

## Avaliação do ambiente térmico em instalação para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais

### Evaluation of the thermal environment in growing and finishing swine housing using thermal comfort indexes under tropical conditions

Carlos Augusto de Paiva Sampaio<sup>1</sup> José Cristani<sup>2</sup> Juliana Aparecida Dubiela<sup>3</sup>  
César Eduardo Boff<sup>3</sup> Marco Antônio de Oliveira<sup>4</sup>

#### RESUMO

Neste trabalho, avaliou-se o ambiente térmico de uma instalação de crescimento e terminação de suínos e compararam-se os índices de temperatura e umidade (ITU) e de globo negro e umidade (ITGU) na indicação do conforto térmico nas condições tropicais. Foram medidas a temperatura de bulbo seco, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento, e determinados os índices de temperatura e umidade, de globo negro e umidade e da carga térmica radiante (CTR). As mesmas análises foram realizadas para o ambiente externo (área não sombreada). As médias de ITGUs pela instalação, no verão e inverno, ficaram entre 68,9 a 74,8 e de 55,3 a 61,2, respectivamente, e foram observadas diferenças ( $P < 0,05$ ) em relação à área não sombreada principalmente nos períodos mais quentes do dia. O ITGU foi mais adequado na indicação do conforto térmico em relação ao ITU, principalmente no verão. A redução da CTR em função da instalação foi de até 35% quando comparado com a área não sombreada.

**Palavras-chave:** conforto ambiental, instalações para suínos, produção de suínos.

#### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the thermal environment in growing and finishing swine housing and by using the temperature and humidity index (THI) and black globe temperature and humidity index (BGHI), under tropical conditions. The dry bulb temperature, relative humidity, wind velocity, THI, BGHI and the radiant thermal load index (RTL) were measured inside and outside the housing. The mean of BGHI inside the housing during summer and winter station had values between 68.9 to 74.8 and 55.3 to 61.2 and the results showed

that during the hottest periods of the day the housing provided lower BGHI ( $P < 0.05$ ). The THI was not accurate for determining thermal comfort under tropical conditions. The RTL was reduced up to 35% inside the housing due to the shade effect.

**Key words:** environment comfort, swine housing, swine production.

#### INTRODUÇÃO

A primeira condição de conforto térmico dentro de uma instalação é que o balanço térmico seja nulo, ou seja, o calor produzido pelo organismo animal somado ao calor ganho do ambiente seja igual ao calor perdido pelos animais através da radiação, da convecção, da condução, da evaporação e do calor contido nas substâncias corporais eliminadas (ESMAY, 1982).

Os métodos de estimativa de transferência de calor por condução, convecção, radiação e evaporação são afetados diretamente pela temperatura do ar, que é o principal elemento climático a ser considerado nos aspectos de produção de animais em confinamento. De acordo com SORENSEN (1964), para temperaturas ambientes acima de 30°C predominam as perdas de calor por processos evaporativos. ESMAY (1982) comenta que abaixo de 25°C as perdas de calor por processos não

<sup>1</sup>Engenheiro Agrícola, MSc., Professor do Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages, SC, 88520-000. E-mail: a2caps@cav.udesc.br. Autor para correspondência.

<sup>2</sup>Médico Veterinário, MSc., Professor, CAV/UDESC.

<sup>3</sup>Aluno de Agronomia do CAV. Bolsista de Iniciação Científica - CNPq

<sup>4</sup>Aluno de Agronomia do CAV. Participante.

evaporativos são predominantes, e para se obter a máxima produtividade animal, as edificações devem oferecer aos suínos as condições ambientais próximas das ideais, principalmente com aquelas relacionadas às temperaturas de conforto térmico mostradas na tabela 1 (LEAL & NÃÃS, 1992).

