21,71 | 19,95 | 0,32         | 21,57             | 21,75 | 20,45 | 0,20         | 21,64             | 21,78 | 20,39 | 0,20         | 21,47             | 21,72 | 20,39 | 0,22         | 27,65                | 21,75 | 20,19 | 0,62         | 213,2     |
|                  | 17:00 | 21,17             | 21,47 | 19,98 | 0,20         | 21,17             | 21,55 | 20,62 | 0,14         | 21,25             | 21,60 | 20,62 | 0,16         | 21,14             | 21,57 | 20,64 | 0,15         | 23,28                | 21,50 | 20,35 | 0,30         | 57,5      |
|                  | 18:00 | 20,57             | 21,07 | 20,26 | 0,19         | 20,56             | 21,13 | 20,67 | 0,20         | 20,63             | 21,20 | 20,67 | 0,20         | 20,55             | 21,20 | 20,71 | 0,21         | 21,21                | 21,07 | 20,46 | 0,25         | 34,2      |
|                  | 19:00 | 19,78             | 20,50 | 19,84 | 0,26         | 19,82             | 20,57 | 20,31 | 0,17         | 19,87             | 20,64 | 20,65 | 0,18         | 19,82             | 20,67 | 20,40 | 0,20         | 19,79                | 20,50 | 20,20 | 0,49         | 0,0       |
|                  | 20:00 | 19,06             | 19,96 | 19,31 | 0,13         | 19,06             | 20,03 | 19,76 | 0,18         | 19,15             | 20,10 | 19,78 | 0,17         | 19,10             | 20,13 | 19,83 | 0,16         | 18,88                | 19,97 | 19,73 | 0,23         | 0,0       |
|                  | 21:00 | 18,73             | 19,71 | 18,99 | 0,08         | 18,75             | 19,79 | 19,53 | 0,09         | 18,84             | 19,87 | 19,55 | 0,12         | 18,79             | 19,90 | 19,63 | 0,11         | 18,42                | 19,73 | 19,50 | 0,16         | 0,0       |
|                  | 22:00 | 18,52             | 19,53 | 18,84 | 0,06         | 18,54             | 19,64 | 19,34 | 0,09         | 18,63             | 19,72 | 19,38 | 0,10         | 18,58             | 19,74 | 19,44 | 0,09         | 18,30                | 19,58 | 19,37 | 0,11         | 0,0       |
|                  | 23:00 | 18,40             | 19,43 | 18,74 | 0,06         | 18,41             | 19,52 | 19,18 | 0,11         | 18,48             | 19,57 | 19,18 | 0,16         | 18,42             | 19,60 | 19,24 | 0,13         | 18,24                | 19,49 | 19,25 | 0,09         | 0,0       |
|                  | 24:00 | 18,35             | 19,39 | 18,74 | 0,08         | 18,36             | 19,46 | 19,13 | 0,14         | 18,43             | 19,52 | 19,13 | 0,16         | 18,36             | 19,54 | 19,17 | 0,14         | 18,22                | 19,44 | 19,17 | 0,14         | 0,0       |

**Quadro A8.** Valores corrigidos dos dados das temperaturas de globo negro, bulbo seco e bulbo úmido, velocidade do ar e radiação solar, coletados no dia 04 de fevereiro de 2002.

| Dia              | Hora  | Protótipo ( 1:1 ) |       |       |              | Modelo 1 ( 1:4 )  |       |       |              | Modelo 2 ( 1:8 )  |       |       |              | Modelo 3 ( 1:12 ) |       |       |              | Abrigo Meteorológico |       |       |              |           |
|------------------|-------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|----------------------|-------|-------|--------------|-----------|
|                  |       | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C )    |       |       | V. ar<br>m/s | G<br>W/m2 |
|                  |       | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo                | Tbs   | Tbu   |              |           |
| 04/02/2002 (035) | 1:00  | 18,30             | 19,34 | 18,71 | 0,06         | 18,33             | 19,42 | 19,12 | 0,16         | 18,41             | 19,47 | 19,13 | 0,16         | 18,36             | 19,51 | 19,19 | 0,13         | 18,00                | 19,36 | 19,09 | 0,13         | 0,0       |
|                  | 2:00  | 18,10             | 19,21 | 18,59 | 0,04         | 18,11             | 19,30 | 19,00 | 0,11         | 18,18             | 19,35 | 18,99 | 0,14         | 18,15             | 19,39 | 19,06 | 0,13         | 17,81                | 19,23 | 19,02 | 0,07         | 0,0       |
|                  | 3:00  | 17,95             | 19,06 | 18,45 | 0,05         | 17,96             | 19,16 | 18,86 | 0,10         | 18,03             | 19,22 | 18,88 | 0,14         | 18,01             | 19,26 | 18,97 | 0,11         | 17,63                | 19,20 | 18,90 | 0,10         | 0,0       |
|                  | 4:00  | 17,68             | 18,81 | 18,27 | 0,05         | 17,71             | 18,93 | 18,70 | 0,08         | 17,82             | 19,01 | 18,74 | 0,10         | 17,77             | 19,05 | 18,81 | 0,11         | 17,17                | 18,86 | 18,66 | 0,14         | 0,0       |
|                  | 5:00  | 17,49             | 18,63 | 18,29 | 0,03         | 17,44             | 18,78 | 18,60 | 0,05         | 17,56             | 18,26 | 18,64 | 0,04         | 17,57             | 18,91 | 18,74 | 0,05         | 16,86                | 18,67 | 18,54 | 0,02         | 0,0       |
|                  | 6:00  | 17,33             | 18,56 | 18,17 | 0,00         | 17,33             | 18,68 | 18,48 | 0,05         | 17,43             | 18,76 | 18,51 | 0,06         | 17,38             | 18,77 | 18,56 | 0,06         | 17,19                | 18,64 | 18,53 | 0,00         | 0,0       |
|                  | 7:00  | 17,50             | 18,65 | 18,13 | 0,03         | 17,52             | 18,71 | 18,39 | 0,10         | 17,62             | 18,78 | 18,39 | 0,12         | 17,55             | 18,78 | 18,40 | 0,11         | 18,62                | 18,75 | 18,61 | 0,04         | 68,1      |
|                  | 8:00  | 17,97             | 18,87 | 18,11 | 0,08         | 18,00             | 18,89 | 18,29 | 0,08         | 18,10             | 18,97 | 18,28 | 0,13         | 17,99             | 18,95 | 18,27 | 0,17         | 22,10                | 19,06 | 18,57 | 0,08         | 160,2     |
|                  | 9:00  | 19,23             | 19,24 | 17,53 | 0,17         | 19,18             | 19,10 | 17,48 | 0,19         | 19,36             | 19,19 | 17,37 | 0,18         | 19,01             | 18,94 | 17,19 | 0,18         | 36,75                | 19,51 | 17,34 | 0,36         | 551,1     |
|                  | 10:00 | 20,48             | 19,95 | 17,66 | 0,23         | 20,50             | 19,90 | 17,60 | 0,17         | 20,74             | 20,05 | 17,49 | 0,19         | 20,26             | 19,74 | 17,20 | 0,21         | 37,55                | 20,19 | 17,29 | 0,38         | 691,7     |
|                  | 11:00 | 22,16             | 20,88 | 17,80 | 0,25         | 22,24             | 20,77 | 17,46 | 0,18         | 22,38             | 20,80 | 17,11 | 0,17         | 21,65             | 20,36 | 16,73 | 0,19         | 41,75                | 21,17 | 17,36 | 0,43         | 886,8     |
|                  | 12:00 | 23,74             | 21,80 | 17,60 | 0,28         | 23,65             | 21,63 | 16,88 | 0,19         | 23,74             | 21,52 | 16,48 | 0,16         | 22,84             | 21,06 | 15,98 | 0,18         | 44,90                | 22,22 | 17,28 | 0,55         | 907,3     |
|                  | 13:00 | 24,03             | 22,89 | 18,99 | 0,20         | 24,00             | 22,82 | 18,70 | 0,16         | 24,05             | 22,77 | 18,40 | 0,12         | 23,59             | 22,56 | 18,08 | 0,13         | 35,93                | 23,07 | 18,52 | 0,36         | 471,7     |
|                  | 14:00 | 26,24             | 24,20 | 19,59 | 0,26         | 26,17             | 24,01 | 18,86 | 0,18         | 25,93             | 23,68 | 18,27 | 0,18         | 25,39             | 23,47 | 17,81 | 0,17         | 44,11                | 24,66 | 19,58 | 0,58         | 857,0     |
|                  | 15:00 | 28,76             | 26,65 | 22,58 | 0,16         | 28,77             | 26,55 | 22,15 | 0,16         | 28,88             | 26,61 | 21,98 | 0,15         | 28,32             | 26,38 | 21,61 | 0,14         | 40,84                | 26,82 | 21,93 | 0,32         | 584,6     |
|                  | 16:00 | 28,04             | 25,85 | 20,99 | 0,26         | 28,02             | 25,73 | 20,36 | 0,22         | 27,88             | 25,39 | 19,83 | 0,16         | 27,22             | 25,21 | 19,51 | 0,17         | 43,89                | 26,09 | 20,69 | 0,64         | 738,3     |
|                  | 17:00 | 27,20             | 25,57 | 20,73 | 0,30         | 27,29             | 25,51 | 20,43 | 0,13         | 27,01             | 25,39 | 20,32 | 0,15         | 25,85             | 25,18 | 19,75 | 0,17         | 40,07                | 25,81 | 20,74 | 0,53         | 442,2     |
|                  | 18:00 | 27,04             | 26,07 | 22,73 | 0,11         | 27,12             | 26,14 | 22,89 | 0,13         | 27,05             | 26,22 | 22,96 | 0,13         | 27,06             | 26,19 | 22,85 | 0,11         | 30,47                | 26,03 | 22,44 | 0,08         | 99,5      |
|                  | 19:00 | 25,80             | 25,11 | 23,18 | 0,07         | 25,82             | 25,32 | 23,33 | 0,09         | 25,81             | 25,39 | 23,30 | 0,07         | 25,83             | 25,40 | 23,25 | 0,09         | 25,44                | 25,19 | 22,83 | 0,06         | 16,5      |
|                  | 20:00 | 23,93             | 23,76 | 22,99 | 0,10         | 23,99             | 24,01 | 23,08 | 0,06         | 24,01             | 24,10 | 23,13 | 0,07         | 24,08             | 24,15 | 23,12 | 0,07         | 22,76                | 23,84 | 22,76 | 0,02         | 0,0       |
|                  | 21:00 | 22,18             | 22,39 | 21,87 | 0,12         | 22,20             | 22,59 | 21,92 | 0,06         | 22,24             | 22,68 | 21,99 | 0,07         | 22,31             | 22,73 | 22,02 | 0,09         | 21,28                | 22,47 | 21,92 | 0,01         | 0,0       |
|                  | 22:00 | 21,13             | 21,56 | 21,14 | 0,07         | 21,17             | 21,76 | 21,22 | 0,06         | 21,23             | 21,84 | 21,29 | 0,07         | 21,26             | 21,88 | 21,35 | 0,08         | 20,30                | 21,65 | 21,28 | 0,02         | 0,0       |
|                  | 23:00 | 20,38             | 20,96 | 20,59 | 0,03         | 20,41             | 21,15 | 20,72 | 0,05         | 20,49             | 21,25 | 20,80 | 0,07         | 20,53             | 21,29 | 20,86 | 0,09         | 19,51                | 21,03 | 20,76 | 0,00         | 0,0       |
|                  | 24:00 | 19,72             | 20,50 | 20,08 | 0,02         | 19,74             | 20,66 | 20,21 | 0,07         | 19,80             | 20,74 | 20,26 | 0,06         | 19,83             | 20,77 | 20,32 | 0,07         | 19,22                | 20,59 | 20,41 | 0,05         | 0,0       |

**Quadro A9.** Valores corrigidos dos dados das temperaturas de globo negro, bulbo seco e bulbo úmido, velocidade do ar e radiação solar, coletados no dia 05 de fevereiro de 2002.