A zona de termoneutralidade, determinada pelas temperaturas ideais mostradas na tabela 1, é limitada pela temperatura crítica inferior, ou seja, pela temperatura ambiental abaixo da qual o animal aciona seus mecanismos termorregulatórios no sentido de produzir calor para balancear a dissipação de calor para o ambiente frio, e pela temperatura crítica superior, que é a temperatura ambiental acima da qual ocorre a termorregulação no sentido de auxiliar o animal na dissipação de calor corporal para o ambiente. Pode ser citada, como reação às temperaturas fora da zona de termoneutralidade, a ocorrência de tremor muscular quando a temperatura está abaixo da temperatura crítica inferior, ou de respiração acelerada ou suor, quando essa temperatura está acima da crítica superior (CURTIS, 1983).

O efeito da radiação em telhados nas instalações para suínos foi estudado por RODRIGUES & CHIESSE (2002) que mostraram que a tipologia arquitetônica nas instalações para a fase de terminação de suínos orientadas no sentido leste-oeste na latitude de 30° S deve possuir inclinação de telhado entre 30 a 40%, beirais de grandes dimensões (1,5m) e de médias dimensões (1,0m) nas fachadas norte e sul, respectivamente, comentando que estas características irão proporcionar uma menor captação de energia solar.

As condições ambientais de verão de diferentes tipos de construções para suínos no Sul do Brasil e com relação ao modelo de edificação com fechamentos nas laterais e aberturas através de janelas foram analisadas por PERDOMO & NICOLAIEWSKY (1988) os quais constataram que as temperaturas diárias internas foram em média de

25,6°C, consideradas altas em relação às consideradas ótimas (médias entre 15 e 22°C), que a umidade do ar foi em média de 72,1% e que os criadores não utilizaram adequadamente os dispositivos de modificações ambientais como janelas, cortinas, entre outros. Verificaram também que a altura do pé-direito foi considerada baixa (2,0 a 2,2m) e as instalações não possuíam lanternim.

O ambiente térmico seja de uma área sombreada ou não sombreada, é avaliado em função de índices de conforto térmico. Normalmente, estes índices consideram os parâmetros ambientais de temperatura, umidade, vento e de radiação, sendo que cada parâmetro possui um determinado peso dentro do índice, conforme sua importância relativa ao animal. Os índices de conforto térmico mais usados são o de THOM (1958), denominado de índice de temperatura e umidade (ITU) que associa a temperatura de bulbo seco e a temperatura do bulbo úmido e o desenvolvido por BUFFINGTON et al. (1981), que propuseram um índice que considera em um único valor os efeitos da temperatura de bulbo seco, da umidade do ar, do nível de radiação e da movimentação do ar, que denominaram de índice de umidade e temperatura de globo (ITGU).

BUFFINGTON et al. (1981) afirmaram que o ITGU seria um indicador mais preciso do conforto térmico e da produção animal quando comparado ao ITU em condições ambientais onde a radiação solar ou a movimentação do ar sejam altas, sendo que sob condições moderadas de radiação solar são igualmente eficientes, e quando se compara medições em locais com e sem cobertura, os ITUs não apresentaram diferenças significativas, enquanto que o ITGU apresentou diferenças significativas, principalmente para locais sem cobertura.

Outro indicador das condições térmicas ambientais é a carga térmica de radiação (CTR), que em condições de regime permanente expressa a radiação total recebida pelo globo negro proveniente do ambiente ao seu redor (ESMAY, 1982). SILVA et al. (1990) expõem que o mais importante nas instalações é diminuir o balanço de energia entre o animal e o meio, até um limite de otimização, sendo a Carga Térmica de Radiação (CTR) um dos principais componentes do balanço energético de um animal e sua avaliação é fundamental no estudo da definição do meio ambiente. BACCARI JR. (2001) comenta que o sombreamento pode reduzir de 30 a 50% a carga de calor sobre os animais, enquanto TURCO (1993) mostrou que a redução da CTR pela cobertura das instalações pode ser superior a 50%.

Tabela 1 - Temperaturas e umidades relativas ótimas e críticas para suínos na fase de crescimento e terminação.

Suínos	Temperaturas ótimas		Críticas		Umidades relativas	
	máx.	mín.	max.	min.	Ótimas (%)	Críticas (%)
20 – 35kg	20	18	27	8		
35 – 60kg	18	16	27	5	70	
60 - 100kg	18	12	27	4		<40 e >90

Fonte: Leal & Nããs, 1992.

Os objetivos deste trabalho foram o de avaliar o ambiente térmico de um modelo de instalação para crescimento e terminação de suínos em função da temperatura do ar, da umidade do ar, do índice de temperatura e umidade (ITU), do índice de globo negro e umidade (ITGU) e da carga térmica radiante (CTR), avaliar as condições térmicas externas (área não sombreada) para a criação de suínos e verificar os índices ITU e ITGU como indicativos do conforto térmico nas condições tropicais.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado durante o verão e inverno de 1999, na granja de crescimento e terminação de suínos localizada no Centro de Ciências Agroveterinárias, em Lages/SC, com latitude de 27° 49' sul, longitude de 50° 20' oeste com altitude de 940 m. O clima predominante da região, de acordo com KÖPPEN, é Cfb (temperado úmido, sem estação de seca).

A instalação era composta por pilares de concreto, cobertura de telhas cerâmicas francesas assentadas em estrutura (treliça) de madeira com 40% de inclinação em duas águas, beirais de 1,00m e sem lanternim. A instalação media 14,70m x 8,25m, com pé-direito médio de 2,80m e corredor central de 1,00m de largura. As baias de 3,25m x 2,60m, totalizando 6 baias de cada lado, eram separadas por paredes de tijolos de 1,00m de altura, de piso cimentado que era raspado e lavado diariamente, conduzindo o esterco para uma canaleta existente no exterior da instalação por meio de uma abertura no fundo das baias. A construção tinha orientação leste-oeste e o contorno era formado basicamente por cascalho. A ventilação no interior da instalação era obtida através de três janelas pivotantes de 1,20m x 1,00m nas fachadas norte-sul e uma janela pivotante de 3,40m x 0,60m nas fachadas leste-oeste, com peitoris de 1,00m, e que ficavam abertas no horário de trabalho dos funcionários e fechadas entre 12 às 14 horas e após às 18 horas.

As medidas no interior da instalação foram realizadas em duas baias, uma situada no meio da instalação e voltada para o norte e a outra no extremo leste da instalação, voltada para o sul. As baias continham 15 leitões, de genética formada por fêmea (LD x LW) e macho (MS 58 - Embrapa), com peso médio de 22kg e na densidade populacional de 0,85m<sup>2</sup> por animal.

No interior da instalação, foram medidas as temperaturas de bulbo seco, de bulbo úmido e de globo negro, a umidade relativa do ar e a velocidade

do vento, e os instrumentos foram colocados na altura dos animais. Na área não sombreada, foram medidas as temperaturas de bulbo seco, de bulbo úmido e de globo negro, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento, com os instrumentos colocados a 1,00m do piso, no lado norte da instalação.

A temperatura de globo negro foi obtida colocando-se um termômetro de mercúrio no interior de um globo negro. O globo negro é uma esfera oca de cobre, com 0,15m de diâmetro e 0,5mm de espessura, pintada externamente com tinta preta fosca. As temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido e a umidade relativa do ar foram obtidas através de psicrômetro giratório. A velocidade do ar foi obtida com anemômetro digital, de sensor de termistor aquecido com resolução de 0,01m.s<sup>-1</sup>.

As medidas foram realizadas em janeiro e julho de 1999, por serem as épocas que ocorrem as maiores e as menores temperaturas, respectivamente, de acordo com os dados obtidos na Estação Agrometeorológica de Lages/SC, sendo que as medidas foram realizadas a cada duas horas, das 8 às 18 horas, considerando o horário solar.