| Dia              | Hora  | Protótipo ( 1:1 ) |       |       |              | Modelo 1 ( 1:4 )  |       |       |              | Modelo 2 ( 1:8 )  |       |       |              | Modelo 3 ( 1:12 ) |       |       |              | Abrigo Meteorológico |       |       |              |           |
|------------------|-------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|----------------------|-------|-------|--------------|-----------|
|                  |       | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C )    |       |       | V. ar<br>m/s | G<br>W/m2 |
|                  |       | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo                | Tbs   | Tbu   |              |           |
| 05/02/2002 (036) | 1:00  | 19,55             | 20,33 | 19,95 | 0,04         | 19,61             | 20,47 | 20,06 | 0,05         | 19,67             | 20,50 | 20,11 | 0,04         | 19,67             | 20,58 | 20,16 | 0,06         | 19,03                | 20,43 | 20,25 | 0,02         | 0,0       |
|                  | 2:00  | 19,55             | 20,32 | 19,94 | 0,01         | 19,56             | 20,43 | 19,98 | 0,04         | 19,62             | 20,51 | 20,02 | 0,04         | 19,61             | 20,54 | 20,06 | 0,05         | 19,17                | 20,41 | 20,26 | 0,02         | 0,0       |
|                  | 3:00  | 19,53             | 20,34 | 19,96 | 0,01         | 19,59             | 20,45 | 20,02 | 0,04         | 19,65             | 20,52 | 20,06 | 0,04         | 19,62             | 20,54 | 20,10 | 0,04         | 19,21                | 20,43 | 20,26 | 0,03         | 0,0       |
|                  | 4:00  | 19,60             | 20,39 | 20,10 | 0,06         | 19,61             | 20,47 | 20,23 | 0,06         | 19,67             | 20,54 | 20,27 | 0,06         | 19,66             | 20,59 | 20,35 | 0,07         | 19,41                | 20,45 | 20,30 | 0,10         | 0,0       |
|                  | 5:00  | 19,59             | 20,38 | 20,14 | 0,03         | 19,62             | 20,48 | 20,30 | 0,06         | 19,62             | 20,57 | 20,37 | 0,04         | 19,61             | 20,62 | 20,46 | 0,04         | 19,48                | 20,44 | 20,34 | 0,11         | 0,0       |
|                  | 6:00  | 19,60             | 20,39 | 20,16 | 0,02         | 19,65             | 20,48 | 20,30 | 0,04         | 19,62             | 20,56 | 20,35 | 0,04         | 19,57             | 20,61 | 20,39 | 0,04         | 19,48                | 20,45 | 20,35 | 0,06         | 0,0       |
|                  | 7:00  | 19,70             | 20,44 | 20,11 | 0,01         | 19,74             | 20,50 | 20,23 | 0,07         | 19,69             | 20,56 | 20,28 | 0,05         | 19,55             | 20,59 | 20,28 | 0,06         | 20,14                | 20,52 | 20,36 | 0,06         | 33,4      |
|                  | 8:00  | 19,94             | 20,56 | 20,16 | 0,01         | 19,98             | 20,60 | 20,26 | 0,08         | 19,99             | 20,64 | 20,27 | 0,08         | 19,74             | 20,65 | 20,24 | 0,09         | 22,18                | 20,68 | 20,37 | 0,09         | 92,6      |
|                  | 9:00  | 20,40             | 20,82 | 20,06 | 0,14         | 20,46             | 20,81 | 20,10 | 0,14         | 20,50             | 20,83 | 20,04 | 0,15         | 20,32             | 20,80 | 20,00 | 0,12         | 27,63                | 20,96 | 20,18 | 0,38         | 233,9     |
|                  | 10:00 | 21,06             | 21,19 | 19,64 | 0,16         | 21,09             | 21,15 | 19,55 | 0,18         | 21,13             | 21,11 | 19,42 | 0,17         | 20,99             | 21,08 | 19,40 | 0,15         | 31,41                | 21,32 | 19,50 | 0,51         | 373,9     |
|                  | 11:00 | 22,29             | 21,76 | 18,78 | 0,28         | 22,31             | 21,63 | 18,46 | 0,18         | 22,23             | 21,52 | 18,19 | 0,20         | 21,86             | 21,33 | 17,98 | 0,20         | 38,27                | 22,00 | 18,76 | 0,62         | 790,3     |
|                  | 12:00 | 24,17             | 22,89 | 18,43 | 0,42         | 24,14             | 22,74 | 17,95 | 0,27         | 24,00             | 22,53 | 17,61 | 0,20         | 23,42             | 22,27 | 17,21 | 0,21         | 41,42                | 23,19 | 18,47 | 0,92         | 916,2     |
|                  | 13:00 | 25,32             | 24,09 | 19,35 | 0,38         | 25,27             | 24,06 | 18,98 | 0,21         | 25,24             | 23,92 | 18,67 | 0,20         | 24,88             | 23,76 | 18,37 | 0,22         | 37,85                | 24,33 | 19,21 | 0,83         | 610,7     |
|                  | 14:00 | 26,12             | 24,68 | 19,71 | 0,31         | 26,13             | 24,54 | 19,10 | 0,19         | 26,01             | 24,41 | 18,71 | 0,20         | 25,62             | 24,21 | 18,34 | 0,20         | 40,85                | 24,97 | 19,63 | 0,65         | 761,1     |
|                  | 15:00 | 26,80             | 25,21 | 19,71 | 0,35         | 26,85             | 25,14 | 19,04 | 0,20         | 26,72             | 24,93 | 18,69 | 0,20         | 26,29             | 24,76 | 18,31 | 0,21         | 40,03                | 25,49 | 19,49 | 0,74         | 692,8     |
|                  | 16:00 | 28,17             | 26,21 | 20,08 | 0,40         | 28,23             | 26,13 | 19,41 | 0,21         | 27,99             | 25,77 | 18,95 | 0,22         | 27,55             | 25,65 | 18,56 | 0,23         | 43,41                | 26,53 | 20,00 | 0,82         | 707,4     |
|                  | 17:00 | 29,81             | 28,01 | 22,59 | 0,01         | 29,87             | 28,02 | 22,29 | 0,17         | 29,75             | 27,95 | 22,18 | 0,17         | 29,27             | 27,87 | 21,77 | 0,13         | 40,40                | 28,18 | 22,21 | 0,61         | 458,6     |
|                  | 18:00 | 29,42             | 27,81 | 23,18 | 0,00         | 29,41             | 27,94 | 23,14 | 0,13         | 29,26             | 28,01 | 23,25 | 0,11         | 29,32             | 27,96 | 22,97 | 0,16         | 36,22                | 27,90 | 22,47 | 0,38         | 196,8     |
|                  | 19:00 | 27,90             | 26,84 | 25,47 | 0,18         | 28,00             | 27,10 | 25,27 | 0,09         | 27,96             | 27,20 | 25,32 | 0,08         | 28,02             | 27,20 | 25,14 | 0,14         | 27,37                | 26,91 | 24,50 | 0,03         | 13,5      |
|                  | 20:00 | 25,30             | 24,92 | 23,97 | 0,08         | 25,40             | 25,17 | 23,97 | 0,06         | 25,41             | 25,26 | 24,05 | 0,06         | 25,47             | 25,30 | 23,96 | 0,08         | 24,17                | 25,04 | 23,80 | 0,08         | 0,0       |
|                  | 21:00 | 23,67             | 23,64 | 22,87 | 0,10         | 23,72             | 23,82 | 22,84 | 0,07         | 23,72             | 23,89 | 22,29 | 0,07         | 23,77             | 23,93 | 22,90 | 0,07         | 22,79                | 23,73 | 22,88 | 0,05         | 0,0       |
|                  | 22:00 | 22,84             | 22,97 | 22,34 | 0,03         | 22,92             | 23,13 | 22,32 | 0,05         | 22,92             | 23,21 | 22,42 | 0,05         | 22,95             | 23,24 | 22,39 | 0,07         | 22,17                | 23,07 | 22,43 | 0,05         | 0,0       |
|                  | 23:00 | 22,31             | 22,58 | 22,02 | 0,05         | 22,37             | 22,72 | 21,98 | 0,05         | 22,38             | 22,78 | 22,01 | 0,06         | 22,40             | 22,81 | 21,97 | 0,07         | 21,74                | 22,67 | 22,14 | 0,02         | 0,0       |
|                  | 24:00 | 22,00             | 22,38 | 21,66 | 0,07         | 22,07             | 22,45 | 21,65 | 0,07         | 22,08             | 22,51 | 21,71 | 0,09         | 22,08             | 22,52 | 21,69 | 0,09         | 21,56                | 22,46 | 21,83 | 0,22         | 0,0       |

**Quadro A10.** Valores corrigidos dos dados das temperaturas de globo negro, bulbo seco e bulbo úmido, velocidade do ar e radiação solar, coletados no dia 07 de fevereiro de 2002.

| Dia              | Hora  | Protótipo ( 1:1 ) |       |       |              | Modelo 1 ( 1:4 )  |       |       |              | Modelo 2 ( 1:8 )  |       |       |              | Modelo 3 ( 1:12 ) |       |       |              | Abrigo Meteorológico |       |       |              |           |
|------------------|-------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|----------------------|-------|-------|--------------|-----------|
|                  |       | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C )    |       |       | V. ar<br>m/s | G<br>W/m2 |
|                  |       | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo                | Tbs   | Tbu   |              |           |
| 07/02/2002 (038) | 1:00  | 20,93             | 21,42 | 21,12 | 0,05         | 20,97             | 21,57 | 21,23 | 0,07         | 21,03             | 21,66 | 21,31 | 0,08         | 21,05             | 21,70 | 21,35 | 0,07         | 20,35                | 21,49 | 21,30 | 0,06         | 0,0       |
|                  | 2:00  | 20,39             | 21,01 | 20,74 | 0,03         | 20,41             | 21,15 | 20,87 | 0,05         | 20,46             | 21,24 | 20,94 | 0,05         | 20,52             | 21,29 | 20,99 | 0,09         | 19,78                | 21,07 | 20,92 | 0,02         | 0,0       |
|                  | 3:00  | 20,04             | 20,70 | 20,46 | 0,01         | 20,10             | 20,88 | 20,61 | 0,06         | 20,16             | 20,96 | 20,69 | 0,07         | 20,18             | 21,00 | 20,74 | 0,07         | 19,51                | 20,81 | 20,71 | 0,06         | 0,0       |
|                  | 4:00  | 19,82             | 20,54 | 20,31 | 0,02         | 19,87             | 20,71 | 20,45 | 0,04         | 19,92             | 20,79 | 20,52 | 0,07         | 19,96             | 20,84 | 20,57 | 0,08         | 19,14                | 20,63 | 20,53 | 0,04         | 0,0       |
|                  | 5:00  | 19,59             | 20,38 | 20,16 | 0,00         | 19,61             | 20,52 | 20,32 | 0,04         | 19,67             | 20,61 | 20,35 | 0,04         | 19,72             | 20,65 | 20,41 | 0,04         | 18,81                | 20,43 | 20,36 | 0,00         | 0,0       |
|                  | 6:00  | 19,37             | 20,20 | 19,95 | 0,00         | 19,43             | 20,37 | 20,14 | 0,05         | 19,50             | 20,44 | 20,21 | 0,05         | 19,54             | 20,50 | 20,29 | 0,05         | 18,75                | 20,28 | 20,22 | 0,04         | 0,0       |
|                  | 7:00  | 19,41             | 20,16 | 19,81 | 0,00         | 19,46             | 20,22 | 19,91 | 0,06         | 19,49             | 20,25 | 19,92 | 0,06         | 19,47             | 20,27 | 19,90 | 0,05         | 21,88                | 20,24 | 20,14 | 0,13         | 121,6     |
|                  | 8:00  | 20,02             | 20,51 | 19,74 | 0,00         | 20,18             | 20,42 | 19,56 | 0,03         | 20,25             | 20,43 | 19,47 | 0,02         | 20,16             | 20,34 | 19,38 | 0,02         | 29,56                | 20,74 | 19,92 | 0,07         | 251,7     |
|                  | 9:00  | 20,92             | 21,18 | 19,51 | 0,08         | 21,06             | 21,10 | 19,25 | 0,06         | 21,11             | 21,08 | 19,12 | 0,07         | 20,94             | 21,00 | 19,05 | 0,09         | 29,35                | 21,30 | 19,47 | 0,21         | 278,5     |
|                  | 10:00 | 21,84             | 21,81 | 19,42 | 0,37         | 21,93             | 21,74 | 19,18 | 0,27         | 21,98             | 21,72 | 19,00 | 0,22         | 21,78             | 21,62 | 18,89 | 0,24         | 30,52                | 21,91 | 19,30 | 0,79         | 394,5     |
|                  | 11:00 | 22,82             | 22,49 | 19,68 | 0,39         | 22,86             | 22,41 | 19,40 | 0,23         | 22,92             | 22,42 | 19,19 | 0,20         | 22,68             | 22,31 | 19,07 | 0,23         | 32,16                | 22,64 | 19,64 | 0,75         | 434,6     |
|                  | 12:00 | 23,60             | 23,16 | 20,28 | 0,40         | 23,61             | 23,10 | 19,99 | 0,22         | 23,66             | 23,08 | 19,83 | 0,21         | 23,46             | 22,99 | 19,69 | 0,20         | 31,64                | 23,28 | 20,20 | 0,77         | 368,0     |
|                  | 13:00 | 24,17             | 23,52 | 20,39 | 0,30         | 24,21             | 23,46 | 20,03 | 0,21         | 24,27             | 23,44 | 19,88 | 0,20         | 24,09             | 23,35 | 19,73 | 0,18         | 33,89                | 23,68 | 20,34 | 0,61         | 449,4     |
|                  | 14:00 | 24,87             | 23,95 | 20,41 | 0,30         | 24,86             | 23,90 | 19,94 | 0,23         | 24,82             | 23,83 | 19,72 | 0,21         | 24,57             | 23,70 | 19,47 | 0,18         | 35,47                | 24,15 | 20,35 | 0,79         | 506,7     |
|                  | 15:00 | 25,91             | 24,83 | 21,44 | 0,22         | 25,91             | 24,80 | 21,09 | 0,19         | 25,87             | 24,76 | 20,93 | 0,17         | 25,61             | 24,62 | 20,66 | 0,17         | 34,37                | 25,03 | 21,32 | 0,58         | 326,3     |
|                  | 16:00 | 26,29             | 25,31 | 23,17 | 0,35         | 26,39             | 25,29 | 22,94 | 0,21         | 26,31             | 25,20 | 22,79 | 0,16         | 26,22             | 25,23 | 22,82 | 0,17         | 33,80                | 25,43 | 23,11 | 0,67         | 484,2     |
|                  | 17:00 | 25,74             | 24,77 | 21,98 | 0,22         | 25,79             | 24,74 | 21,62 | 0,18         | 25,63             | 24,56 | 21,37 | 0,16         | 25,23             | 24,59 | 21,31 | 0,15         | 34,69                | 24,94 | 21,95 | 0,51         | 300,2     |
|                  | 18:00 | 25,57             | 25,04 | 22,74 | 0,20         | 25,61             | 25,08 | 22,79 | 0,14         | 25,57             | 25,10 | 22,81 | 0,16         | 25,58             | 25,12 | 22,81 | 0,16         | 28,33                | 25,10 | 22,85 | 0,54         | 103,1     |
|                  | 19:00 | 24,90             | 24,56 | 23,60 | 0,04         | 24,95             | 24,71 | 23,55 | 0,07         | 24,94             | 24,78 | 23,57 | 0,07         | 25,01             | 24,83 | 23,55 | 0,06         | 24,31                | 24,61 | 23,28 | 0,06         | 10,2      |
|                  | 20:00 | 23,70             | 23,67 | 23,25 | 0,06         | 23,76             | 23,85 | 23,26 | 0,06         | 23,76             | 23,92 | 23,31 | 0,05         | 23,83             | 23,97 | 23,32 | 0,06         | 22,90                | 23,72 | 23,19 | 0,02         | 0,0       |
|                  | 21:00 | 22,75             | 22,99 | 22,53 | 0,01         | 22,81             | 23,09 | 22,57 | 0,06         | 22,81             | 23,16 | 22,61 | 0,05         | 22,88             | 23,20 | 22,62 | 0,07         | 22,15                | 23,03 | 22,72 | 0,06         | 0,0       |
|                  | 22:00 | 22,34             | 22,59 | 22,30 | 0,02         | 22,38             | 22,70 | 22,23 | 0,08         | 22,38             | 22,75 | 22,28 | 0,06         | 22,41             | 22,79 | 22,28 | 0,05         | 21,81                | 22,68 | 22,39 | 0,04         | 0,0       |
|                  | 23:00 | 22,07             | 22,45 | 22,11 | 0,03         | 22,14             | 22,54 | 22,08 | 0,09         | 22,14             | 22,58 | 22,13 | 0,07         | 22,18             | 22,63 | 22,16 | 0,08         | 21,51                | 22,52 | 22,21 | 0,08         | 0,0       |
|                  | 24:00 | 21,80             | 22,31 | 21,69 | 0,14         | 21,89             | 22,36 | 21,73 | 0,15         | 21,87             | 22,39 | 21,76 | 0,14         | 21,91             | 22,42 | 21,82 | 0,12         | 21,19                | 22,37 | 21,81 | 0,40         | 0,0       |