A instalação foi avaliada em função da temperatura de bulbo seco (Tbs) e da umidade relativa do ar (UR). O conforto térmico no interior da instalação (Asomb.) e do ambiente externo (Ansomb.) foi avaliado através de ITU (THOM, 1958), ITGU (BUFFINGTON et al., 1981) e pela CTR (ESMAY, 1982). Para se comparar os ambientes quanto aos índices ITU, ITGU e CTR foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso (horários), com quinze repetições (dias). Os dados foram submetidos à análise de variância, empregando-se o teste "F" e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento de Tbs em função das observações horárias nas áreas sombreada e não sombreada, está mostrado na figura 1. As médias observadas no verão entre 14 e 17 horas ficaram acima da temperatura crítica superior recomendada por LEAL & NÃÃS (1992) que é de 27°C, sendo limitante para o bem estar dos suínos, e no inverno, as temperaturas ficaram dentro da faixa termoneutra. Embora a instalação avaliada possuísse características construtivas (pé direito e inclinação do telhado) dentro das dimensões recomendadas por RODRIGUES & CHIESSE (2002), o lado externo da instalação era basicamente formada por cascalho, o que poderia estar contribuindo para temperaturas

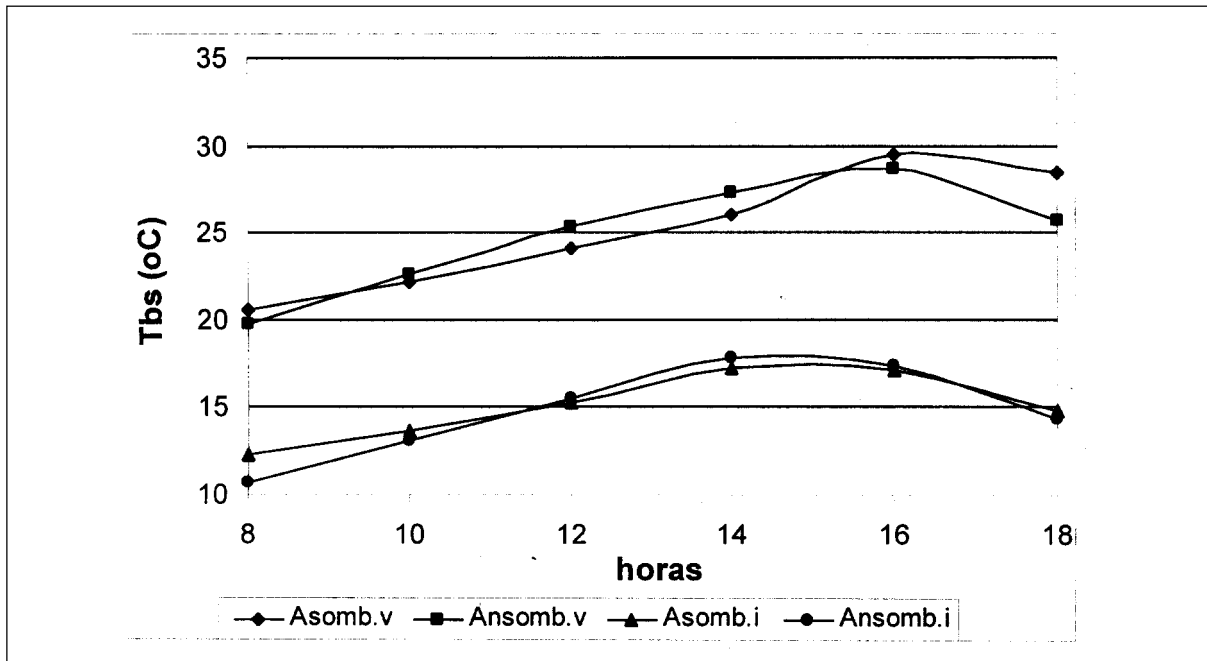


Figura 1 - Comportamento da temperatura de bulbo seco para o ambiente interno no verão (Asomb.v) e no inverno (Asomb.i) e para o ambiente externo no verão (Ansomb.v) e no inverno (Ansomb.i), em função dos horários.

no período da tarde serem mais elevadas, principalmente no verão.

De uma maneira geral, as médias diárias observadas da umidade relativa do ar (Figura 2) em

ambas as épocas estão situadas na faixa de conforto proposto por LEAL & NÃÃS (1992), e com uma característica desejável, nas horas de maior calor a umidade encontra-se na faixa de 55 a 70%,

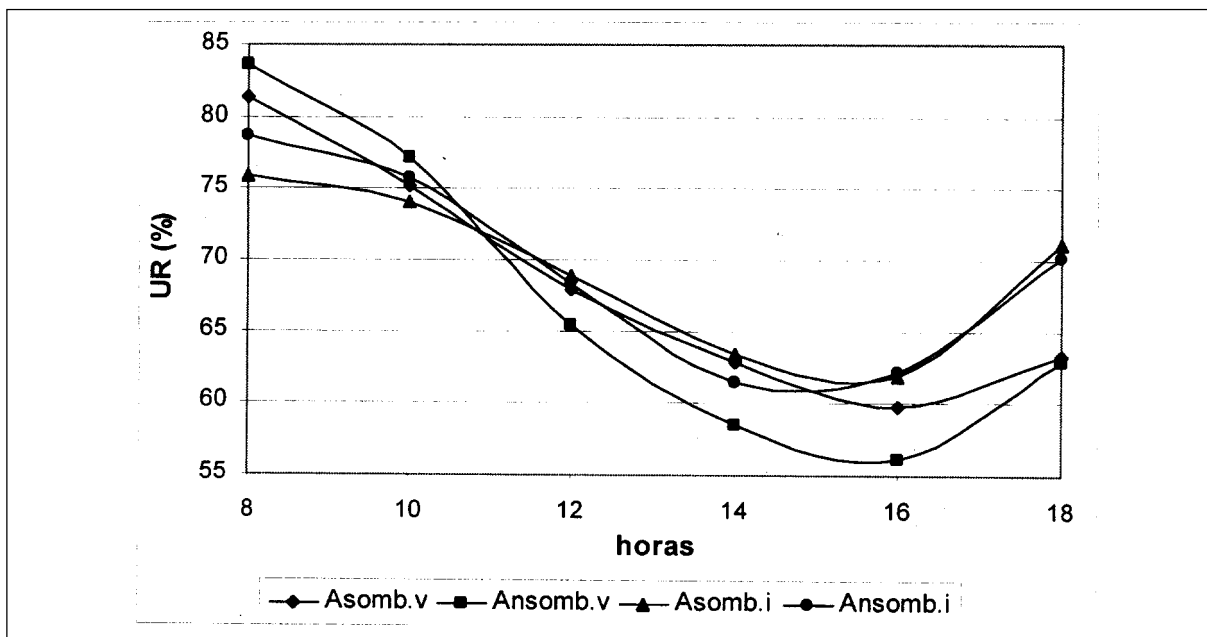


Figura 2 - Comportamento da umidade relativa para o ambiente interno no verão (Asomb.v) e no inverno (Asomb.i) e para o ambiente externo no verão (Ansomb.v) e no inverno (Ansomb.i), em função dos horários.

contribuindo para a perda de calor por processos evaporativos, um dos principais recursos de regulação homeotérmica dos suínos em altas temperaturas.

Os resultados do índice de temperatura e umidade (ITU), do índice de umidade e temperatura de globo (ITGU) e da carga térmica de radiação (CTR) em função dos ambientes e em função dos horários, estão mostrados nas tabelas 2 (verão) e 3 (inverno).

Analisando-se as tabelas 2 e 3, observa-se que não há diferenças estatísticas para ITU nos ambientes no verão nos ambientes avaliados, confirmando o que comentam BUFFINGTON et al. (1981), que este índice não representa a realidade das condições climáticas em regiões com alto índice de radiação. No inverno, constataram-se diferenças significativas nos horários das 8 e 18 horas, o que pode ser devido à baixa taxa de radiação solar nestes horários.