**Quadro A11.** Valores corrigidos dos dados das temperaturas de globo negro, bulbo seco e bulbo úmido, velocidade do ar e radiação solar, coletados no dia 12 de fevereiro de 2002.

| Dia              | Hora  | Protótipo ( 1:1 ) |       |       |              | Modelo 1 ( 1:4 )  |       |       |              | Modelo 2 ( 1:8 )  |       |       |              | Modelo 3 ( 1:12 ) |       |       |              | Abrigo Meteorológico |       |       |              |           |
|------------------|-------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|----------------------|-------|-------|--------------|-----------|
|                  |       | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C )    |       |       | V. ar<br>m/s | G<br>W/m2 |
|                  |       | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo                | Tbs   | Tbu   |              |           |
| 12/02/2002 (043) | 1:00  | 22,50             | 22,76 | 22,37 | 0,03         | 22,62             | 22,90 | 22,43 | 0,07         | 22,63             | 22,98 | 22,51 | 0,06         | 22,68             | 23,01 | 22,51 | 0,07         | 21,87                | 22,82 | 22,47 | 0,04         | 0,0       |
|                  | 2:00  | 22,19             | 22,54 | 22,09 | 0,11         | 22,28             | 22,64 | 22,12 | 0,06         | 22,28             | 22,68 | 22,16 | 0,07         | 22,31             | 22,75 | 22,15 | 0,08         | 21,62                | 22,60 | 22,27 | 0,03         | 0,0       |
|                  | 3:00  | 21,90             | 22,29 | 21,93 | 0,03         | 21,97             | 22,42 | 21,95 | 0,04         | 21,99             | 22,49 | 22,03 | 0,04         | 22,06             | 22,54 | 22,05 | 0,05         | 21,31                | 22,35 | 22,08 | 0,01         | 0,0       |
|                  | 4:00  | 21,67             | 22,11 | 21,69 | 0,03         | 21,76             | 22,23 | 21,76 | 0,05         | 21,79             | 22,28 | 21,84 | 0,05         | 21,82             | 22,33 | 21,86 | 0,05         | 21,19                | 22,19 | 21,92 | 0,04         | 0,0       |
|                  | 5:00  | 21,56             | 21,97 | 21,72 | 0,03         | 21,65             | 22,13 | 21,79 | 0,07         | 21,69             | 22,18 | 21,85 | 0,07         | 21,73             | 22,23 | 21,88 | 0,07         | 20,81                | 22,04 | 21,84 | 0,06         | 0,0       |
|                  | 6:00  | 21,15             | 21,70 | 21,43 | 0,03         | 21,23             | 21,82 | 21,52 | 0,04         | 21,25             | 21,89 | 21,57 | 0,05         | 21,29             | 21,93 | 21,61 | 0,05         | 20,68                | 21,75 | 21,58 | 0,04         | 0,0       |
|                  | 7:00  | 21,07             | 21,62 | 21,13 | 0,08         | 21,16             | 21,68 | 21,12 | 0,07         | 21,15             | 21,69 | 21,13 | 0,09         | 21,14             | 21,72 | 21,11 | 0,09         | 21,14                | 21,72 | 21,48 | 0,14         | 50,9      |
|                  | 8:00  | 21,40             | 21,76 | 20,62 | 0,22         | 21,53             | 21,73 | 20,54 | 0,16         | 21,57             | 21,74 | 20,46 | 0,16         | 21,53             | 21,73 | 20,44 | 0,19         | 26,90                | 21,86 | 20,67 | 0,50         | 182,1     |
|                  | 9:00  | 21,72             | 21,95 | 20,26 | 0,16         | 21,78             | 21,95 | 20,14 | 0,18         | 21,79             | 21,92 | 20,07 | 0,14         | 21,69             | 21,89 | 19,99 | 0,16         | 26,07                | 22,04 | 20,30 | 0,45         | 168,2     |
|                  | 10:00 | 22,48             | 22,25 | 19,94 | 0,26         | 22,57             | 22,15 | 19,58 | 0,17         | 22,55             | 22,12 | 19,47 | 0,18         | 22,38             | 21,99 | 19,31 | 0,21         | 33,56                | 22,43 | 19,97 | 0,66         | 601,4     |
|                  | 11:00 | 24,48             | 23,24 | 19,73 | 0,38         | 24,49             | 23,08 | 18,88 | 0,19         | 24,31             | 22,90 | 18,54 | 0,21         | 23,88             | 22,66 | 18,17 | 0,23         | 41,19                | 23,56 | 19,63 | 0,79         | 772,4     |
|                  | 12:00 | 28,22             | 26,24 | 21,57 | 0,53         | 28,26             | 25,96 | 20,47 | 0,23         | 27,89             | 25,72 | 20,11 | 0,22         | 27,35             | 25,39 | 19,49 | 0,20         | 46,45                | 26,60 | 21,65 | 0,89         | 1049,0    |
|                  | 13:00 | 30,31             | 27,88 | 22,50 | 0,43         | 30,38             | 27,62 | 21,36 | 0,19         | 30,13             | 27,37 | 21,07 | 0,20         | 29,55             | 27,07 | 20,47 | 0,18         | 46,47                | 28,25 | 22,42 | 0,76         | 809,4     |
|                  | 14:00 | 29,13             | 26,96 | 21,18 | 0,39         | 29,20             | 26,85 | 20,14 | 0,21         | 29,01             | 26,65 | 19,89 | 0,19         | 28,39             | 26,32 | 19,27 | 0,18         | 42,85                | 27,31 | 21,00 | 0,74         | 735,1     |
|                  | 15:00 | 28,61             | 26,75 | 21,82 | 0,26         | 28,74             | 26,76 | 21,26 | 0,18         | 28,67             | 26,69 | 21,12 | 0,20         | 28,31             | 26,51 | 20,76 | 0,17         | 38,18                | 26,99 | 21,44 | 0,46         | 376,5     |
|                  | 16:00 | 28,06             | 26,31 | 22,42 | 0,15         | 28,12             | 26,19 | 21,86 | 0,18         | 28,26             | 26,32 | 22,00 | 0,13         | 27,99             | 26,24 | 21,74 | 0,14         | 39,20                | 26,49 | 21,95 | 0,20         | 480,4     |
|                  | 17:00 | 27,73             | 26,20 | 22,93 | 0,02         | 27,80             | 26,22 | 22,60 | 0,03         | 27,70             | 26,13 | 22,49 | 0,02         | 27,52             | 26,13 | 22,40 | 0,03         | 34,06                | 26,28 | 22,39 | 0,04         | 262,9     |
|                  | 18:00 | 26,22             | 25,58 | 24,29 | 0,05         | 26,27             | 25,65 | 24,49 | 0,04         | 26,28             | 25,69 | 24,53 | 0,03         | 26,35             | 25,77 | 24,59 | 0,03         | 28,07                | 25,59 | 24,20 | 0,17         | 117,9     |
|                  | 19:00 | 24,83             | 24,40 | 23,77 | 0,14         | 24,87             | 24,57 | 23,66 | 0,08         | 24,86             | 24,63 | 23,69 | 0,08         | 24,88             | 24,67 | 23,69 | 0,08         | 25,13                | 24,49 | 23,49 | 0,06         | 21,9      |
|                  | 20:00 | 23,70             | 23,63 | 23,34 | 0,08         | 23,74             | 23,80 | 23,35 | 0,06         | 23,76             | 23,89 | 23,42 | 0,09         | 23,82             | 23,94 | 23,43 | 0,12         | 22,87                | 23,64 | 23,17 | 0,01         | 0,0       |
|                  | 21:00 | 22,68             | 22,86 | 22,58 | 0,09         | 22,70             | 23,01 | 22,59 | 0,07         | 22,73             | 23,10 | 22,62 | 0,08         | 22,79             | 23,13 | 22,65 | 0,12         | 22,13                | 22,91 | 22,67 | 0,02         | 0,0       |
|                  | 22:00 | 22,09             | 22,38 | 22,09 | 0,11         | 22,14             | 22,52 | 22,12 | 0,08         | 22,18             | 22,59 | 22,17 | 0,08         | 22,24             | 22,65 | 22,19 | 0,11         | 21,36                | 22,42 | 22,12 | 0,02         | 0,0       |
|                  | 23:00 | 21,54             | 21,97 | 21,71 | 0,08         | 21,57             | 22,11 | 21,76 | 0,06         | 21,59             | 22,19 | 21,82 | 0,06         | 21,67             | 22,23 | 21,86 | 0,10         | 20,92                | 22,02 | 21,85 | 0,03         | 0,0       |
|                  | 24:00 | 21,19             | 21,69 | 21,43 | 0,08         | 21,25             | 21,80 | 21,44 | 0,07         | 21,28             | 21,87 | 21,48 | 0,05         | 21,32             | 21,92 | 21,53 | 0,06         | 20,76                | 21,76 | 21,65 | 0,04         | 0,0       |

**Quadro A12.** Valores corrigidos dos dados das temperaturas de globo negro, bulbo seco e bulbo úmido, velocidade do ar e radiação solar, coletados no dia 13 de fevereiro de 2002.

| Dia              | Hora  | Protótipo ( 1:1 ) |       |       |              | Modelo 1 ( 1:4 )  |       |       |              | Modelo 2 ( 1:8 )  |       |       |              | Modelo 3 ( 1:12 ) |       |       |              | Abrigo Meteorológico |       |       |              |           |
|------------------|-------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|----------------------|-------|-------|--------------|-----------|
|                  |       | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C )    |       |       | V. ar<br>m/s | G<br>W/m2 |
|                  |       | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo                | Tbs   | Tbu   |              |           |
| 13/02/2002 (044) | 1:00  | 21,04             | 21,57 | 21,29 | 0,05         | 21,12             | 21,71 | 21,37 | 0,05         | 21,15             | 21,77 | 21,43 | 0,04         | 21,19             | 21,82 | 21,48 | 0,04         | 20,64                | 21,65 | 21,53 | 0,06         | 0,0       |
|                  | 2:00  | 20,89             | 21,43 | 21,20 | 0,02         | 20,96             | 21,59 | 21,28 | 0,05         | 21,02             | 21,67 | 21,35 | 0,06         | 21,04             | 21,70 | 21,40 | 0,05         | 20,35                | 21,51 | 21,38 | 0,02         | 0,0       |
|                  | 3:00  | 20,76             | 21,33 | 21,10 | 0,03         | 20,80             | 21,46 | 21,17 | 0,04         | 20,85             | 21,53 | 21,21 | 0,06         | 20,88             | 21,57 | 21,26 | 0,08         | 20,32                | 21,40 | 21,28 | 0,02         | 0,0       |
|                  | 4:00  | 20,56             | 21,17 | 20,96 | 0,00         | 20,61             | 21,32 | 21,06 | 0,06         | 20,67             | 21,40 | 21,12 | 0,05         | 20,71             | 21,45 | 21,18 | 0,06         | 19,92                | 21,23 | 21,07 | 0,00         | 0,0       |
|                  | 5:00  | 20,23             | 20,90 | 20,69 | 0,01         | 20,29             | 21,05 | 20,84 | 0,04         | 20,37             | 21,12 | 20,90 | 0,04         | 20,40             | 21,17 | 20,96 | 0,05         | 19,47                | 20,96 | 20,88 | 0,00         | 0,0       |
|                  | 6:00  | 19,94             | 20,67 | 20,45 | 0,02         | 20,01             | 20,83 | 20,61 | 0,04         | 20,09             | 20,91 | 20,67 | 0,03         | 20,12             | 20,96 | 20,73 | 0,05         | 19,33                | 20,74 | 20,68 | 0,05         | 0,0       |
|                  | 7:00  | 19,88             | 20,59 | 20,29 | 0,00         | 19,96             | 20,66 | 20,37 | 0,05         | 20,01             | 20,71 | 20,39 | 0,05         | 20,01             | 20,73 | 20,40 | 0,04         | 22,48                | 20,70 | 20,57 | 0,02         | 85,3      |
|                  | 8:00  | 20,45             | 20,82 | 19,89 | 0,11         | 20,68             | 20,68 | 19,65 | 0,12         | 20,72             | 20,71 | 19,49 | 0,14         | 20,65             | 20,55 | 19,39 | 0,11         | 33,60                | 21,03 | 19,76 | 0,36         | 324,7     |
|                  | 9:00  | 21,28             | 21,40 | 19,81 | 0,23         | 21,52             | 21,26 | 19,44 | 0,16         | 21,56             | 21,28 | 19,22 | 0,14         | 21,41             | 21,19 | 19,18 | 0,17         | 32,01                | 21,48 | 19,49 | 0,48         | 394,9     |
|                  | 10:00 | 22,63             | 22,10 | 19,33 | 0,33         | 22,71             | 21,97 | 18,79 | 0,21         | 22,68             | 21,91 | 18,47 | 0,18         | 22,35             | 21,70 | 18,30 | 0,19         | 36,11                | 22,29 | 19,14 | 0,75         | 598,1     |
|                  | 11:00 | 26,29             | 24,63 | 20,62 | 0,40         | 26,32             | 24,41 | 19,77 | 0,20         | 26,17             | 24,29 | 19,43 | 0,23         | 25,72             | 23,99 | 19,06 | 0,20         | 45,52                | 24,92 | 20,34 | 0,83         | 957,1     |
|                  | 12:00 | 27,30             | 25,27 | 20,14 | 0,42         | 27,28             | 25,08 | 19,28 | 0,21         | 26,99             | 24,90 | 18,87 | 0,22         | 26,50             | 24,57 | 18,39 | 0,24         | 45,52                | 25,65 | 20,23 | 0,94         | 1009,0    |
|                  | 13:00 | 27,94             | 25,58 | 19,50 | 0,34         | 27,97             | 25,45 | 18,32 | 0,18         | 27,55             | 25,11 | 17,84 | 0,18         | 26,79             | 24,65 | 17,08 | 0,20         | 46,87                | 26,12 | 19,62 | 0,75         | 1096,0    |
|                  | 14:00 | 29,02             | 26,25 | 18,86 | 0,34         | 29,15             | 26,10 | 17,61 | 0,19         | 28,56             | 25,66 | 17,05 | 0,19         | 27,76             | 25,31 | 16,22 | 0,18         | 48,11                | 26,79 | 18,77 | 0,72         | 999,0     |
|                  | 15:00 | 29,18             | 27,06 | 19,92 | 0,29         | 29,20             | 26,99 | 19,05 | 0,17         | 28,94             | 26,72 | 18,74 | 0,14         | 28,48             | 26,53 | 18,34 | 0,19         | 42,07                | 27,38 | 19,80 | 0,69         | 783,8     |
|                  | 16:00 | 29,46             | 27,35 | 19,35 | 0,36         | 29,55             | 27,24 | 18,56 | 0,21         | 29,19             | 26,88 | 18,20 | 0,16         | 28,74             | 26,76 | 17,67 | 0,18         | 44,70                | 27,69 | 19,15 | 0,69         | 714,3     |
|                  | 17:00 | 29,58             | 27,70 | 19,90 | 0,34         | 29,70             | 27,69 | 19,45 | 0,20         | 29,55             | 27,46 | 19,20 | 0,18         | 28,45             | 27,42 | 18,71 | 0,20         | 42,56                | 27,93 | 19,43 | 0,64         | 490,6     |
|                  | 18:00 | 30,46             | 28,58 | 21,97 | 0,16         | 30,26             | 28,82 | 21,98 | 0,13         | 30,12             | 28,85 | 22,02 | 0,14         | 30,27             | 28,87 | 21,96 | 0,14         | 39,31                | 28,78 | 21,23 | 0,38         | 178,0     |
|                  | 19:00 | 29,35             | 27,84 | 25,44 | 0,11         | 29,42             | 28,33 | 25,43 | 0,07         | 29,38             | 28,39 | 25,55 | 0,08         | 29,47             | 28,41 | 25,39 | 0,09         | 27,64                | 27,97 | 24,36 | 0,04         | 0,0       |
|                  | 20:00 | 26,06             | 25,38 | 24,01 | 0,10         | 26,27             | 25,91 | 24,18 | 0,05         | 26,26             | 25,97 | 24,32 | 0,04         | 26,39             | 26,04 | 24,36 | 0,07         | 24,22                | 25,64 | 23,80 | 0,04         | 0,0       |
|                  | 21:00 | 23,65             | 23,49 | 22,26 | 0,06         | 23,80             | 23,92 | 22,47 | 0,04         | 23,80             | 24,00 | 22,55 | 0,04         | 23,92             | 24,07 | 22,63 | 0,06         | 22,08                | 23,74 | 22,44 | 0,02         | 0,0       |
|                  | 22:00 | 22,37             | 22,51 | 21,41 | 0,04         | 22,48             | 22,83 | 21,48 | 0,05         | 22,50             | 22,90 | 21,61 | 0,04         | 22,58             | 22,95 | 21,68 | 0,05         | 21,33                | 22,74 | 21,69 | 0,04         | 0,0       |
|                  | 23:00 | 21,83             | 22,12 | 21,22 | 0,02         | 21,93             | 22,35 | 21,30 | 0,04         | 21,97             | 22,43 | 21,41 | 0,05         | 22,01             | 22,46 | 21,45 | 0,05         | 20,95                | 22,28 | 21,53 | 0,03         | 0,0       |
|                  | 24:00 | 21,39             | 21,70 | 21,15 | 0,05         | 21,52             | 22,02 | 21,26 | 0,04         | 21,57             | 22,09 | 21,38 | 0,04         | 21,63             | 22,15 | 21,43 | 0,04         | 20,23                | 21,90 | 21,37 | 0,01         | 0,0       |

**Quadro A13.** Valores corrigidos dos dados das temperaturas de globo negro, bulbo seco e bulbo úmido, velocidade do ar e radiação solar, coletados no dia 15 de fevereiro de 2002.

| Dia              | Hora  | Protótipo ( 1:1 ) |       |       |              | Modelo 1 ( 1:4 )  |       |       |              | Modelo 2 ( 1:8 )  |       |       |              | Modelo 3 ( 1:12 ) |       |       |              | Abrigo Meteorológico |       |       |              |           |
|------------------|-------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|----------------------|-------|-------|--------------|-----------|
|                  |       | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C )    |       |       | V. ar<br>m/s | G<br>W/m2 |
|                  |       | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo                | Tbs   | Tbu   |              |           |
| 15/02/2002 (046) | 1:00  | 20,00             | 20,62 | 19,99 | 0,02         | 20,06             | 20,86 | 20,08 | 0,04         | 20,11             | 20,94 | 20,19 | 0,03         | 20,16             | 20,99 | 20,26 | 0,04         | 19,07                | 20,78 | 20,36 | 0,00         | 0,0       |
|                  | 2:00  | 19,69             | 20,37 | 19,84 | 0,02         | 19,76             | 20,60 | 19,96 | 0,05         | 19,83             | 20,67 | 20,05 | 0,04         | 19,87             | 20,72 | 20,11 | 0,05         | 18,88                | 20,52 | 20,22 | 0,03         | 0,0       |
|                  | 3:00  | 19,42             | 20,20 | 19,69 | 0,00         | 19,50             | 20,40 | 19,76 | 0,03         | 19,57             | 20,49 | 19,89 | 0,03         | 19,60             | 20,54 | 19,95 | 0,03         | 18,76                | 20,35 | 20,12 | 0,03         | 0,0       |
|                  | 4:00  | 19,29             | 20,07 | 19,61 | 0,00         | 19,38             | 20,27 | 19,77 | 0,05         | 19,45             | 20,35 | 19,86 | 0,03         | 19,46             | 20,41 | 19,90 | 0,03         | 18,53                | 20,20 | 19,98 | 0,01         | 0,0       |
|                  | 5:00  | 19,18             | 19,96 | 19,62 | 0,01         | 19,23             | 20,15 | 19,74 | 0,05         | 19,31             | 20,24 | 19,85 | 0,04         | 19,33             | 20,29 | 19,90 | 0,04         | 18,33                | 20,07 | 19,93 | 0,01         | 0,0       |
|                  | 6:00  | 18,97             | 19,82 | 19,49 | 0,02         | 19,03             | 20,00 | 19,63 | 0,06         | 19,12             | 20,11 | 19,73 | 0,05         | 19,13             | 20,16 | 19,79 | 0,05         | 18,14                | 19,91 | 19,79 | 0,04         | 0,0       |
|                  | 7:00  | 18,89             | 19,73 | 19,31 | 0,01         | 19,01             | 19,81 | 19,31 | 0,07         | 19,06             | 19,87 | 19,32 | 0,06         | 19,05             | 19,88 | 19,32 | 0,06         | 22,52                | 19,88 | 19,66 | 0,03         | 103,6     |
|                  | 8:00  | 19,36             | 20,09 | 18,92 | 0,11         | 19,62             | 19,98 | 18,75 | 0,13         | 19,75             | 20,06 | 18,67 | 0,13         | 19,65             | 19,92 | 18,62 | 0,14         | 27,89                | 20,25 | 19,01 | 0,25         | 191,8     |
|                  | 9:00  | 20,68             | 20,92 | 18,59 | 0,32         | 20,85             | 20,79 | 18,24 | 0,21         | 20,87             | 20,83 | 18,12 | 0,19         | 20,71             | 20,67 | 18,01 | 0,21         | 31,74                | 21,08 | 18,61 | 0,71         | 441,4     |
|                  | 10:00 | 22,35             | 22,19 | 19,34 | 0,37         | 22,46             | 22,10 | 18,98 | 0,23         | 22,47             | 22,08 | 18,83 | 0,21         | 22,29             | 21,99 | 18,67 | 0,20         | 30,92                | 22,29 | 19,20 | 0,75         | 373,5     |
|                  | 11:00 | 24,84             | 24,18 | 21,05 | 0,35         | 24,98             | 24,10 | 20,66 | 0,25         | 24,95             | 24,07 | 20,53 | 0,22         | 24,73             | 23,97 | 20,30 | 0,22         | 34,67                | 24,30 | 20,92 | 0,73         | 464,0     |
|                  | 12:00 | 25,51             | 24,47 | 20,67 | 0,43         | 25,55             | 24,35 | 20,01 | 0,24         | 25,52             | 24,26 | 19,80 | 0,24         | 25,26             | 24,11 | 19,53 | 0,25         | 38,26                | 24,67 | 20,55 | 0,93         | 617,1     |
|                  | 13:00 | 26,52             | 25,06 | 20,66 | 0,38         | 26,47             | 24,92 | 19,81 | 0,23         | 26,40             | 24,74 | 19,50 | 0,19         | 26,00             | 24,53 | 19,16 | 0,23         | 40,94                | 25,33 | 20,61 | 0,88         | 749,8     |
|                  | 14:00 | 27,76             | 25,81 | 20,89 | 0,40         | 27,84             | 25,69 | 19,92 | 0,22         | 27,66             | 25,49 | 19,62 | 0,22         | 27,22             | 25,28 | 19,10 | 0,22         | 45,28                | 26,16 | 20,82 | 0,87         | 979,7     |
|                  | 15:00 | 28,63             | 26,51 | 21,03 | 0,46         | 28,74             | 26,40 | 19,99 | 0,26         | 28,45             | 26,16 | 19,78 | 0,25         | 27,99             | 25,98 | 19,11 | 0,21         | 44,94                | 26,91 | 20,90 | 0,95         | 869,1     |
|                  | 16:00 | 29,18             | 27,16 | 21,42 | 0,27         | 29,27             | 27,11 | 20,66 | 0,18         | 28,91             | 26,82 | 20,43 | 0,17         | 28,58             | 26,75 | 19,94 | 0,22         | 42,93                | 27,51 | 21,24 | 0,71         | 659,8     |
|                  | 17:00 | 28,94             | 27,44 | 24,13 | 0,23         | 29,22             | 27,62 | 23,57 | 0,12         | 29,04             | 27,56 | 23,47 | 0,14         | 28,91             | 27,50 | 23,11 | 0,13         | 30,89                | 27,54 | 22,93 | 0,18         | 61,1      |
|                  | 18:00 | 27,37             | 26,62 | 25,43 | 0,09         | 27,51             | 26,78 | 25,27 | 0,06         | 27,44             | 26,85 | 25,31 | 0,07         | 27,57             | 26,91 | 25,19 | 0,10         | 26,46                | 26,57 | 24,71 | 0,02         | 14,7      |
|                  | 19:00 | 25,87             | 25,46 | 24,84 | 0,06         | 25,98             | 25,59 | 24,78 | 0,09         | 25,94             | 25,64 | 24,85 | 0,08         | 26,07             | 25,73 | 24,89 | 0,07         | 25,37                | 25,49 | 24,68 | 0,15         | 16,4      |
|                  | 20:00 | 24,87             | 24,66 | 24,40 | 0,08         | 24,97             | 24,81 | 24,38 | 0,07         | 24,94             | 24,87 | 24,48 | 0,07         | 25,07             | 24,95 | 24,50 | 0,10         | 24,00                | 24,66 | 24,24 | 0,09         | 0,0       |
|                  | 21:00 | 23,89             | 23,88 | 23,64 | 0,02         | 23,99             | 24,07 | 23,74 | 0,05         | 23,99             | 24,14 | 23,84 | 0,05         | 24,11             | 24,21 | 23,88 | 0,08         | 22,94                | 23,93 | 23,68 | 0,03         | 0,0       |
|                  | 22:00 | 23,16             | 23,29 | 23,03 | 0,01         | 23,29             | 23,49 | 23,22 | 0,04         | 23,30             | 23,56 | 23,31 | 0,03         | 23,43             | 23,64 | 23,35 | 0,05         | 22,01                | 23,36 | 23,21 | 0,03         | 0,0       |
|                  | 23:00 | 22,56             | 22,85 | 22,56 | 0,03         | 22,64             | 22,99 | 22,71 | 0,06         | 22,63             | 23,06 | 22,78 | 0,06         | 22,74             | 23,13 | 22,82 | 0,08         | 21,92                | 22,91 | 22,80 | 0,08         | 0,0       |
|                  | 24:00 | 22,23             | 22,64 | 22,25 | 0,04         | 22,31             | 22,71 | 22,37 | 0,07         | 22,32             | 22,77 | 22,44 | 0,08         | 22,39             | 22,82 | 22,46 | 0,07         | 21,92                | 22,69 | 22,57 | 0,08         | 0,0       |

**Quadro A14.** Valores corrigidos dos dados das temperaturas de globo negro, bulbo seco e bulbo úmido, velocidade do ar e radiação solar, coletados no dia 17 de fevereiro de 2002.

| Dia              | Hora  | Protótipo ( 1:1 ) |       |       |              | Modelo 1 ( 1:4 )  |       |       |              | Modelo 2 ( 1:8 )  |       |       |              | Modelo 3 ( 1:12 ) |       |       |              | Abrigo Meteorológico |       |       |              |           |
|------------------|-------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|-------------------|-------|-------|--------------|----------------------|-------|-------|--------------|-----------|
|                  |       | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C ) |       |       | V. ar<br>m/s | Temperatura ( C )    |       |       | V. ar<br>m/s | G<br>W/m2 |
|                  |       | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo             | Tbs   | Tbu   |              | Globo                | Tbs   | Tbu   |              |           |
| 17/02/2002 (048) | 1:00  | 21,04             | 21,57 | 21,34 | 0,05         | 21,06             | 21,65 | 21,65 | 0,07         | 21,10             | 21,71 | 21,79 | 0,09         | 21,10             | 21,71 | 21,71 | 0,06         | 20,75                | 21,58 | 21,63 | 0,03         | 0,0       |
|                  | 2:00  | 21,11             | 21,61 | 21,40 | 0,00         | 21,12             | 21,71 | 21,71 | 0,04         | 21,20             | 21,78 | 21,85 | 0,05         | 21,18             | 21,78 | 21,79 | 0,06         | 20,73                | 21,63 | 21,68 | 0,00         | 0,0       |
|                  | 3:00  | 21,13             | 21,66 | 21,43 | 0,01         | 21,16             | 21,76 | 21,74 | 0,04         | 21,21             | 21,81 | 21,88 | 0,04         | 21,20             | 21,81 | 21,81 | 0,04         | 20,79                | 21,66 | 21,71 | 0,00         | 0,0       |
|                  | 4:00  | 21,10             | 21,61 | 21,39 | 0,01         | 21,12             | 21,72 | 21,70 | 0,07         | 21,19             | 21,77 | 21,83 | 0,05         | 21,18             | 21,77 | 21,78 | 0,05         | 20,79                | 21,63 | 21,69 | 0,01         | 0,0       |
|                  | 5:00  | 21,09             | 21,61 | 21,40 | 0,01         | 21,14             | 21,71 | 21,71 | 0,05         | 21,21             | 21,79 | 21,84 | 0,07         | 21,21             | 21,79 | 21,79 | 0,05         | 20,72                | 21,62 | 21,67 | 0,01         | 0,0       |
|                  | 6:00  | 21,01             | 21,59 | 21,29 | 0,01         | 21,07             | 21,67 | 21,65 | 0,07         | 21,15             | 21,74 | 21,80 | 0,08         | 21,13             | 21,73 | 21,73 | 0,06         | 20,75                | 21,59 | 21,65 | 0,01         | 0,0       |
|                  | 7:00  | 20,95             | 21,48 | 21,26 | 0,01         | 20,99             | 21,56 | 21,55 | 0,09         | 21,05             | 21,64 | 21,68 | 0,09         | 21,03             | 21,62 | 21,61 | 0,07         | 20,91                | 21,50 | 21,56 | 0,02         | 16,3      |
|                  | 8:00  | 21,11             | 21,52 | 21,24 | 0,00         | 21,18             | 21,61 | 21,54 | 0,06         | 21,26             | 21,71 | 21,68 | 0,05         | 21,19             | 21,61 | 21,57 | 0,04         | 21,77                | 21,54 | 21,58 | 0,02         | 71,3      |
|                  | 9:00  | 21,50             | 21,68 | 21,02 | 0,04         | 21,67             | 21,77 | 21,48 | 0,10         | 21,94             | 21,99 | 21,71 | 0,08         | 21,81             | 21,73 | 21,57 | 0,07         | 27,36                | 21,66 | 21,75 | 0,10         | 216,2     |
|                  | 10:00 | 22,16             | 22,00 | 20,78 | 0,07         | 22,19             | 22,03 | 21,21 | 0,12         | 22,86             | 22,52 | 21,76 | 0,11         | 22,91             | 22,07 | 21,57 | 0,10         | 32,67                | 21,80 | 21,89 | 0,25         | 282,7     |
|                  | 11:00 | 22,93             | 22,48 | 20,73 | 0,12         | 22,76             | 22,48 | 21,08 | 0,17         | 23,65             | 22,98 | 21,52 | 0,13         | 23,72             | 22,83 | 21,43 | 0,12         | 34,99                | 22,49 | 21,76 | 0,36         | 404,5     |
|                  | 12:00 | 23,65             | 23,06 | 20,97 | 0,14         | 23,50             | 23,13 | 21,15 | 0,13         | 24,40             | 23,47 | 21,29 | 0,11         | 23,99             | 23,29 | 21,23 | 0,11         | 32,18                | 23,28 | 21,56 | 0,30         | 297,4     |
|                  | 13:00 | 24,19             | 23,47 | 21,92 | 0,13         | 24,17             | 23,55 | 22,14 | 0,14         | 24,58             | 23,68 | 22,13 | 0,11         | 24,06             | 23,64 | 22,09 | 0,12         | 31,99                | 23,64 | 21,95 | 0,14         | 207,8     |
|                  | 14:00 | 23,66             | 23,55 | 23,02 | 0,10         | 23,57             | 23,58 | 23,37 | 0,12         | 23,65             | 23,63 | 23,49 | 0,11         | 23,64             | 23,74 | 23,58 | 0,09         | 24,37                | 23,50 | 22,90 | 0,20         | 120,6     |
|                  | 15:00 | 23,61             | 23,07 | 22,00 | 0,14         | 23,60             | 23,08 | 22,14 | 0,17         | 23,22             | 22,78 | 22,28 | 0,14         | 23,29             | 23,16 | 22,43 | 0,12         | 34,64                | 23,28 | 22,20 | 0,35         | 460,6     |
|                  | 16:00 | 24,16             | 23,40 | 21,62 | 0,11         | 24,13             | 23,38 | 21,74 | 0,17         | 24,03             | 23,28 | 21,66 | 0,13         | 23,71             | 23,17 | 21,54 | 0,12         | 38,10                | 23,61 | 21,75 | 0,26         | 477,0     |
|                  | 17:00 | 24,82             | 23,89 | 21,49 | 0,23         | 24,75             | 23,91 | 21,67 | 0,11         | 24,54             | 23,71 | 21,43 | 0,11         | 24,19             | 23,63 | 21,25 | 0,12         | 37,22                | 24,09 | 21,46 | 0,43         | 391,3     |
|                  | 18:00 | 25,58             | 24,76 | 22,95 | 0,08         | 25,54             | 24,88 | 23,24 | 0,12         | 25,52             | 24,93 | 23,30 | 0,10         | 25,40             | 24,89 | 23,28 | 0,09         | 32,62                | 24,83 | 22,39 | 0,15         | 142,4     |
|                  | 19:00 | 25,02             | 24,65 | 23,99 | 0,05         | 25,04             | 24,80 | 24,21 | 0,07         | 25,05             | 24,85 | 24,25 | 0,06         | 25,07             | 24,86 | 24,27 | 0,07         | 25,11                | 24,65 | 23,59 | 0,03         | 12,7      |
|                  | 20:00 | 23,84             | 23,82 | 23,53 | 0,02         | 23,83             | 23,95 | 23,62 | 0,08         | 23,83             | 24,01 | 23,64 | 0,06         | 23,87             | 24,02 | 23,66 | 0,08         | 23,36                | 23,85 | 23,39 | 0,05         | 0,0       |
|                  | 21:00 | 23,01             | 23,20 | 22,59 | 0,02         | 23,08             | 23,30 | 22,92 | 0,09         | 23,06             | 23,34 | 22,92 | 0,11         | 23,09             | 23,35 | 22,97 | 0,08         | 22,60                | 23,24 | 22,83 | 0,06         | 0,0       |
|                  | 22:00 | 22,48             | 22,72 | 22,19 | 0,05         | 22,52             | 22,80 | 22,56 | 0,13         | 22,55             | 22,88 | 22,61 | 0,15         | 22,53             | 22,91 | 22,66 | 0,12         | 22,20                | 22,73 | 22,32 | 0,05         | 0,0       |
|                  | 23:00 | 21,88             | 22,18 | 21,90 | 0,02         | 21,87             | 22,30 | 22,19 | 0,08         | 21,88             | 22,38 | 22,26 | 0,09         | 21,89             | 22,42 | 22,34 | 0,06         | 21,55                | 22,22 | 22,01 | 0,01         | 0,0       |
|                  | 24:00 | 21,41             | 21,87 | 21,51 | 0,08         | 21,44             | 21,95 | 21,85 | 0,13         | 21,44             | 22,03 | 21,89 | 0,14         | 21,42             | 22,05 | 21,96 | 0,16         | 21,19                | 21,89 | 21,75 | 0,09         | 0,0       |

## **ANEXO 5**

### **Valores horários e médias horárias do ITGU**

**Quadro A15.** Valor horários e médias horárias do Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) do Protótipo.

| Hora  | 30/1/02 | 2/2/02 | 3/2/02 | 4/2/02 | 5/2/02 | 7/2/02 | 12/2/02 | 13/2/02 | 15/2/02 | 17/2/02 | Média Horária |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------------|
| 1:00  | 73,00   | 72,71  | 71,65  | 67,25  | 69,04  | 70,88  | 72,90   | 71,08   | 69,39   | 71,11   | 70,90         |
| 2:00  | 72,87   | 72,41  | 71,43  | 67,01  | 69,04  | 70,21  | 72,49   | 70,90   | 69,06   | 71,20   | 70,66         |
| 3:00  | 72,67   | 72,09  | 71,34  | 66,81  | 69,04  | 69,76  | 72,16   | 70,73   | 68,76   | 71,24   | 70,46         |
| 4:00  | 72,47   | 71,90  | 71,29  | 66,49  | 69,18  | 69,50  | 71,82   | 70,49   | 68,60   | 71,19   | 70,29         |
| 5:00  | 72,25   | 71,72  | 71,06  | 66,36  | 69,21  | 69,22  | 71,76   | 70,06   | 68,53   | 71,19   | 70,14         |
| 6:00  | 71,96   | 71,58  | 70,84  | 66,16  | 69,23  | 68,91  | 71,26   | 69,68   | 68,29   | 71,06   | 69,90         |
| 7:00  | 71,73   | 71,28  | 70,66  | 66,25  | 69,27  | 68,84  | 70,99   | 69,52   | 68,10   | 70,99   | 69,76         |
| 8:00  | 71,86   | 71,09  | 70,62  | 66,58  | 69,48  | 69,22  | 70,86   | 69,65   | 68,16   | 71,09   | 69,86         |
| 9:00  | 72,10   | 71,24  | 70,81  | 67,06  | 69,73  | 69,70  | 70,83   | 70,19   | 68,87   | 71,22   | 70,18         |
| 10:00 | 73,06   | 71,46  | 70,55  | 68,06  | 69,91  | 70,31  | 71,14   | 70,81   | 70,62   | 71,51   | 70,74         |
| 11:00 | 73,32   | 72,66  | 70,06  | 69,37  | 70,17  | 71,20  | 72,43   | 74,37   | 73,64   | 72,04   | 71,93         |
| 12:00 | 74,30   | 74,12  | 70,03  | 70,36  | 71,28  | 72,20  | 76,45   | 74,76   | 73,85   | 72,73   | 73,01         |
| 13:00 | 75,24   | 75,39  | 70,34  | 71,57  | 72,76  | 72,68  | 78,63   | 74,76   | 74,57   | 73,80   | 73,97         |
| 14:00 | 76,43   | 77,27  | 70,83  | 73,60  | 73,60  | 73,20  | 76,82   | 75,07   | 75,62   | 74,21   | 74,67         |
| 15:00 | 77,50   | 81,42  | 70,91  | 77,56  | 74,09  | 74,69  | 76,91   | 75,95   | 76,36   | 73,44   | 75,88         |
| 16:00 | 78,49   | 80,63  | 70,51  | 75,90  | 75,34  | 76,21  | 76,95   | 75,75   | 77,03   | 73,56   | 76,04         |
| 17:00 | 78,80   | 78,76  | 70,23  | 75,11  | 78,33  | 74,96  | 77,08   | 76,23   | 78,81   | 73,94   | 76,22         |
| 18:00 | 75,51   | 75,63  | 70,00  | 76,44  | 78,47  | 75,38  | 76,96   | 78,35   | 78,61   | 75,55   | 76,09         |
| 19:00 | 74,20   | 74,24  | 69,13  | 75,87  | 79,03  | 75,52  | 75,59   | 80,05   | 77,11   | 75,89   | 75,66         |
| 20:00 | 73,19   | 72,90  | 68,22  | 74,38  | 76,08  | 74,40  | 74,47   | 76,65   | 76,07   | 74,71   | 74,11         |
| 21:00 | 72,72   | 72,19  | 67,75  | 72,32  | 74,11  | 73,20  | 73,19   | 73,65   | 74,82   | 73,43   | 72,74         |
| 22:00 | 72,20   | 71,92  | 67,50  | 71,04  | 73,13  | 72,74  | 72,41   | 72,12   | 73,86   | 72,76   | 71,97         |
| 23:00 | 71,51   | 71,68  | 67,34  | 70,10  | 72,52  | 72,41  | 71,73   | 71,59   | 73,08   | 72,12   | 71,41         |
| 24:00 | 71,23   | 71,77  | 67,30  | 69,26  | 72,03  | 71,91  | 71,29   | 71,23   | 72,62   | 71,50   | 71,01         |

**Quadro A16.** Valor horários e médias horárias do Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) do Modelo M1.

| Hora  | 30/1/02 | 2/2/02 | 3/2/02 | 4/2/02 | 5/2/02 | 7/2/02 | 12/2/02 | 13/2/02 | 15/2/02 | 17/2/02 | Média Horária |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------------|
| 1:00  | 73,18   | 72,84  | 71,89  | 67,57  | 69,16  | 70,99  | 73,04   | 71,19   | 69,50   | 71,35   | 71,07         |
| 2:00  | 73,01   | 72,58  | 71,72  | 67,32  | 69,07  | 70,32  | 72,56   | 71,01   | 69,20   | 71,44   | 70,82         |
| 3:00  | 72,83   | 72,23  | 71,60  | 67,11  | 69,12  | 69,91  | 72,23   | 70,82   | 68,87   | 71,48   | 70,62         |
| 4:00  | 72,53   | 72,07  | 71,55  | 66,82  | 69,28  | 69,63  | 71,93   | 70,60   | 68,79   | 71,43   | 70,46         |
| 5:00  | 72,34   | 71,86  | 71,37  | 66,55  | 69,34  | 69,35  | 71,88   | 70,22   | 68,66   | 71,46   | 70,30         |
| 6:00  | 72,08   | 71,70  | 71,14  | 66,39  | 69,36  | 69,09  | 71,38   | 69,85   | 68,43   | 71,36   | 70,08         |
| 7:00  | 71,84   | 71,38  | 70,95  | 66,45  | 69,38  | 68,95  | 71,04   | 69,64   | 68,20   | 71,23   | 69,91         |
| 8:00  | 71,93   | 71,15  | 70,87  | 66,73  | 69,57  | 69,21  | 70,89   | 69,64   | 68,23   | 71,36   | 69,96         |
| 9:00  | 72,12   | 71,31  | 71,03  | 67,00  | 69,80  | 69,62  | 70,78   | 70,09   | 68,75   | 71,66   | 70,22         |
| 10:00 | 73,00   | 71,43  | 70,78  | 68,03  | 69,87  | 70,20  | 70,95   | 70,48   | 70,43   | 71,85   | 70,70         |
| 11:00 | 73,06   | 72,31  | 70,24  | 69,18  | 69,96  | 71,03  | 71,83   | 73,78   | 73,46   | 72,17   | 71,70         |
| 12:00 | 73,96   | 73,70  | 70,31  | 69,78  | 70,90  | 72,00  | 75,69   | 74,12   | 73,40   | 72,75   | 72,66         |
| 13:00 | 74,64   | 74,83  | 70,50  | 71,35  | 72,46  | 72,45  | 77,85   | 73,93   | 73,92   | 73,95   | 73,59         |
| 14:00 | 75,59   | 76,80  | 71,09  | 73,02  | 73,17  | 72,85  | 76,12   | 74,27   | 74,99   | 74,40   | 74,23         |
| 15:00 | 76,85   | 80,85  | 71,15  | 77,27  | 73,64  | 74,44  | 76,60   | 75,34   | 75,68   | 73,53   | 75,54         |
| 16:00 | 78,14   | 80,54  | 70,85  | 75,43  | 74,90  | 76,11  | 76,58   | 75,24   | 76,55   | 73,62   | 75,80         |
| 17:00 | 79,07   | 79,18  | 70,69  | 74,96  | 78,16  | 74,74  | 76,89   | 75,99   | 78,61   | 74,02   | 76,23         |
| 18:00 | 75,67   | 75,88  | 70,29  | 76,61  | 78,43  | 75,45  | 77,15   | 78,21   | 78,60   | 75,72   | 76,20         |
| 19:00 | 74,23   | 74,49  | 69,49  | 75,99  | 78,95  | 75,52  | 75,54   | 80,09   | 77,14   | 76,06   | 75,75         |
| 20:00 | 73,30   | 73,22  | 68,56  | 74,49  | 76,15  | 74,46  | 74,50   | 76,92   | 76,13   | 74,76   | 74,25         |
| 21:00 | 72,78   | 72,49  | 68,16  | 72,37  | 74,13  | 73,27  | 73,21   | 73,91   | 74,97   | 73,72   | 72,90         |
| 22:00 | 72,24   | 72,15  | 67,88  | 71,12  | 73,18  | 72,72  | 72,47   | 72,26   | 74,08   | 73,06   | 72,11         |
| 23:00 | 71,56   | 71,95  | 67,66  | 70,22  | 72,53  | 72,44  | 71,80   | 71,73   | 73,25   | 72,33   | 71,55         |
| 24:00 | 71,33   | 71,94  | 67,59  | 69,37  | 72,08  | 72,00  | 71,34   | 71,40   | 72,77   | 71,77   | 71,16         |

**Quadro A17.** Valor horários e médias horárias do Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) do Modelo M2.

| Hora  | 30/1/02 | 2/2/02 | 3/2/02 | 4/2/02 | 5/2/02 | 7/2/02 | 12/2/02 | 13/2/02 | 15/2/02 | 17/2/02 | Média Horária |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------------|
| 1:00  | 73,22   | 72,84  | 71,97  | 67,63  | 69,24  | 71,08  | 73,10   | 71,26   | 69,62   | 71,48   | 71,14         |
| 2:00  | 73,06   | 72,59  | 71,79  | 67,36  | 69,14  | 70,41  | 72,60   | 71,11   | 69,31   | 71,60   | 70,90         |
| 3:00  | 72,90   | 72,27  | 71,70  | 67,18  | 69,19  | 70,01  | 72,30   | 70,88   | 69,01   | 71,63   | 70,71         |
| 4:00  | 72,61   | 72,09  | 71,62  | 66,92  | 69,36  | 69,72  | 72,01   | 70,69   | 68,90   | 71,57   | 70,55         |
| 5:00  | 72,41   | 71,88  | 71,43  | 66,67  | 69,39  | 69,41  | 71,95   | 70,31   | 68,79   | 71,60   | 70,38         |
| 6:00  | 72,14   | 71,73  | 71,22  | 66,48  | 69,38  | 69,20  | 71,43   | 69,95   | 68,57   | 71,52   | 70,16         |
| 7:00  | 71,88   | 71,41  | 71,02  | 66,53  | 69,38  | 68,97  | 71,04   | 69,68   | 68,23   | 71,37   | 69,95         |
| 8:00  | 71,94   | 71,15  | 70,93  | 66,80  | 69,59  | 69,20  | 70,86   | 69,55   | 68,26   | 71,51   | 69,98         |
| 9:00  | 72,09   | 71,31  | 71,08  | 67,04  | 69,79  | 69,57  | 70,74   | 69,96   | 68,68   | 72,03   | 70,23         |
| 10:00 | 72,94   | 71,34  | 70,85  | 68,13  | 69,79  | 70,10  | 70,85   | 70,23   | 70,34   | 72,72   | 70,73         |
| 11:00 | 72,86   | 72,11  | 70,31  | 69,03  | 69,70  | 70,92  | 71,46   | 73,43   | 73,35   | 73,12   | 71,63         |
| 12:00 | 73,77   | 73,42  | 70,49  | 69,56  | 70,56  | 71,92  | 75,16   | 73,62   | 73,23   | 73,49   | 72,52         |
| 13:00 | 74,22   | 74,50  | 70,57  | 71,16  | 72,21  | 72,38  | 77,46   | 73,28   | 73,65   | 74,23   | 73,37         |
| 14:00 | 74,97   | 76,43  | 71,17  | 72,42  | 72,80  | 72,67  | 75,81   | 73,44   | 74,64   | 74,54   | 73,89         |
| 15:00 | 76,30   | 80,52  | 71,20  | 77,22  | 73,29  | 74,30  | 76,45   | 74,93   | 75,33   | 73,36   | 75,29         |
| 16:00 | 77,82   | 80,49  | 70,87  | 74,95  | 74,40  | 75,95  | 76,79   | 74,72   | 76,13   | 73,49   | 75,56         |
| 17:00 | 79,26   | 79,23  | 70,74  | 74,68  | 77,99  | 74,44  | 76,73   | 75,70   | 78,41   | 73,70   | 76,09         |
| 18:00 | 75,70   | 76,10  | 70,34  | 76,60  | 78,41  | 75,43  | 77,18   | 78,14   | 78,58   | 75,75   | 76,22         |
| 19:00 | 74,27   | 74,61  | 69,78  | 75,96  | 78,96  | 75,53  | 75,55   | 80,15   | 77,17   | 76,10   | 75,81         |
| 20:00 | 73,38   | 73,36  | 68,63  | 74,54  | 76,21  | 74,49  | 74,57   | 77,02   | 76,18   | 74,78   | 74,32         |
| 21:00 | 72,84   | 72,61  | 68,24  | 72,45  | 73,73  | 73,30  | 73,25   | 73,97   | 75,04   | 73,71   | 72,91         |
| 22:00 | 72,30   | 72,25  | 67,97  | 71,22  | 73,24  | 72,76  | 72,53   | 72,36   | 74,16   | 73,12   | 72,19         |
| 23:00 | 71,64   | 72,07  | 67,71  | 70,33  | 72,56  | 72,47  | 71,86   | 71,83   | 73,30   | 72,38   | 71,61         |
| 24:00 | 71,39   | 72,04  | 67,64  | 69,44  | 72,12  | 72,02  | 71,39   | 71,52   | 72,82   | 71,80   | 71,22         |

**Quadro A18.** Valor horários e médias horárias do Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) do Modelo M3.

| Hora  | 30/1/02 | 2/2/02 | 3/2/02 | 4/2/02 | 5/2/02 | 7/2/02 | 12/2/02 | 13/2/02 | 15/2/02 | 17/2/02 | Média Horária |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------------|
| 1:00  | 73,55   | 72,86  | 72,05  | 67,64  | 69,28  | 71,13  | 73,14   | 71,32   | 69,70   | 71,43   | 71,21         |
| 2:00  | 73,14   | 72,59  | 71,88  | 67,39  | 69,16  | 70,49  | 72,61   | 71,16   | 69,38   | 71,54   | 70,93         |
| 3:00  | 72,94   | 72,27  | 71,77  | 67,22  | 69,20  | 70,06  | 72,36   | 70,94   | 69,08   | 71,57   | 70,74         |
| 4:00  | 72,65   | 72,10  | 71,69  | 66,94  | 69,41  | 69,78  | 72,06   | 70,76   | 68,94   | 71,53   | 70,59         |
| 5:00  | 72,46   | 71,90  | 71,50  | 66,74  | 69,45  | 69,49  | 72,00   | 70,38   | 68,84   | 71,56   | 70,43         |
| 6:00  | 72,19   | 71,75  | 71,28  | 66,48  | 69,37  | 69,27  | 71,49   | 70,01   | 68,62   | 71,46   | 70,19         |
| 7:00  | 71,90   | 71,38  | 71,11  | 66,49  | 69,28  | 68,95  | 71,02   | 69,69   | 68,22   | 71,30   | 69,93         |
| 8:00  | 71,90   | 71,10  | 70,97  | 66,71  | 69,39  | 69,07  | 70,82   | 69,43   | 68,16   | 71,39   | 69,89         |
| 9:00  | 72,02   | 71,30  | 71,09  | 66,66  | 69,63  | 69,39  | 70,61   | 69,82   | 68,48   | 71,84   | 70,08         |
| 10:00 | 72,83   | 71,20  | 70,84  | 67,57  | 69,68  | 69,88  | 70,61   | 69,87   | 70,09   | 72,63   | 70,52         |
| 11:00 | 72,52   | 71,67  | 70,26  | 68,24  | 69,29  | 70,66  | 70,88   | 72,84   | 73,02   | 73,11   | 71,25         |
| 12:00 | 73,34   | 72,90  | 70,33  | 68,55  | 69,85  | 71,67  | 74,32   | 72,92   | 72,85   | 73,16   | 71,99         |
| 13:00 | 73,63   | 73,82  | 70,44  | 70,60  | 71,75  | 72,15  | 76,61   | 72,19   | 73,12   | 73,83   | 72,81         |
| 14:00 | 74,32   | 75,78  | 71,05  | 71,70  | 72,25  | 72,31  | 74,91   | 72,27   | 73,95   | 74,60   | 73,31         |
| 15:00 | 75,58   | 79,81  | 71,05  | 76,55  | 72,71  | 73,92  | 75,93   | 74,31   | 74,51   | 73,52   | 74,79         |
| 16:00 | 77,34   | 80,31  | 70,74  | 74,25  | 73,80  | 75,91  | 76,41   | 74,02   | 75,54   | 73,18   | 75,15         |
| 17:00 | 79,39   | 79,40  | 70,68  | 73,43  | 77,34  | 74,11  | 76,54   | 74,55   | 78,05   | 73,32   | 75,68         |
| 18:00 | 75,79   | 76,26  | 70,31  | 76,54  | 78,25  | 75,44  | 77,28   | 78,21   | 78,58   | 75,65   | 76,23         |
| 19:00 | 74,30   | 74,71  | 69,56  | 75,94  | 78,88  | 75,56  | 75,57   | 80,11   | 77,30   | 76,12   | 75,80         |
| 20:00 | 73,45   | 73,44  | 68,63  | 74,58  | 76,19  | 74,55  | 74,62   | 77,14   | 76,29   | 74,82   | 74,37         |
| 21:00 | 72,90   | 72,70  | 68,26  | 72,52  | 74,20  | 73,35  | 73,32   | 74,11   | 75,16   | 73,76   | 73,03         |
| 22:00 | 72,33   | 72,34  | 67,98  | 71,28  | 73,24  | 72,78  | 72,59   | 72,47   | 74,28   | 73,14   | 72,24         |
| 23:00 | 71,68   | 72,13  | 67,72  | 70,40  | 72,55  | 72,53  | 71,94   | 71,89   | 73,40   | 72,44   | 71,67         |
| 24:00 | 71,45   | 72,09  | 67,62  | 69,51  | 72,12  | 72,08  | 71,45   | 71,60   | 72,89   | 71,83   | 71,26         |

## **ANEXO 6**

**Valores das médias horárias dos termos  $\pi$  variáveis e valores dos termos  $\pi$  fixos.**

**Quadro A19.** Valores das médias horárias dos termos  $\pi$  variáveis e valores dos termos  $\pi$  fixos do Protótipo.

| Hora  | Termos $\pi$ fixos |         |         | Termos $\pi$ médios |         |         |
|-------|--------------------|---------|---------|---------------------|---------|---------|
|       | $\pi_1$            | $\pi_2$ | $\pi_3$ | $\pi_4$             | $\pi_5$ | $\pi_6$ |
| 1:00  | 0,4098             | 0,0004  | 0,49    | 3,3621              | 1,0432  | 0,9970  |
| 2:00  | 0,4098             | 0,0004  | 0,49    | 3,3518              | 1,1533  | 0,9974  |
| 3:00  | 0,4098             | 0,0004  | 0,49    | 3,3439              | 0,9748  | 0,9974  |
| 4:00  | 0,4098             | 0,0004  | 0,49    | 3,3335              | 0,7677  | 0,9988  |
| 5:00  | 0,4098             | 0,0004  | 0,49    | 3,3233              | 1,3772  | 0,9999  |
| 6:00  | 0,4098             | 0,0004  | 0,49    | 3,3179              | 1,1053  | 0,9987  |
| 7:00  | 0,4098             | 0,0004  | 0,49    | 0,0795              | 0,3991  | 0,9831  |
| 8:00  | 0,4098             | 0,0004  | 0,49    | 0,0348              | 0,4282  | 0,9508  |
| 9:00  | 0,4098             | 0,0004  | 0,49    | 0,0196              | 0,4267  | 0,9346  |
| 10:00 | 0,4098             | 0,0004  | 0,49    | 0,0114              | 0,4766  | 0,9155  |
| 11:00 | 0,4098             | 0,0004  | 0,49    | 0,0072              | 0,4935  | 0,8955  |
| 12:00 | 0,4098             | 0,0004  | 0,49    | 0,0073              | 0,4901  | 0,8941  |
| 13:00 | 0,4098             | 0,0004  | 0,49    | 0,0077              | 0,5593  | 0,8911  |
| 14:00 | 0,4098             | 0,0004  | 0,49    | 0,0089              | 0,4873  | 0,8992  |
| 15:00 | 0,4098             | 0,0004  | 0,49    | 0,0077              | 0,4626  | 0,9092  |
| 16:00 | 0,4098             | 0,0004  | 0,49    | 0,0103              | 0,4953  | 0,9171  |
| 17:00 | 0,4098             | 0,0004  | 0,49    | 0,0310              | 0,5541  | 0,9532  |
| 18:00 | 0,4098             | 0,0004  | 0,49    | 0,4172              | 0,9844  | 0,9819  |
| 19:00 | 0,4098             | 0,0004  | 0,49    | 1,5561              | 1,7108  | 1,0097  |
| 20:00 | 0,4098             | 0,0004  | 0,49    | 3,4949              | 3,0103  | 1,0089  |
| 21:00 | 0,4098             | 0,0004  | 0,49    | 3,4402              | 2,2960  | 1,0055  |
| 22:00 | 0,4098             | 0,0004  | 0,49    | 3,4062              | 1,6790  | 1,0048  |
| 23:00 | 0,4098             | 0,0004  | 0,49    | 3,3843              | 1,5506  | 1,0037  |
| 24:00 | 0,4098             | 0,0004  | 0,49    | 3,3681              | 1,0702  | 1,0031  |

**Quadro A20.** Valores das médias horárias dos termos  $\pi$  variáveis e valores dos termos  $\pi$  fixos do Modelo M1.

| Hora  | Termos $\pi$ fixos |         |         | Termos $\pi$ médios |         |         |
|-------|--------------------|---------|---------|---------------------|---------|---------|
|       | $\pi_1$            | $\pi_2$ | $\pi_3$ | $\pi_4$             | $\pi_5$ | $\pi_6$ |
| 1:00  | 0,4098             | 0,0016  | 0,51    | 13,4483             | 2,0088  | 1,0050  |
| 2:00  | 0,4098             | 0,0016  | 0,51    | 13,4073             | 2,3460  | 1,0045  |
| 3:00  | 0,4098             | 0,0016  | 0,51    | 13,3755             | 2,0811  | 1,0040  |
| 4:00  | 0,4098             | 0,0016  | 0,51    | 13,3339             | 2,4307  | 1,0049  |
| 5:00  | 0,4098             | 0,0016  | 0,51    | 13,2932             | 4,4896  | 1,0057  |
| 6:00  | 0,4098             | 0,0016  | 0,51    | 13,2717             | 3,2098  | 1,0041  |
| 7:00  | 0,4098             | 0,0016  | 0,51    | 0,3181              | 1,6339  | 0,9868  |
| 8:00  | 0,4098             | 0,0016  | 0,51    | 0,1391              | 0,9270  | 0,9517  |
| 9:00  | 0,4098             | 0,0016  | 0,51    | 0,0782              | 0,4798  | 0,9297  |
| 10:00 | 0,4098             | 0,0016  | 0,51    | 0,0456              | 0,3624  | 0,9073  |
| 11:00 | 0,4098             | 0,0016  | 0,51    | 0,0288              | 0,3398  | 0,8819  |
| 12:00 | 0,4098             | 0,0016  | 0,51    | 0,0291              | 0,3028  | 0,8820  |
| 13:00 | 0,4098             | 0,0016  | 0,51    | 0,0308              | 0,4084  | 0,8832  |
| 14:00 | 0,4098             | 0,0016  | 0,51    | 0,0354              | 0,3561  | 0,8859  |
| 15:00 | 0,4098             | 0,0016  | 0,51    | 0,0307              | 0,3443  | 0,8976  |
| 16:00 | 0,4098             | 0,0016  | 0,51    | 0,0411              | 0,4032  | 0,9038  |
| 17:00 | 0,4098             | 0,0016  | 0,51    | 0,1239              | 0,3698  | 0,9432  |
| 18:00 | 0,4098             | 0,0016  | 0,51    | 1,6690              | 0,8076  | 0,9761  |
| 19:00 | 0,4098             | 0,0016  | 0,51    | 6,2244              | 1,3853  | 1,0077  |
| 20:00 | 0,4098             | 0,0016  | 0,51    | 13,9795             | 2,4107  | 1,0099  |
| 21:00 | 0,4098             | 0,0016  | 0,51    | 13,7607             | 2,0815  | 1,0074  |
| 22:00 | 0,4098             | 0,0016  | 0,51    | 13,6248             | 1,9353  | 1,0065  |
| 23:00 | 0,4098             | 0,0016  | 0,51    | 13,5373             | 2,3220  | 1,0051  |
| 24:00 | 0,4098             | 0,0016  | 0,51    | 13,4725             | 1,3890  | 1,0044  |

**Quadro A21.** Valores das médias horárias dos termos  $\pi$  variáveis e valores dos termos  $\pi$  fixos do Modelo M2.

| Hora  | Termos $\pi$ fixos |         |         | Termos $\pi$ médios |         |         |
|-------|--------------------|---------|---------|---------------------|---------|---------|
|       | $\pi 1$            | $\pi 2$ | $\pi 3$ | $\pi 4$             | $\pi 5$ | $\pi 6$ |
| 1:00  | 0,4118             | 0,0033  | 0,51    | 26,8086             | 2,1442  | 1,0060  |
| 2:00  | 0,4118             | 0,0033  | 0,51    | 26,7269             | 2,7408  | 1,0056  |
| 3:00  | 0,4118             | 0,0033  | 0,51    | 26,6636             | 2,4294  | 1,0052  |
| 4:00  | 0,4118             | 0,0033  | 0,51    | 26,5807             | 2,1814  | 1,0062  |
| 5:00  | 0,4118             | 0,0033  | 0,51    | 26,4995             | 5,1452  | 1,0069  |
| 6:00  | 0,4118             | 0,0033  | 0,51    | 26,4567             | 3,3632  | 1,0053  |
| 7:00  | 0,4118             | 0,0033  | 0,51    | 0,6342              | 1,7185  | 0,9875  |
| 8:00  | 0,4118             | 0,0033  | 0,51    | 0,2773              | 0,9214  | 0,9520  |
| 9:00  | 0,4118             | 0,0033  | 0,51    | 0,1559              | 0,4443  | 0,9299  |
| 10:00 | 0,4118             | 0,0033  | 0,51    | 0,0908              | 0,3632  | 0,9076  |
| 11:00 | 0,4118             | 0,0033  | 0,51    | 0,0573              | 0,3395  | 0,8811  |
| 12:00 | 0,4118             | 0,0033  | 0,51    | 0,0579              | 0,2850  | 0,8805  |
| 13:00 | 0,4118             | 0,0033  | 0,51    | 0,0615              | 0,3883  | 0,8807  |
| 14:00 | 0,4118             | 0,0033  | 0,51    | 0,0707              | 0,3231  | 0,8820  |
| 15:00 | 0,4118             | 0,0033  | 0,51    | 0,0611              | 0,3310  | 0,8948  |
| 16:00 | 0,4118             | 0,0033  | 0,51    | 0,0819              | 0,3378  | 0,9011  |
| 17:00 | 0,4118             | 0,0033  | 0,51    | 0,2470              | 0,3677  | 0,9415  |
| 18:00 | 0,4118             | 0,0033  | 0,51    | 3,3270              | 0,8734  | 0,9765  |
| 19:00 | 0,4118             | 0,0033  | 0,51    | 12,4082             | 1,2988  | 1,0085  |
| 20:00 | 0,4118             | 0,0033  | 0,51    | 27,8676             | 2,8768  | 1,0108  |
| 21:00 | 0,4118             | 0,0033  | 0,51    | 27,4314             | 2,1610  | 1,0076  |
| 22:00 | 0,4118             | 0,0033  | 0,51    | 27,1606             | 2,0438  | 1,0075  |
| 23:00 | 0,4118             | 0,0033  | 0,51    | 26,9861             | 2,6638  | 1,0060  |
| 24:00 | 0,4118             | 0,0033  | 0,51    | 26,8570             | 1,4457  | 1,0053  |

**Quadro A22.** Valores das médias horárias dos termos  $\pi$  variáveis e valores dos termos  $\pi$  fixos do Modelo M3.

| Hora  | Termos $\pi$ fixos |         |         | Termos $\pi$ médios |         |         |
|-------|--------------------|---------|---------|---------------------|---------|---------|
|       | $\pi_1$            | $\pi_2$ | $\pi_3$ | $\pi_4$             | $\pi_5$ | $\pi_6$ |
| 1:00  | 0,4118             | 0,0049  | 0,51    | 40,2129             | 2,0393  | 1,0075  |
| 2:00  | 0,4118             | 0,0049  | 0,51    | 40,0904             | 2,9227  | 1,0070  |
| 3:00  | 0,4118             | 0,0049  | 0,51    | 39,9954             | 2,5017  | 1,0070  |
| 4:00  | 0,4118             | 0,0049  | 0,51    | 39,8711             | 2,3949  | 1,0082  |
| 5:00  | 0,4118             | 0,0049  | 0,51    | 39,7492             | 4,7123  | 1,0093  |
| 6:00  | 0,4118             | 0,0049  | 0,51    | 39,6850             | 3,1579  | 1,0077  |
| 7:00  | 0,4118             | 0,0049  | 0,51    | 0,9513              | 1,5412  | 0,9877  |
| 8:00  | 0,4118             | 0,0049  | 0,51    | 0,4160              | 0,9863  | 0,9484  |
| 9:00  | 0,4118             | 0,0049  | 0,51    | 0,2339              | 0,4512  | 0,9284  |
| 10:00 | 0,4118             | 0,0049  | 0,51    | 0,1362              | 0,3711  | 0,9071  |
| 11:00 | 0,4118             | 0,0049  | 0,51    | 0,0860              | 0,3297  | 0,8764  |
| 12:00 | 0,4118             | 0,0049  | 0,51    | 0,0869              | 0,2919  | 0,8705  |
| 13:00 | 0,4118             | 0,0049  | 0,51    | 0,0922              | 0,3890  | 0,8697  |
| 14:00 | 0,4118             | 0,0049  | 0,51    | 0,1060              | 0,3182  | 0,8642  |
| 15:00 | 0,4118             | 0,0049  | 0,51    | 0,0917              | 0,3231  | 0,8860  |
| 16:00 | 0,4118             | 0,0049  | 0,51    | 0,1228              | 0,3573  | 0,8960  |
| 17:00 | 0,4118             | 0,0049  | 0,51    | 0,3705              | 0,3734  | 0,9388  |
| 18:00 | 0,4118             | 0,0049  | 0,51    | 4,9905              | 1,0130  | 0,9790  |
| 19:00 | 0,4118             | 0,0049  | 0,51    | 18,6122             | 1,5321  | 1,0091  |
| 20:00 | 0,4118             | 0,0049  | 0,51    | 41,8014             | 3,7365  | 1,0126  |
| 21:00 | 0,4118             | 0,0049  | 0,51    | 41,1471             | 2,6480  | 1,0105  |
| 22:00 | 0,4118             | 0,0049  | 0,51    | 40,7409             | 2,2481  | 1,0097  |
| 23:00 | 0,4118             | 0,0049  | 0,51    | 40,4791             | 2,8578  | 1,0078  |
| 24:00 | 0,4118             | 0,0049  | 0,51    | 40,2855             | 1,4872  | 1,0068  |

## **ANEXO 7**

### **Fatores de distorção e de predição**

**Quadro A23.** Valores horários médios e médias gerais dos fatores de distorção e de predição.

| Hora   | Protótipo x Modelo 1 |            |            |            |            |                   | Protótipo x Modelo 2 |            |            |            |            |                   | Protótipo x Modelo 3 |            |            |            |            |                   |
|--------|----------------------|------------|------------|------------|------------|-------------------|----------------------|------------|------------|------------|------------|-------------------|----------------------|------------|------------|------------|------------|-------------------|
|        | Fatores de distorção |            |            |            |            | Fator de predição | Fatores de distorção |            |            |            |            | Fator de predição | Fatores de distorção |            |            |            |            | Fator de predição |
|        | $\alpha_1$           | $\alpha_2$ | $\alpha_3$ | $\alpha_4$ | $\alpha_5$ | $\delta$          | $\alpha_1$           | $\alpha_2$ | $\alpha_3$ | $\alpha_4$ | $\alpha_5$ | $\delta$          | $\alpha_1$           | $\alpha_2$ | $\alpha_3$ | $\alpha_4$ | $\alpha_5$ | $\delta$          |
| 1:00   | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 1,9605     | 0,9921            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 2,1113     | 0,9911            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 1,9788     | 0,9896            |
| 2:00   | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 2,9413     | 0,9929            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 3,4586     | 0,9919            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 3,4126     | 0,9905            |
| 3:00   | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 3,1161     | 0,9934            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 3,6501     | 0,9922            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 3,5773     | 0,9905            |
| 4:00   | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 4,1484     | 0,9939            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 3,9642     | 0,9927            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 4,0442     | 0,9907            |
| 5:00   | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 3,8800     | 0,9942            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 4,2214     | 0,9930            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 3,9584     | 0,9906            |
| 6:00   | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 3,5227     | 0,9947            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 3,6908     | 0,9935            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 3,5272     | 0,9911            |
| 7:00   | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 4,6653     | 0,9962            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 4,6368     | 0,9956            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 4,3497     | 0,9953            |
| 8:00   | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 2,5194     | 0,9992            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 2,3688     | 0,9988            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 2,5251     | 1,0026            |
| 9:00   | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 1,1833     | 1,0054            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 1,1143     | 1,0052            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 1,1223     | 1,0069            |
| 10:00  | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 0,8164     | 1,0092            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 0,7965     | 1,0088            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 0,7945     | 1,0096            |
| 11:00  | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 0,7068     | 1,0159            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 0,6917     | 1,0170            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 0,6668     | 1,0225            |
| 12:00  | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 0,6216     | 1,0143            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 0,5851     | 1,0163            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 0,5989     | 1,0280            |
| 13:00  | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 0,6876     | 1,0091            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 0,6492     | 1,0121            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 0,6572     | 1,0248            |
| 14:00  | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 0,7190     | 1,0154            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 0,6613     | 1,0201            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 0,6380     | 1,0406            |
| 15:00  | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 0,7496     | 1,0131            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 0,7122     | 1,0164            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 0,6974     | 1,0265            |
| 16:00  | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 0,8066     | 1,0153            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 0,6822     | 1,0185            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 0,7202     | 1,0245            |
| 17:00  | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 3,8778     | 1,0111            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 3,9104     | 1,0130            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 3,2566     | 1,0163            |
| 18:00  | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 2,0798     | 1,0062            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 1,9040     | 1,0059            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 2,3852     | 1,0032            |
| 19:00  | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 1,0059     | 1,0019            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 0,9286     | 1,0011            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 0,9983     | 1,0005            |
| 20:00  | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 1,3375     | 0,9990            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 1,2487     | 0,9980            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 1,4977     | 0,9963            |
| 21:00  | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 1,8964     | 0,9982            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 1,9464     | 0,9980            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 2,1513     | 0,9951            |
| 22:00  | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 1,8911     | 0,9984            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 1,8759     | 0,9973            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 2,0037     | 0,9952            |
| 23:00  | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 1,8428     | 0,9987            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 2,0307     | 0,9978            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 2,1180     | 0,9960            |
| 24:00  | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 1,6112     | 0,9987            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 1,7765     | 0,9979            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 1,7609     | 0,9963            |
| Médias | 1,0000               | 4,0000     | 1,04       | 4,0000     | 2,0244     | 1,0028            | 1,0047               | 7,9739     | 1,04       | 7,9739     | 2,0673     | 1,0030            | 1,0047               | 11,9608    | 1,04       | 11,9608    | 2,0600     | 1,0051            |