Verifica-se que no verão (Tabela 2), a instalação (Asomb.) proporcionou uma alta redução de ITGU nas horas mais quentes do dia em comparação com o ambiente não sombreado, com amplitudes de até 12 pontos no índice, o que é favorável, principalmente se considerar que os suínos são animais

com poucos recursos termorregulatórios. Estes dados mostram também a necessidade de se manejar corretamente os recursos de resfriamento nestes horários de picos de calor. Para as condições de inverno (Tabela 3), devido ao baixo índice de radiação, os valores de ITGU tiveram uma amplitude bem inferior ao ocorrido no verão, sendo que os valores deste índice variaram significativamente nos horários, com exceção da 8 horas em que não houve diferença estatística, o que pode ser devido à baixa taxa de radiação solar neste horário. A figura 3 mostra o comportamento do ITGU, nos horários e nas épocas analisadas, sendo que o ITGU representa, como afirmam BUFFINGTON et al. (1981) melhor a realidade das condições climáticas nas regiões com maior taxa de radiação solar.

As tabelas 2 e 3 mostram os valores observados de CTR no interior da instalação e na área não sombreada. À semelhança de ITGU, os valores de CTR variaram em maior intensidade entre 14:00 e 18 horas, sendo que a análise estatística foi semelhante àquela encontrada para o ITGU. Verifica-se que a instalação reduziu a CTR em até 35% quando comparado

Tabela 2- Valores médios dos índices de temperatura e umidade (ITU), de globo negro e umidade (ITGU) e da carga térmica de radiação (CTR), nas condições de verão.

Horário	ITU		ITGU		CTR	
	Asomb.	Ansomb.	Asomb.	Ansomb.	Asomb.	Ansomb.
8	68,1a	66,5a	68,9a	70,8a	428,85a	449,41a
10	69,8a	69,7a	70,1a	78,8b	424,66a	564,80b
12	72,2a	71,9a	72,5a	84,5b	437,84a	675,11b
14	73,7a	74,4a	74,2a	83,5b	442,17a	603,15b
16	74,8a	74,8a	74,8a	83,8b	452,10a	614,61b
18	74,3a	72,9a	74,3a	81,9b	443,97a	589,06b

a,b na linha, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Valores médios dos índices de temperatura e umidade (ITU), de globo negro e umidade (ITGU) e da carga térmica de radiação (CTR), nas condições de inverno.

Horário	ITU		ITGU		CTR	
	Asomb.	Ansomb.	Asomb.	Ansomb.	Asomb.	Ansomb.
8	56,8a	55,1b	55,3a	57,2a	355,33a	399,26a
10	58,3a	57,9a	57,3a	62,4b	368,46a	457,37b
12	60,0a	60,3a	60,0a	65,7b	371,88a	507,71b
14	62,1a	61,9a	60,8a	67,3b	380,47a	493,22b
16	61,9a	61,6a	61,2a	66,3b	390,58a	526,14b
18	59,5a	58,2b	59,3a	57,6b	388,33a	381,30a

a,b na linha, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

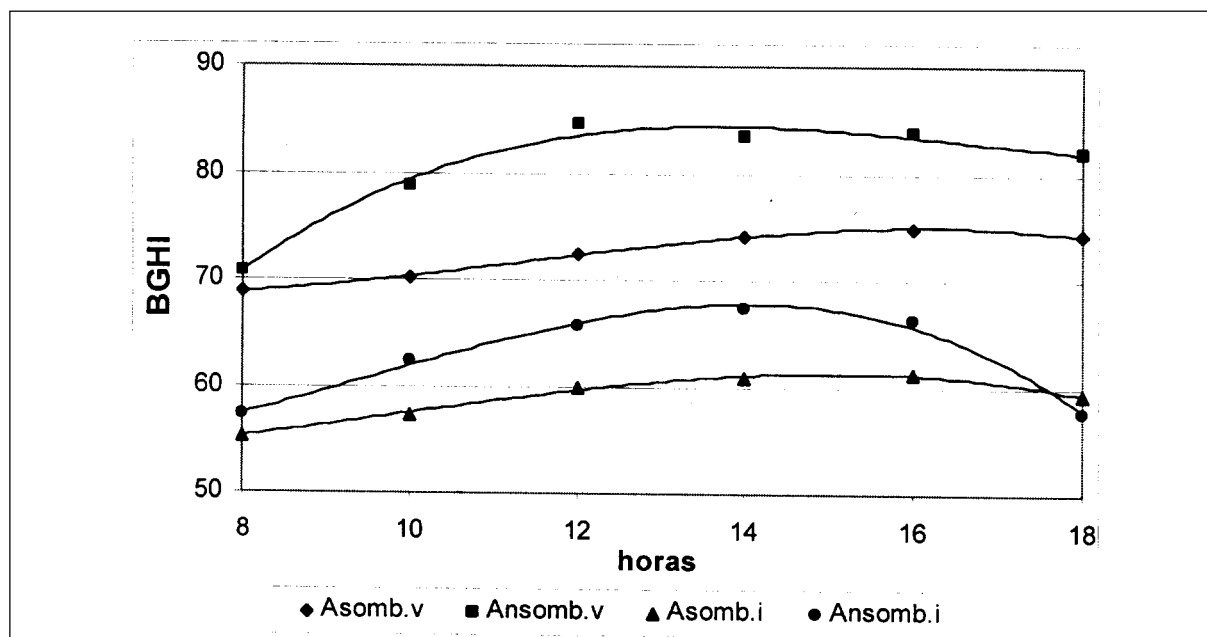


Figura 3 - Estimativa de BGHI para o ambiente interno no verão (Asomb.v) e no inverno (Asomb.i) e para o ambiente externo no verão (Ansomb.v) e no inverno (Ansomb.i), em função dos horários.

com a área não sombreada, concordando com que mencionam BACCARI JUNIOR (2001) e TURCO (1993).

## CONCLUSÕES

Verifica-se que a instalação não proporcionou temperaturas do ar nas horas mais quentes dentro da zona de termoneutralidade, porém a umidade relativa do ar ficou nos patamares ideais para os suínos; o índice de temperatura e umidade não foi adequado na indicação do conforto térmico, principalmente para área não sombreada, enquanto o índice de globo negro e umidade foi mais adequado na indicação do conforto térmico; verificou-se uma significativa redução nos valores e na amplitude de ITGU no interior da instalação, principalmente no verão e nas horas mais quentes do dia e a redução da carga térmica radiante em função da instalação foi de até 35% em relação à área não sombreada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BUFFINGTON, D.E. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transaction of the ASAE*, St. Joseph, v.24, n.3, p.711-714, 1981.

CURTIS, S.E. *Environmental management in animal agriculture*. Ames : The Iowa State University, 1983. 409p.

ESMAY, M.L. *Principles of animal environment*. Westport : Avi, 1982. 325p.

LEAL, P.M.; NÃÃS I.A. *Ambiência animal*. In: CORTEZ, L.A.B.; MAGALHÃES, P.S.G. (Org.). *Introdução à engenharia agrícola*. Campinas, SP : Unicamp. 1992. p.121-135.

PERDOMO, C.C.; NICOLAIEWSKY, S. Influência de diferentes edificações sobre o meio ambiente para suínos na época quente. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.23, n.4, p.439-445, 1988.

RODRIGUES, E.H.V.; CHIESSE, A. Desenvolvimento de uma tipologia arquitetônica para instalações destinadas à suinocultura (reprodução e terminação). In: *Anais XXI CONBEA*. Salvador, BA, 2002.

SORENSEN, P.H. Influencia del ambiente climatico en la production del cerdo. In: MORGAN, J.T. *Nutricion de aves y cerdos*. Zaragoza : Acribia, 1964. p.97-116.

SILVA, I.J.O.; GHELFI FILHO, K.; CONSIGLERO, F.R. Materiais de cobertura para instalações animais. *Engenharia Rural*, Piracicaba, v.1, n.1, p.51-60. 1990.

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

TURCO, S.H.N. *Modificações das condições ambientais de verão, em maternidade de suínos*. 1993. 58f. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa.