

MARCELO BASTOS CORDEIRO

**AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE CAMAS SOBREPOSTAS
QUANTO AO CONFORTO TÉRMICO E AMBIENTAL E AO
DESEMPENHO ZOOTÉCNICO PARA SUÍNOS NAS FASES DE
CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2003**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C794a
2003

Cordeiro, Marcelo Bastos, 1973-

Avaliação de sistemas de camas sobrepostas quanto ao conforto térmico e ambiental e ao desempenho zootécnico para suínos nas fases de crescimento e terminação / Marcelo Bastos Cordeiro. – Viçosa : UFV, 2003. 63p. : il.

Orientador: Fernando da Costa Baêta
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa

1. Suíno - Instalações - Conforto térmico. 2. Suíno - Instalações - Conforto ambiental. 3. Suíno - Desempenho. 4. Amônia - Análise. 5. Construções rurais. 6. Climatologia animal. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 631.22

CDD 20.ed. 631.22

MARCELO BASTOS CORDEIRO

**AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE CAMAS SOBREPOSTAS QUANTO AO
CONFORTO TÉRMICO E AMBIENTAL E AO DESEMPENHO ZOOTÉCNICO
PARA SUÍNOS NAS FASES DE CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**

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

Prof. Aloízio Soares Ferreira

Prof. Tadayuki Yanagi Júnior

**Prof. Jadir Nogueira da Silva
(Conselheiro)**

**Prof. Paulo Roberto Cecon
(Conselheiro)**

**Prof. Fernando da Costa Baêta
(Orientador)**

Aos meus pais, pelo amor, carinho e dedicação.

À Heloiza pelo amor

À minha família.

Aos amigos.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa, através do Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro.

À EMBRAPA Suínos e Aves, que possibilitou a realização deste trabalho.

À professora Ilda de Fátima Tinoco, pela confiança, amizade e estímulo permanente.

Ao professor Fernando da Costa Baêta, pela orientação e aos conselheiros, professores Jadir Nogueira da Silva e Paulo Roberto Cecon, pela atenção e respeito.

Ao pesquisador Paulo Armando de Oliveira e à todos os funcionários da EMBRAPA – Suínos e Aves.

Ao professor Juarez de Sousa e Silva, pelo incentivo e apoio.

À todos os professores do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

Aos meus amigos que estiveram ao meu lado durante esta etapa, pelo companheirismo, pelas boas risadas e pela grande amizade.

À todas as pessoa que direta ou indiretamente, deram sua contribuição para que este trabalho pudesse ser concluído.

CONTEÚDO

RESUMO	v
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REFERENCIAL TEÓRICO	04
2.1. O ambiente	04
2.2. Termorregulação do suíno	05
2.2.1. Fluxos de calor sensível e calor latente	06
2.3. Zonas de sobrevivência do suíno	08
2.4. Sistema de criação de suínos sobre cama	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
4.1. Avaliação do ambiente térmico	28
4.2. Avaliação do desempenho animal	52
5. CONCLUSÕES.....	58
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

RESUMO

CORDEIRO, Marcelo Bastos, M.S., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2003. **Avaliação de sistemas de camas sobrepostas quanto ao conforto térmico e ambiental e ao desempenho zootécnico para suínos nas fases de crescimento e terminação.** Orientador: Fernando da Costa Baêta, Conselheiros: Ilda de Fátima Ferreira Tinoco, Jadir Nogueira da Silva e Paulo Roberto Cecon

A criação de suínos em confinamento tem proporcionado aumentos da produtividade no setor e fez expandir a atividade suinícola no Brasil. A produção intensiva de suínos somente foi possível graças aos avanços tecnológicos alcançados em nutrição, genética, manejo e controle ambiental, que possibilitaram melhor rendimento em todo processo produtivo. Apesar da evolução observada, na moderna suinocultura objetiva-se o contínuo desenvolvimento de projetos tecnológicos e economicamente viáveis e competitivos e que atendam as mais diferentes características das regiões brasileiras em relação ao conforto térmico ambiente, qualidade do ar e manejo de resíduos. O sistema tradicional de criação intensiva de suínos, normalmente empregado pela maioria dos produtores, nas fases de crescimento e terminação, inclui instalações abertas, com pisos total ou parcialmente concretados. Nestes tipos de instalações, para retirada dos dejetos sempre se usa água como carreadora das excretas. O uso de cama sobreposta para criação de suínos nas fases de crescimento e de terminação é uma tecnologia recente no Brasil, sendo a EMBRAPA Suínos e Aves a pioneira na pesquisa e implementação deste sistema no país. A pesquisa foi realizada com suínos nas fases de crescimento e terminação no período de agosto a novembro de 2002, na Área Experimental da EMBRAPA Suínos e Aves, na cidade de Concórdia, situada no oeste do estado de Santa Catarina. Para comparação dos índices de conforto térmico, foi adotado um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos (cama de maravalha, cama de casca de arroz e

piso de concreto) e nas subparcelas os horários (de 1 a 24), utilizando o delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições (fases). Na avaliação do desempenho produtivo dos animais o experimento foi montado segundo esquema de parcelas subdivididas, estando os três tratamentos nas parcelas e nas subparcelas as 4 fases de observação no delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições. No experimento foram utilizadas três instalações com dimensões de 12,0 x 10,0 m, com idênticas características construtivas e orientação (leste/oeste), situadas na mesma área e distanciadas 10,0 m umas das outras (FIG. 1). Cada unidade constituiu-se de quatro baias de 30 m² (5 x 6m). Em uma das instalações foi implantado o sistema de cama sobreposta com maravalha (tratamento 1), em outra com casca de arroz (tratamento 2), e uma terceira em sistema convencional de piso concretado (tratamento 3). O conforto térmico dos animais nos ambiente estudados, avaliados pelos resultados de ITGU, CTR, UR e Tar, situaram-se dentro do intervalo aceitável para suínos nas fases de crescimento e terminação nas 3 primeiras fases de vida dos animais (25 a 105 Kg) sendo que a cama comprometeu o desempenho dos animais na última fase de vida (105-120 Kg). Os valores observados em todos os tratamentos ficaram abaixo do limite crítico de concentração (20 ppm).

ABSTRACT

CORDEIRO, Marcelo Bastos, M.S., Universidade Federal de Viçosa, April of 2003. **Evaluation of systems of deep-bedded and concrete floor housing systems for grow-finish swine.** Advisor: Fernando da Costa Baêta, Committee members: Ilda de Fátima Ferreira Tinoco, Jadir Nogueira da Silva and Paulo Roberto Cecon

Brazil is the 4th largest swine producer in the world, and it has been a challenge to Brazilian producers find ways to manage and appropriately dispose manure generated, especially in the highly intensive production areas located in the southern part of the country. Predominant floor systems include partially and fully slotted floors as well as solid concrete floors. Therefore the manure is usually handled as liquid, requiring large storage structures and eventual treatment, which may be costly to the average swine producer. The Brazilian Livestock Research Company (Embrapa, SC, Brazil) has been investigating the use of organic bedding systems and their effect on thermal environment, air quality, manure management and animal performance. This research was conducted during 17 weeks with animals weighing between 25 and 120 kg in three identical buildings measuring 12.0 x 10.0 m, with four pens in each building. Three different treatments were investigated: (wood shavings and rice hulls for litter versus a concrete floor). The following parameters were evaluated: black globe temperature index, relative humidity, ammonia concentration, weight gain, feed consumption and feed conversion. Statistical analysis includes analysis-of-variance and regression. Results indicated no significant differences between treatments for thermal environment parameters at the 5% level, but high ammonia levels were observed in the bedding system

as compared to the concrete floor system. In general animals presented similar values of daily weight gain, feed consumption and feed conversion.

1. INTRODUÇÃO

A criação de suínos em confinamento tem proporcionado aumentos da produtividade no setor e fez expandir a atividade suinícola no Brasil. A produção intensiva de suínos somente foi possível graças aos avanços tecnológicos alcançados em nutrição, genética, manejo e controle ambiental, que possibilitaram melhor rendimento em todo processo produtivo.

A produção mundial de carne suína tem crescido constantemente. Segundo estimativas da ABCS (Associação Brasileira de Criadores de Suínos, 2003), a produção nacional vem apresentando índices consideráveis de crescimento nos últimos 22 anos, em torno de 4% ao ano. Em 2002 foram abatidos cerca de 28 milhões de animais no Brasil, sendo o volume total de carne produzida em torno de 2,29 milhões de toneladas, dos quais 86,1% foram consumidas internamente e 13,9% exportadas. Assim, o Brasil ocupou a 4^a posição entre os maiores produtores mundiais no mesmo período possibilitando um consumo percapita, por ano, em torno de 11,1 kg, enquanto a média de consumo mundial no mesmo período foi de 14,9 kg/pessoa. Considerando-se o consumo total, a China, por possuir a maior população do planeta, é o país onde se consome a maior quantidade de carne suína do mundo. Cerca de 51% da carne de suínos consumida no mundo é consumida na China. Já, se for considerado o consumo per capita, é o dinamarquês o que mais consome carne de suínos, cerca de 77 Kg/per capita/ano.

A despeito da evolução observada, na moderna suinocultura objetiva-se o contínuo desenvolvimento de projetos tecnológica e economicamente viáveis e competitivos (SILVA, 1999) e que atendam as mais diferentes características das regiões brasileiras em relação ao conforto térmico ambiente, qualidade do ar e manejo de resíduos. Os grandes desafios dos produtores de suínos são a exigência

da sustentabilidade ambiental nas regiões de produção intensiva (OLIVEIRA, 2000), como proporcionar aos animais o melhor acondicionamento térmico e condições de bem-estar possível, bem como garantir maior produtividade.

O sistema tradicional de criação intensiva de suínos, normalmente empregado pela maioria dos produtores, nas fases de crescimento e terminação, inclui instalações abertas, com pisos total ou parcialmente concretados. Nestes tipos de instalações, para retirada dos dejetos sempre se usa água como carreadora das excretas. Estas, depois de liquefeitas, são conduzidas em valetas fechadas ou a céu aberto em direção a esterqueiras, lagoas de tratamento ou até mesmo lançado indiscriminadamente em cursos d'água.

O total de dejetos manejados requer grande volume de água, recurso em escassez, bem como grandes estruturas para o armazenamento dos resíduos gerados, áreas com culturas suficientes para o aproveitamento agrônômico desses resíduos, e também, a disponibilidade de máquinas e equipamentos para seu transporte e distribuição (OLIVEIRA, 2000).

Do exposto, a suinocultura corresponde a uma importante atividade do ponto de vista social e econômico, entretanto, sua exploração tradicional tem sido considerada pelos órgãos de controle ambiental, como uma atividade potencialmente causadora de degradação ambiental. Os efeitos ambientais resultantes do armazenamento de resíduos, sistemas e processos de aplicação destes, tem preocupado as autoridades ambientais, particularmente com respeito às águas superficiais e subterrâneas e qualidade do ar, esta afetada com odores desagradáveis e emissões de gases.

A conscientização de questões de bem-estar animal e o interesse em oportunidades de comercialização em nichos de varejo contribuíram para o recente interesse em sistemas de produções alternativos.

Levando-se em conta o fato que os sistemas atuais de produção de suínos podem resultar em consequências negativas para as partes envolvidas no processo, a comunidade científica tem buscado pesquisar sistemas alternativos de produção que causem menores impactos, sociais e ambientais. Dentre estas alternativas, pode-se destacar o sistema de produção de suínos em cama sobreposta (deep bedding), que tem sido caracterizado pela utilização de substratos (maravalha, serragem, palhas) como cama, com os animais manejados em lotes únicos dentro da instalação (OLIVEIRA, 2000).

O uso de cama sobreposta para criação de suínos nas fases de crescimento e de terminação é uma tecnologia recente no Brasil, sendo a EMBRAPA Suínos e Aves a pioneira na pesquisa e implementação deste sistema no país.

O uso do sistema de produção de suínos em cama sobreposta tem sido baseado na teoria de que o animal é capaz de selecionar e modificar seu próprio microambiente (HILL, 2000). É caracterizado principalmente pelo manejo do esterco seco, ventilação natural, lotes com maior número de animais, maior variação ambiental e bem-estar animal, bem como baixo investimento inicial.

Segundo pesquisas realizadas por OLIVEIRA (1999) e BONAZZI & NAVAROTTO (1992), citado por OLIVEIRA (1999), comparando os sistemas de cama sobreposta e o sistema de piso concretado na criação de suínos, não encontraram diferenças nos resultados de desempenho zootécnico.

CORRÊA (1988), comparando o sistema de cama com o de piso de concreto, em condições brasileiras, no período de março a novembro, não encontrou efeito de tratamento para as variáveis ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar ($P>0,05$).

Porém, poucos estudos têm sido feitos, em condições climáticas brasileiras, no que tange a utilização deste sistema de criação no desempenho animal, e nos poucos estudos realizados, os pesquisadores não tiveram como principal enfoque os parâmetros relativos ao conforto térmico e qualidade do ar.

Assim, verifica-se a necessidade de avaliar o sistema de criação de suínos na fase de crescimento e terminação em camas sobrepostas, avaliando-se, além dos parâmetros zootécnicos, o conforto térmico do animal e a qualidade do ar.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. O ambiente

O ambiente é caracterizado por um conjunto de fatores climáticos que, atuando simultaneamente, exercem influências sobre os animais, afetando seu desenvolvimento biológico, desempenho produtivo e reprodutivo (CURTIS, 1983). O desempenho animal está condicionado às influências do ambiente, podendo submeter os animais, em função da espécie, às condições estressantes que, dependendo dos limites de tolerância dos mesmos, podem ocasionar reflexos negativos em seu desempenho (TINÔCO, 1996)

O ambiente interno de uma instalação normalmente é resultante das condições locais e externas, das características construtivas e dos materiais da instalação, da espécie, do número de animais, do manejo, das modificações causadas pelos equipamentos do sistema produtivo e pelos que tem como objetivo o acondicionamento ambiental (BAETA & SOUZA, 1997).

As principais variáveis climáticas que influenciam o desempenho animal, definindo o microclima de uma região são a temperatura e umidade relativa do ar, a radiação solar, o vento, a pluviosidade, a luminosidade e a altitude, que são bastante dinâmicas em função das estações do ano. Os principais fatores que afetam a perda de calor pelo animal dentro de uma instalação são, além das citadas acima, emissividade, absortividade, temperatura e condutividade das superfícies de contato (ASHRAE, 2001)

Segundo ESMAY (1969), os animais coexistem em um processo ininterrupto com o ambiente no qual se encontram inseridos, reagindo de diversas maneiras às distintas condições que são impostas.

2.2. Termorregulação do suíno

O suíno pode ser considerado como um sistema termodinâmico, que continuamente troca energia com o ambiente. Neste processo, segundo BAÊTA e SOUZA (1997), os fatores externos do ambiente tendem a produzir variações internas no animal, influenciando na quantidade de energia trocada entre ambos, havendo, então, necessidade de ajustes fisiológicos para a ocorrência do balanço de calor.

Os animais homeotermos possuem temperaturas corporais que variam em diferentes partes do corpo e em diferentes tempos, mas a temperatura do núcleo corporal é mantida em nível que independe da flutuação ambiental (MOUNT, 1979). Nos suínos, a temperatura interna deve manter-se dentro de uma faixa relativamente estreita, entre 38 e 40°C (MULLER, 1989; ESMAY, 1969). Em virtudes de suas características homeotérmicas e de seu metabolismo intenso, os suínos estão constantemente trocando calor com o ambiente.

A quantidade de calor gerada pelo suíno depende principalmente do seu tamanho, da energia metabolizável ingerida e da eficiência de utilização da energia contida nos alimentos (BRUCE & CLARK, 1979). Este calor tem que ser dissipado através de mecanismos de trocas térmicas entre o animal e o ambiente, envolvendo transferências de calor que, segundo CURTIS (1983), pode ser por meio sensível (condução, convecção e radiação) e por via latente (evaporação da água a partir da pele e do aparelho respiratório).

2.2.1. Fluxos de calor sensível e calor latente

No fluxo de calor sensível, segundo INCROPERA & DEWITT (1990), pode-se definir a condução como a transferência de calor por difusão referente ao transporte de energia num meio provocado por um gradiente de temperatura. A convecção é a transferência de energia entre uma superfície e um fluido em movimento sobre esta superfície. A radiação é a taxa de emissão de energia pela matéria.

A troca de energia por convecção por animal é proporcional à sua área, a diferença de temperatura entre a superfície do animal e o ar sobre a camada limite e o coeficiente de convecção. Segundo MOUNT (1979), a condução é a forma sensível de transferência de calor que contribui menos no total de calor dissipado do animal para o ambiente.

Os suínos em geral possuem a habilidade de dissipar o calor interno por condução através da pele, permitindo-se alcançar temperaturas destas abaixo da temperatura do corpo. Animais adultos se beneficiam desta via de transferência de calor na presença de resíduos, tipos diferentes de piso ou molhados no entorno de bebedouros, onde há desperdício de água. A transferência de calor por condução é diretamente relacionada com a temperatura da superfície do piso (NÄÄS, 1998). Em ambientes frios, a taxa de transferência de calor é principalmente sensível (ASHRAE, 2001).

No fluxo de calor latente, as formas conhecidas de troca são a condensação e a evaporação, cujos fluxos são causados por gradientes de pressão de vapor. A pressão de vapor indica a quantidade de vapor d'água contida em dado volume de ar. Nessas formas, o calor envolvido na transformação líquido-vapor ou vapor-líquido não causa mudança na temperatura da água, apesar de ocorrer variação na temperatura da superfície do animal (BAETA & SOUZA, 1997).

Quando o animal está em um ambiente com temperatura elevada, as formas latentes de troca de calor são acionadas. Essas formas são de fundamental importância, uma vez que as formas sensíveis deixam de ser efetivas no balanço

homeotérmico à medida que a temperatura ambiente se aproxima da corporal. Segundo ASHRAE (2001), suínos com peso vivo de 30 Kg dissipam 80 W/suíno de calor sensível e 45 W/suíno de calor latente em instalações mantidas a 10 °C. Se a temperatura for 30 °C, as perdas de calor sensível e latente são de 40 W/suíno e 90 W/suíno, respectivamente. Para suínos pesando 100 Kg de peso vivo, mantidos a 10 °C, a perda de calor sensível é de 180 W/suíno e de calor latente é de 75 W/suíno. Se a temperatura do ar for 30 °C, para os mesmos suínos, a perda de calor sensível é 60 W/suíno e 125 W/suíno de calor latente. Segundo o mesmo autor, estas informações são para efeito de projeto de instalação de suínos.

Segundo MOUNT (1975), do total de perda de calor dos suínos, 8 % ocorre por evaporação quando a temperatura é de 9 °C. As perdas latentes alcançam de 30 a 60 % quando a temperatura está acima de 34 °C.

Segundo ROSENBERG et al. (1983), as formas latentes de troca de calor constituem o principal mecanismo de dissipação de energia em ambientes quentes, sendo este processo muito importante para os homeotermos na prevenção da hipertermia.

Nos suínos, o principal meio de perda de calor latente é via evaporação da água, através do aparelho respiratório, pois a perda de calor através da vaporização do suor na pele é insignificante. Isto se deve ao fato do suíno possuir glândulas sudoríparas no focinho e outras poucas espalhadas pelo corpo, totalizando aproximadamente 25 por cm², tendo a maioria delas de função termorregulatórias desprezíveis (BAETA & SOUZA, 1997).

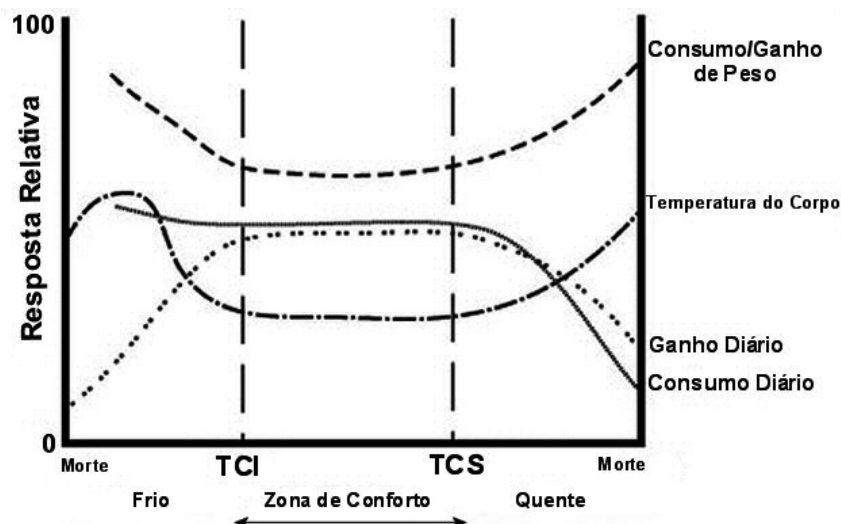
De acordo com ROSENBERG et al. (1983), a perda de calor latente pela respiração é função do metabolismo, uma vez que o aumento na produção de calor metabólico conduz ao aumento na frequência respiratória.

2.3. Zonas de sobrevivência de suínos

Os animais, de modo geral, são caracterizados por distintas zonas de sobrevivência em função de sua espécie, características genéticas, raça, dentre outras. A zona de sobrevivência é constituída pela zona de conforto térmico (ou de termoneutralidade), zona de moderado conforto (ou de variação nula na produção de calor) e zona de homeotermia.

Dentro de determinada faixa de temperatura ambiente, a temperatura corporal mantém-se constante com mínimo de esforço dos mecanismos termorreguladores, sendo esta denominada zona de conforto ou de termoneutralidade. Nesta condição, o animal encontra-se em estado de máximo conforto, apresentando sua máxima eficiência produtiva (HAFEZ, 1973; CURTIS, 1983). O conforto térmico acontece, em geral, quando são asseguradas a temperatura do núcleo basal aceitável do animal, bem como a baixa umidade na superfície da pele e esforço fisiológico de regulação minimizado (ASHRAE, 2001). O limite de frio e calor para a termorregulação dos homeotérmicos é determinado pela capacidade de produção de calor em baixas temperaturas e capacidade de sua dissipação em ambientes quentes, sendo estes delimitados pelas temperaturas críticas inferior (TCI) e superior (TCS) (HANNAS, 1999).

A faixa de temperatura dentro da zona de termoneutralidade para o suíno pode ser influenciada por vários fatores tais como tipo de instalação e de piso (concreto ou cama) utilizados (HOGBERG et al. 2003). Fora da zona de termoneutralidade, o suíno modifica sua resposta fisiológica e comportamental, havendo influência no seu ganho de peso e consumo de alimento (Figura 1).



Fonte: HOGBERG et al, 2003

FIGURA 1. Esquema de respostas fisiológicas de suínos em função do estresse ambiental.

Os mecanismos de dissipação de calor são influenciados não somente pelos fatores climáticos e do ambiente circunvizinho, como também pelos fatores intrínsecos do próprio animal. Estes fatores são relacionados à área da superfície corporal, cor, emissividade da pele, condutividade térmica dos tecidos, fluxo de sangue periférico, vaporização de água pelo pulmão e pele, ingestão de água e alimento, dentre outros.

Segundo EIGENBERG et al. (1995), a avaliação da termorregulação ou da produção, dissipação e armazenamento de calor serve como indicador de bem estar animal com relação a ambientes térmicos.

A temperatura do ar ambiente afeta o desempenho dos suínos. No caso de suínos em crescimento, a faixa de temperatura de 15 a 22 °C constitui a zona de termoneutralidade, proporcionando o máximo de desempenho do animal. Até mesmo em faixas maiores de temperatura, correspondente às temperaturas críticas inferior e superior, de 10 a 25 °C respectivamente, são aceitáveis em relação ao desempenho do suíno (ASHRAE, 2001). A máxima taxa de crescimento, segundo NIENABER (1987), para suínos com peso de 90 Kg é alcançada a uma temperatura de 20 °C. Segundo HOLMES & CLOSE (1977), as

temperaturas críticas superior e inferior devem estar entre 28 e 30 °C e 14 °C e 17 °C, respectivamente, para suínos pesando entre 20 e 100 Kg. De acordo com recomendações do NRC (1981), a taxa de crescimento fica inalterada pelo efeito da temperatura dentro da zona de termoneutralidade.

A taxa de ventilação é de fundamental importância para o conforto térmico animal pois é responsável em manter o balanço de umidade (calor latente) e temperatura (calor sensível). Segundo MASSABIE et al. (2001), qualquer acréscimo de 0,21 m/s na velocidade do ar acima de 0,15 m/s é equivalente a um resfriamento de 1 °C. A taxa de ventilação possibilita a renovação do ar melhorando, assim, a qualidade do ar dentro das instalações.

A escolha do tipo de instalação não deve ser feita baseada somente nestas informações uma vez que existem outros fatores que podem alterar as faixas de temperatura críticas, entre estes podemos citar: o tamanho do grupo na baia, ingestão de alimento e água, manejo animal e tipo de piso.

2.4. Sistema de criação de suínos sobre cama

Segundo HILL (2000), o sistema de cama sobreposta oferece várias vantagens, se comparado ao sistema tradicional de criação, à saber: performance animal similar ao sistema tradicional, maior bem estar animal, sustentabilidade ambiental, marketing diferenciado e custo inicial de investimento reduzido.

Segundo OLIVEIRA (1999), a produção de suínos em sistema de camas sobrepostas constitui alternativa ao sistema tradicional uma vez que os dejetos dos animais, sofrendo compostagem “in situ”, acarretam a redução dos riscos de poluição do ar, da água e do solo, obtendo assim uma melhor valorização agronômica.

A cama pode ser classificada de acordo com sua profundidade, sendo denominada “cama superficial” a que possui profundidade de 0,2 m a 0,4 m e “cama profunda” a que possui profundidade superior a 0,5 m. Normalmente a

designação “cama sobreposta” tem sido adotada para caracterizar o sistema de cama profunda.

A cama, normalmente utilizada, é formada de materiais de grande teor de carbono em sua constituição (palhas, cascas, serragens). Estes sistemas devem proporcionar à cama uma alta relação carbono/nitrogênio (C/N) e uma relação física estrutural ideal para proporcionar um ambiente ótimo para absorção, evaporação e compostagem dos dejetos (HILL & GENTRY, 2000). O tratamento dos dejetos na cama, sendo baseado no processo de compostagem, gera calor, umidade e dióxido de carbono, que são acrescentados ao meio.

A compostagem é um processo de decomposição aeróbia onde a ação e a interação dos microorganismos depende da ocorrência de condições favoráveis, tais como: temperatura, umidade, aeração, pH, tipo de composto orgânico, concentração e tipo de nutrientes disponíveis (TUMELEIRO, 1998 citando PEIXOTO, 1988). Teoricamente, a cama somente poderá manter-se limpa e seca se o processo de compostagem for ativo e produzir calor suficiente para evaporar a água da urina e das fezes (PUUMALA & PYYKKÖNEN, 1997).

O sistema de produção sobre cama realiza compostagem precoce dos dejetos “in situ”, induzindo a uma modificação no fluxo de energia e de gás emitido pelo meio e das exigências climáticas dos animais - troca da zona de termoneutralidade e das condições extremas de sobrevivência (OLIVEIRA, 1999).

Segundo ASHRAE (2001), o piso de cama para suínos em crescimento influencia as faixas de temperaturas críticas. Estes autores encontraram que, para um grupo de 9 suínos com média de peso vivo de 40 Kg, a temperatura crítica foi de 12 a 13 °C em palha e 19 a 20 °C em piso de concreto.

Segundo MATTE (1993), a maioria dos efeitos positivos de instalações com sistema de cama em baias abertas são observados em condições frias (abaixo de 10 °C) devido ao efeito proporcionado pela cama na diminuição da temperatura crítica inferior para suínos em crescimento.

CLARK & ROBERTSON (1984), em pesquisa realizada com suínos em fase de crescimento e terminação, em grupo de 18 animais por baia e velocidade do ar de 0,15 m/s, encontraram que, para suínos com peso vivo de 35 Kg, a

temperatura crítica inferior foi de 15 °C e a temperatura crítica superior foi de 32 °C para suínos criados em sistema com piso concretado e para os animais criados em sistema de piso de cama estas temperaturas foram de 10 e 29 °C, respectivamente. Os mesmos autores encontraram que, para suínos com peso vivo de 85 Kg, a temperatura crítica inferior foi de 13°C e a temperatura crítica superior foi de 32°C para suínos criados em sistema com piso concretado e para os animais criados em sistema de piso de cama estas temperaturas foram de 9 °C e 20 °C, respectivamente

Ocorrendo a compostagem da cama, há produção de calor, fazendo com que o balanço de energia da cama seja positivo (PUUMALA & PYYKKÖNEN, 1997). O calor gerado pela cama é emitido em parte na forma de calor latente sendo a principal responsável pela adição de umidade no ar a partir da evaporação da cama (KOOSTER, 1992).

Na adaptação de edificações destinadas a criação de suínos sobre leito de cama, deve-se considerar as produções de calor geradas pelo binômio “animal+cama”. As necessidades de ventilação e de isolamento das edificações depende das produções de calor e de vapor d’água geradas no sistema (OLIVEIRA, 2000). Segundo OLIVEIRA (1999), a produção específica de calor gerado pela cama é pouco conhecida e sua importância é fundamental para a determinação da taxa de ventilação, otimização da evaporação d’água e do processo de compostagem

Segundo (HEBER et al., 1996), a amônia é um dos gases poluentes mais importantes encontrado em instalações de suínos devido ao fato de, em altos níveis, ser irritante ao sistema respiratório, podendo causar pneumonias e diminuição da taxa de crescimento nos animais. Além disso, a saúde dos trabalhadores, que atuam nas atividades suinícolas, pode ser afetada por altas concentrações de amônia nas instalações (PRELLER, 1995). Em altas concentrações usualmente encontradas em instalações fechadas de animais (>10 ppm), o primeiro impacto da amônia é como irritante dos olhos e das membranas respiratórias, e como um estressor crônico que pode afetar o curso de doenças

infecciosas como também influenciar diretamente o crescimento de animais jovens (CURTIS, 1983).

A amônia (NH_3) é um componente alcalino altamente solúvel em água. Em meio aquoso, a amônia entra em equilíbrio com amônio (NH_4). Em pressão e temperaturas normais, está presente na fase gasosa sendo mais leve que o ar, possuindo densidade de $1,29 \text{ Kg/m}^3$ a 0°C e 1 atm .

Parte do nitrogênio ingerido na dieta pelos suínos é excretada nas fezes e urina. O nitrogênio nas fezes está principalmente presente na forma de proteína enquanto o nitrogênio na urina na forma de uréia. A amônia gerada em instalações de suínos é principalmente formada pela uréia presente na urina (AARNINK, 1997). A volatilização da amônia depende de fatores como concentração, pH, temperatura e velocidade do ar. A volatilização da amônia dos resíduos animais é dependente da área superficial total de emissão ao invés do volume de amônia na solução (AARNINK, 1997). Taxas de emissão de gases variam amplamente entre diferentes instalações e dentro de uma mesma instalação (ZHANG et al. 2002).

A amônia tem odor distinto e é detectado pelo homem em concentração de 5 ppm. Embora seja debatido por peritos de segurança, a concentração de amônia de 25 ppm é freqüentemente citado como nível máximo aceitável em instalações animais.

A concentração máxima de amônia no ar, de acordo com o National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH, 2003), a que podem ser expostos os seres humanos é de 25 ppm (17 mg/m^3) por tempo de exposição de 8 horas, de 35 ppm (24 mg/m^3) por 15 minutos e 50 ppm para exposição de 5 minutos.

Segundo Ontario Ministry of the Environment (2001), revisando e considerando as diretrizes de qualidade do ar e padrões usados pelas agências mundiais, determina o critério de qualidade do ar para a amônia de $100 \mu\text{g/m}^3$ (média de exposição de 24 horas) baseado em efeitos sobre a saúde.

Segundo HAMILTON et al. (1996), é recomendado que os limites máximos de concentrações de amônia para exposição em longos períodos, para suínos, deva ser menores que 20 ppm, sendo que a média de exposição deve

permanecer em torno 10ppm. Em relação às condições patológicas e imunológicas.

A volatilização da amônia em instalações de suínos deve ser reduzida visando a proteção do ambiente e melhoria da qualidade do ar dentro das instalações (AARNINK, 1997). Segundo AARNINK, (1997) em pesquisas realizadas em países europeus, constatou-se que da amônia emitida na produção animal, 37% provem da produção de suínos sendo que deste total 60% é liberado durante e após a propagação dos resíduos no solo, e o restante, 40%, é emitido pelas instalações e métodos de estocagem dos resíduos.

Segundo ASHRAE (2001) a volatilização da amônia pode ser alta durante a fase inicial da compostagem. AARNINK (1997), constatou que a temperatura, especialmente a do resíduo, e a taxa de ventilação são os principais fatores ambientais de emissão de amônia em instalações de suínos.

GROENESTEIN (1992), comparando emissão de amônia em instalações suinícolas fechadas com sistema tradicional com piso concretado e dois sistemas de cama para suínos em crescimento e terminação, não encontrou diferença significativa na quantidade de amônia emitida pelos sistemas de produção estudados.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada com suínos nas fases de crescimento e terminação no período de agosto a novembro de 2002, na Área Experimental da EMBRAPA Suínos e Aves, na cidade de Concórdia, situada no oeste do estado de Santa Catarina, na latitude 27°18' S e longitude 51°59' W, numa altitude de 585 metros. A classificação climática da região, segundo o sistema proposto por Köppem, é do tipo Cfa (clima subtropical úmido), sem estação seca, apresentando inverno frio e verão quente. A temperatura média anual da região é de 18,7° C, sendo janeiro e fevereiro os meses mais quentes, e junho e julho os mais frios.

Para comparação dos índices de conforto térmico, foi adotado um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos (cama de maravalha, cama de casca de arroz e piso de concreto) e nas subparcelas os horários (de 1 a 24), utilizando o delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições (fases).

Na avaliação do desempenho produtivo dos animais o experimento foi montado segundo esquema de parcelas subdivididas, estando os três tratamentos nas parcelas e nas subparcelas as 4 fases de observação no delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições.

As fases corresponderam aos dias de vida médio dos animais, sendo: Fase 1 – 64 a 98 dias de vida (25-50 Kg); Fase 2 – 99 a 126 dias de vida (50-75 Kg); Fase 3 – 127 a 162 dias de vida (75-105 Kg) e Fase 4 – 163 a 186 dias de vida (105-120 Kg).

No experimento foram utilizadas três instalações com dimensões de 12,0 x 10,0 m, com idênticas características construtivas e orientação (leste/oeste), situadas na mesma área e distanciadas 10,0 m umas das outras (FIG. 1). Cada unidade constituiu-se de quatro baias de 30 m² (5 x 6m). As instalações foram construídas por pilares, treliças em aço galvanizado e cobertura com telhas de cimento amianto

com inclinação de 15 %, beiral de 1,5 m e lanternim, possuindo pé direito de 3,25 m. Os fechamentos laterais, com 1,0 m de altura, foram constituídas de placas de concreto vazada ou de grades de ferro.

Em uma das instalações foi implantado o sistema de cama sobreposta com maravalha (tratamento 1), em outra com casca de arroz (tratamento 2), e uma terceira em sistema convencional de piso concretado (tratamento 3).

As camas implantadas foram de 21 m² (4,2 x 5,0m) com 0,5 m de profundidade, sendo o restante da baia constituída por área de piso concretado de 9 m² (1,8 x 5m), onde ficavam localizados os comedouros e bebedouros (FIG. 2). A área de piso de concreto tinha a finalidade de evitar o molhamento e o derramamento de ração no material da cama. A área total útil de cada baia perfazia um total de 1,17 m² de área da cama por suíno. Os materiais utilizados como cama (maravalha e casca de arroz) foram adquiridos novos e inseridos em cada baia das respectivas instalações. Juntamente com estas camas novas foi adicionada e misturada uma pequena quantidade de cama velha visando favorecer o início do processo inicial de compostagem.

A instalação do tratamento 3 (FIG. 3) era constituída de piso de concreto, com uma vala de piso ripado, cuja finalidade era a de acumular e carrear os dejetos líquidos para uma esterqueira localizada ao lado desta. A esterqueira era impermeabilizada com lona plástica, tinha volume total de 56 m³ (7,0 x 4,0 x 2,0m) e recebia toda a carga de dejeções desta instalação. A área total útil da baia era de 1,66 m² por suíno.



FIGURA 1 – Vista parcial das instalações.



FIGURA 2 – Vista interna das instalações com cama sobreposta



FIGURA 3 – Vista interna da instalação com piso de concreto.

Nas Figuras 4, 5, 6 e 7 são apresentados os cortes laterais e plantas baixas das instalações usadas no experimento.

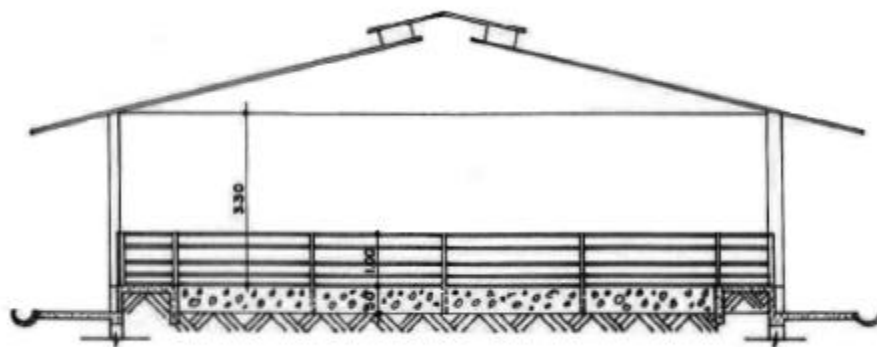


FIGURA 4 – Corte lateral da instalação com sistema de cama sobreposta

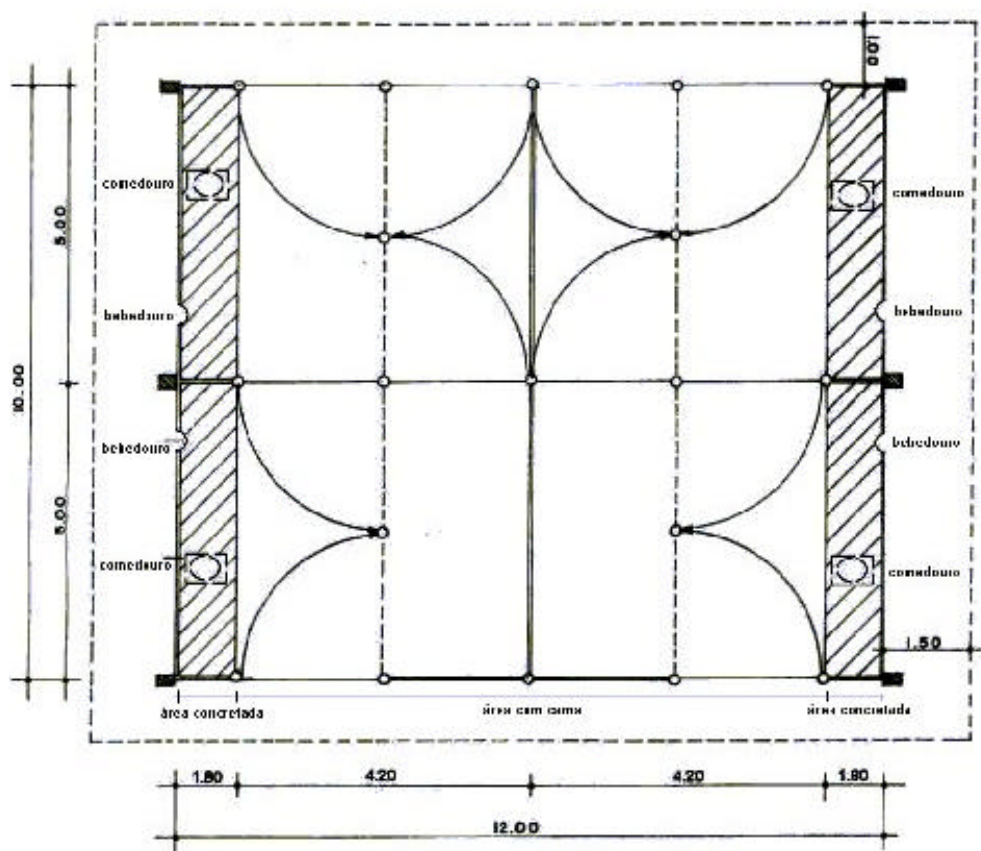


FIGURA 5 – Planta baixa da instalação com sistema de cama sobreposta

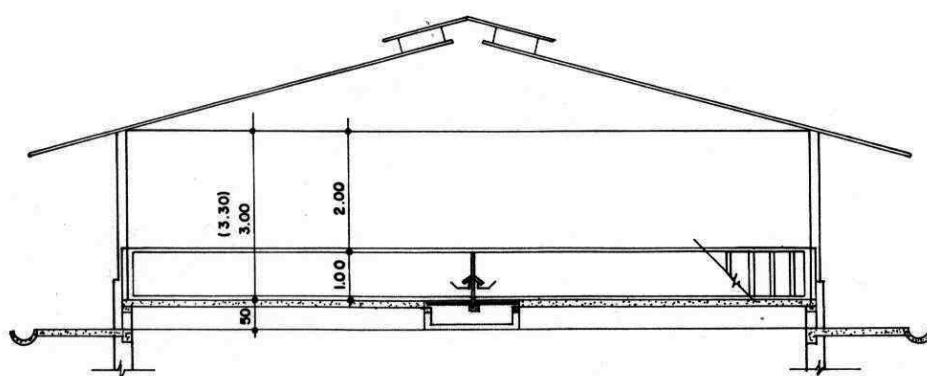


FIGURA 6 – Corte lateral da instalação com sistema piso concretado.

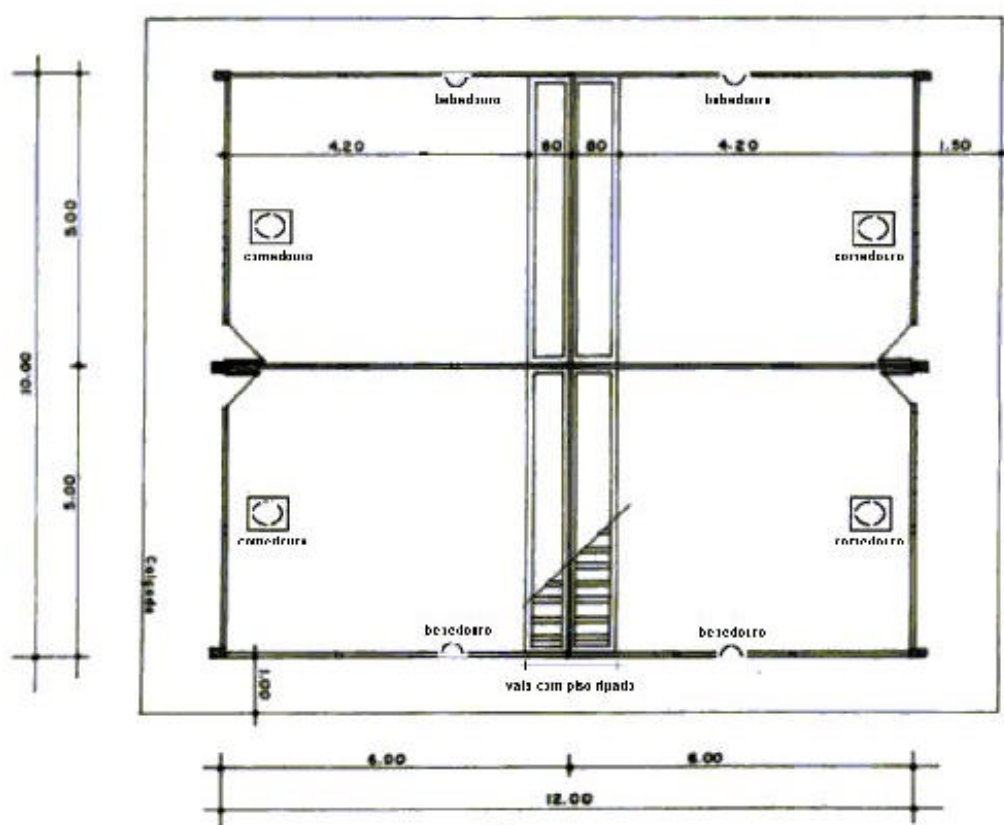


FIGURA 7 – Planta baixa da instalação com sistema piso concretado.

Cada baia das instalações foi equipada com 1 comedouro e 1 bebedouro. O comedouro possuía capacidade de armazenamento de 80 Kg de ração, cocho com plataforma (mesa) em ferro fundido, com silo em polietileno, válvula umedecedora de ração, regulador de vazão e colunas e suportes de sustentação em aço galvanizado. O comedouro permitia ao animal escolher entre o arraçoamento seco ou úmido. O bebedouro era do tipo taça, com corpo em polietileno, borda em ferro fundido, tubo galvanizado com rosca de ½", válvula em latão laminado e filtro regulador de vazão, o qual evitava o desperdício e o transbordamento de água.

Para caracterizar o ambiente térmico foram determinadas as temperaturas de globo negro, bulbo seco e bulbo úmido bem como a velocidade do ar no interior das instalações. As medições foram realizadas a uma altura de 0,4 m do piso em dois pontos distintos das instalações, durante todo o período experimental. Os sensores foram dispostos em dois grupos, protegidos por uma gaiola de arame, conforme esquematizado na Figura 8.

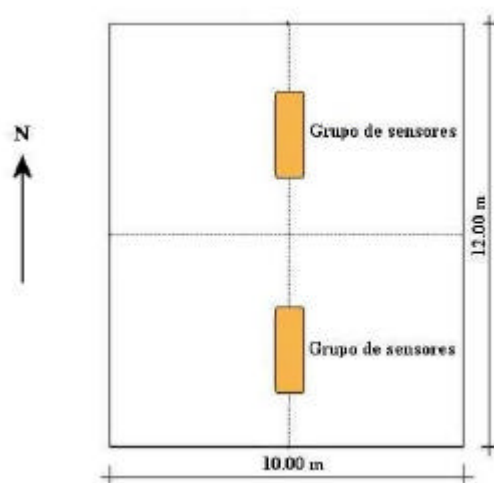


FIGURA 8 – Esquema da disposição dos grupos de sensores em cada instalação.

Para as medidas de temperatura de bulbo seco e úmido foi montado um psicrômetro aspirado utilizando filtro de ar e um ventilador com velocidade constante. A utilização do filtro de ar deveu-se ao fato de os locais de medidas de ar possuírem elevada quantidade de poeira em suspensão provocada pelo revolvimento das camas pelos próprios animais.

Para as medidas de temperatura de globo negro, bulbo seco e bulbo úmido foram utilizados como sensores termopares tipo T (cobre/constantan). As extremidades foram soldadas e isoladas com borracha de silicone acético.

Para a determinação das velocidades do ar foram utilizados anemômetros de fio quente FMA-900-V, 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.

Para a coleta dos dados de temperatura e velocidade do ar, foi utilizado um sistema de aquisição automatizado, composto por um módulo de medição e controle (datalogger), modelo CR10X, e um multiplexador, modelo AM25T, marca Campbell (FIG 9). O módulo de medição e controle possuía 6 entradas analógicas diferenciais, memória de 128 Kb, com capacidade para armazenar aproximadamente 60.000 dados numéricos. O multiplexador, controlado pelo módulo de medição e controle, possuía 25 entradas analógicas diferenciais para termopares.

A programação do sistema de aquisição de dados foi feita utilizando-se o software SCWIN de construção de programas de aquisição de dados. Para a transferência da programação de aquisição e dos dados armazenados, foi utilizado um software PC200W, de comunicação direta PC/CR10X.

O sistema de aquisição de dados foi programado para armazenar as leituras dos sensores de temperatura de bulbo seco, bulbo úmido, globo negro e de velocidade do ar em intervalos de 10 minutos.

Os dados ambientais do exterior das instalações foram adquiridos pela estação meteorológica automática localizada na própria área experimental e distanciada de 100 m das instalações.



FIGURA 9 - Sistema de aquisição de dados utilizado no experimento

Foram realizadas medições da temperatura de superfície dos pisos em cinco pontos distintos em cada baia, durante três dias da semana, em todo o período experimental, utilizando-se um sensor infravermelho de leitura direta.

No experimento foram utilizados 216 animais originados das granjas da EMBRAPA Suínos e Aves, da raça Landrace X Large White, dos dois sexos. Eles foram submetidos a um período prévio de aclimatização, recebendo idêntico tratamento e manejo alimentar. Os animais foram separados em lotes uniformes de 72 por instalação, sendo 18 por baia, com peso inicial médio de 25 kg por animal e idade média de 64 dias.

As dietas fornecidas aos animais foram formuladas com base em exigências nutricionais para as fases de crescimento e terminação, estabelecidas pelo pesquisador responsável em nutrição animal, da EMBRAPA – Suínos e Aves, e elas estão apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1 – Níveis nutricionais nas dietas experimentais de crescimento e terminação

Parâmetro	Nível Nutricional			
	20 – 50 Kg	50 – 75 Kg	75 – 107 Kg	107 – 135 Kg
Energia Metabolizável Kcal/kg	3300,000	3300,000	3300,000	3300,000
Proteína Bruta	18,600	16,900	15,200	13,500
Fibra Bruta	3,060	2,92	2,750	2,590
Cálcio	0,600	0,500	0,450	0,300
Fósforo Total	0,450	0,410	0,360	0,300
Fósforo Disponível	0,230	0,190	0,150	0,100
Sódio	0,100	0,100	0,100	0,065
Lisina Total	1,150	1,000	0,910	0,830
Metionina	0,300	0,290	0,290	0,260
Metionina+Cistina	0,620	0,600	0,570	0,520
Triptofano	0,230	0,200	0,170	0,160
Treonina	0,710	0,670	0,620	0,570
Arginina	1,230	1,100	0,960	0,830
Fenilalanina+Tirosina	1,900	1,440	1,280	1,130
Isoleucina Total	0,780	0,710	0,630	0,550
Extrato Etéreo	4,160	3,920	3,780	3,340
Arginina Digestível	1,090	0,970	0,850	0,720
Histidina Digestível	0,420	0,390	0,350	0,310
Isoleucina Digestível	0,650	0,590	0,520	0,450
Leucina Digestível	1,410	1,310	1,210	1,110
Lisina Digestível	0,900	0,840	0,760	0,690
Metionina Digestível	0,260	0,260	0,250	0,230
Metionina+Cistina Digestível	0,510	0,490	0,470	0,430
Fenilalanina+Tirosina Digestível	1,320	1,220	1,090	0,960
Treonina Digestível	0,540	0,510	0,480	0,440
Triptofano Digestível	0,170	0,160	0,130	0,120
Valina Digestível	0,700	0,640	0,570	0,510

Com os dados de temperatura de globo negro, de bulbo seco e bulbo úmido e velocidade do ar, foram calculados: índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), carga térmica radiante (CTR) e umidade relativa (UR).

A temperatura do ar é provavelmente, o fator bioclimático mais importante que influencia o ambiente físico do animal. No entanto, apenas a temperatura do ar não é suficiente para avaliar as condições ambientais; para isto, devemos acrescentar a esta outras variáveis ambientais.

Vários índices têm sido estabelecidos com o objetivo de expressar o conforto do animal em relação a dado ambiente. Índices ambientais, combinando dois ou mais parâmetros, descreve a condição térmica e o estresse imposto pelo ambiente ao animal (ASHRAE, 2001).

O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), proposto por BUFFINGTON et al. (1981), considera em um único valor os efeitos da temperatura de bulbo seco, da umidade relativa, da radiação e da velocidade do ar. O ITGU é um indicador de conforto que inclui a carga de calor radiante em condições de clima quente (OLIVEIRA & ESMAY, 1982). Este índice pode ser obtido com a seguinte expressão:

$$ITGU = T_{gn} + 0,36T_{po} - 330,08 \quad \text{eq.1}$$

em que:

ITGU = índice de temperatura de globo negro e umidade;

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

T_{po} = temperatura do ponto de orvalho, K.

A temperatura de globo negro é obtida a partir de uma esfera oca, de cobre, com 0,15 m de diâmetro e 0,0005 m de espessura, pintada externamente com tinta preta fosca, contendo o elemento sensor de temperatura em seu centro.

A temperatura do ponto de orvalho (T_{po}) pode ser calculada por meio do método analítico descrito por ZOLNIER (1994), de acordo com a seguinte expressão:

$$T_{po} = [(186,4905 - 237,3 \log_{10} e) / (\log_{10} e - 8,2859)] \quad \text{eq.2}$$

em que:

T_{po} = temperatura do ponto de orvalho, em °C; e
 e = pressão real de vapor d'água, em hPa.

A pressão real de vapor d'água, por sua vez, pode ser calculada por meio da seguinte equação:

$$e = e_{su} - AP(T_{bs} - T_{bu}) \quad \text{eq.3}$$

em que:

e = pressão real de vapor d'água na atmosfera, em hPa;
 e_{su} = pressão de saturação do vapor d'água à temperatura de bulbo úmido, em hPa, sendo calculada pela equação 4;
 A = constante do psicrômetro;
 P = pressão atmosférica local, em hPa;
 T_{bs} = temperatura de bulbo seco, em °C; e
 T_{bu} = temperatura de bulbo úmido, em °C.

$$e_{su} = 6,1078 \times 10^{[(7,5 T_{bu}) / (237,3 + T_{bu})]} \quad \text{eq.4}$$

A carga térmica radiante (CTR) que, em condições de regime permanente, expressa a radiação total recebida por animal, pode ser determinada, segundo ESMAY (1974), pela equação de Stefan-Boltzmann:

$$CTR = \sigma(TRM)^4 \quad \text{eq.5}$$

em que:

CTR = carga térmica radiante, $W.m^{-2}$;
 σ = constante de Stefan-Boltzmann, $5,67 \times 10^{-8} W.m^{-2}.K^{-4}$; e
 TRM = temperatura radiante média, K.

A temperatura radiante média (TRM) é a temperatura de uma circunvizinhança, considerada uniformemente negra, de modo a eliminar o efeito de reflexão, com a qual um corpo (globo negro) troca tanta energia quanto à do ambiente atual considerado (BOND e KELLY, 1955). A TRM pode ser determinada com o uso da equação apresentada a seguir:

$$TRM = 100\sqrt[4]{2,51.\sqrt{v}.(T_{gn} - T_{bs}) + (T_{gn}/100)^4} \quad \text{eq.6}$$

em que:

v = velocidade do ar (m.s^{-1});

T_{gn} = temperatura do globo negro, em K; e

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

A umidade relativa do ar é um fator climático que auxilia na determinação do conforto térmico ambiente e pode ser expressa pela seguinte equação:

$$UR = (e/e_s) \times 100 \quad \text{eq.7}$$

em que:

UR = umidade relativa do ar, em %

e = pressão real de vapor d'água na atmosfera, em hPa; e

e_s = pressão de saturação do vapor d'água, em hPa.

Para quantificar a emissão de amônia foram feitas medições de concentração instantâneas (ppm) a 0,10 m do piso, correspondente ao nível médio do dorso dos animais (focinho do suíno). As medições foram realizadas em dois horários (9:00 e 14:00 hs), em períodos semanais, durante o período experimental. Para a coleta de dados foi utilizado um detector eletroquímico portátil de leitura direta da marca Crowcon com faixa de leitura de 0 – 50 ppm, temperatura de operação de –20 a 50 °C e umidade de 0 a 95 %.

Os índices zootécnicos são utilizados para avaliar o desempenho dos suínos. Os índices zootécnicos usualmente utilizados são:

- Peso vivo médio (PVM), que é a relação entre o peso total de parte ou da totalidade do lote e o número de suínos considerados.
- Ganho de peso (GP), que é a diferença entre o peso vivo final e o peso vivo inicial dos suínos, em um determinado período.
- Consumo de ração (CR), que é a quantidade de ração consumida em determinado período.
- Conversão alimentar (CA), que é a relação entre a quantidade de ração consumida e o ganho de peso correspondente.

Foram realizadas cinco pesagens dos animais, sendo uma no início, outra no final, e três intermediárias aos 99, 127 e 162 dias de idade.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. Para o fator qualitativo, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey adotando-se o nível de 5 % de probabilidade. Para o fator quantitativo, os modelos foram escolhidos baseado nas significâncias dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t, adotando-se o nível de até 5 % de probabilidade no coeficiente de determinação e no fenômeno em estudo.

Independente da interação Tratamento X Horas X Fase para os índices e Tratamento X Fase para desempenho, ser ou não significativa, foi feito o desdobramento das interações devido ao interesse em estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação do ambiente térmico

Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios observados da temperatura do ar (Tar), em °C e onde se pode verificar que, de uma forma geral, as temperaturas mais baixas foram alcançadas na primeira fase, aumentando gradativamente até a quarta fase. Os valores encontrados nesta pesquisa, para a temperatura do ar, nas fases 1, 2, e 3, situaram-se no intervalo aceitável, correspondentes às temperaturas críticas inferior e superior, em relação ao desempenho dos suínos nas fases de crescimento e terminação, de 10 a 25 °C, segundo ASHRAE (2001), NIENABER (1987) e NICHOLS et al. (1982). Na fase 4, nos horários de 13:00 à 20:00, a temperatura do ar atingiu valores superiores ao recomendável para o conforto térmico dos animais.

Podemos observar que, não houve diferença significativa ($P>0,05$) entre os valores de temperatura do ar para os tratamentos, para a maioria dos horários e fases de observação sendo que, somente na fase 1, nos horários de 11:00 e 16:00, e na fase 3, nos horários de 13:00 e 16:00, a cama de maravalha (T1) apresentou os menores valores.

TABELA 2 – Valores médios da temperatura do ar (Tar), em °C, para os tratamentos: cama de maravalha (T1), cama de casca de arroz (T2) e piso de concreto (T3), nas respectivas fases de observação em função da hora do dia

Hora	Fase 1			Fase 2			Fase 3			Fase 4		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
00:00	16,1a	16,2a	16,3a	20,2a	19,3a	19,4a	19,2a	19,3a	19,2a	22,3a	22,1a	22,1a
01:00	16,0a	16,0a	16,2a	19,2a	18,4a	18,4a	19,0a	19,0a	19,0a	22,1a	21,3a	21,4a
02:00	15,4a	15,4a	16,1a	19,0a	18,1a	18,1a	18,4a	18,3a	18,3a	21,4a	21,1a	21,1a
03:00	15,3a	15,3a	16,0a	18,3a	17,4a	17,4a	18,2a	18,1a	18,1a	21,1a	20,3a	20,4a
04:00	15,3a	15,2a	15,4a	18,0a	17,1a	17,1a	18,1a	18,0a	18,0a	20,4a	20,1a	20,2a
05:00	15,1a	15,0a	15,3a	17,2a	16,4a	16,4a	17,4a	17,3a	17,3a	20,2a	19,4a	20,1a
06:00	15,0a	14,4a	15,2a	17,0a	16,2a	16,1a	17,3a	17,2a	17,2a	20,1a	19,3a	19,4a
07:00	15,0a	14,3a	15,1a	16,2a	16,1a	16,0a	17,1a	17,1a	17,0a	19,4a	19,3a	19,2a
08:00	14,2a	14,1a	14,2a	16,0a	16,3a	15,3a	17,2a	17,3a	17,1a	20,2a	20,3a	20,0a
09:00	13,4a	14,0a	13,4a	16,3a	17,0a	16,2a	18,1a	18,2a	18,1a	22,0a	22,2a	22,0a
10:00	13,4a	14,1a	14,0a	17,1a	18,0a	17,2a	18,3a	19,1a	18,4a	23,1a	23,4a	23,1a
11:00	14,1b	15,1a	14,4ab	18,2a	19,1a	18,3a	19,1b	20,1a	19,3ab	23,4a	24,3a	24,0a
12:00	15,2a	16,1a	16,0a	19,4a	20,2a	20,0a	20,4a	21,3a	21,1a	24,4a	25,3a	25,0a
13:00	16,4a	17,1a	17,0a	20,4a	21,3a	21,1a	21,4b	22,4a	22,2ab	26,1a	26,2a	26,1a
14:00	17,3a	18,1a	18,0a	22,0a	22,4a	22,2a	22,4a	23,3a	23,3a	27,0a	27,1a	26,4a
15:00	18,2a	19,0a	19,0a	23,1a	23,4a	23,3a	23,3a	24,2a	24,1a	27,2a	27,3a	27,1a
16:00	18,4b	19,3a	19,3ab	23,4a	24,3a	24,1a	24,1b	25,0a	24,4ab	27,4a	28,0a	27,2a
17:00	19,2a	19,4a	20,0a	24,2a	25,0a	24,3a	25,0a	25,3a	25,3a	28,0a	27,3a	27,3a
18:00	19,2a	19,3a	20,0a	25,0a	25,1a	25,0a	25,1a	25,3a	25,4a	27,1a	27,0a	27,0a
19:00	19,2a	18,4a	19,2a	25,2a	24,3a	24,3a	25,2a	25,2a	25,4a	26,4a	26,2a	26,4a
20:00	18,1a	17,3a	18,1a	23,4a	23,1a	23,1a	25,1a	24,2a	24,3a	26,2a	25,3a	25,4a
21:00	16,3a	16,1a	16,4a	22,0a	22,0a	21,3a	23,1a	22,4a	23,0a	24,4a	24,1a	24,1a
22:00	15,4a	15,1a	15,4a	21,0a	21,0a	20,3a	21,4a	21,2a	21,3a	23,3a	23,1a	23,1a
23:00	14,2a	14,2a	14,2a	20,1a	20,0a	19,9a	20,3a	20,2a	20,2a	23,0a	22,1a	22,3a

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

Com base nos resultados experimentais, foram obtidas as equações de regressão, em função da hora do dia, na fase 1, para cada tratamento (TABELA 3).

TABELA 3 – Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2), referentes aos dados de temperatura do ar (Tar), em função da hora do dia, para a fase 1, nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Equação ajustada	R^2
maravalha	$Tar = 0,0182H^3 - 0,1639H^2 + 0,1742H + 16,052$	0,89
cama de casca de arroz	$Tar = 0,0083H^3 - 0,0146H^2 - 0,5178H + 16,56$	0,89
piso de concreto	$Tar = 0,0171H^3 - 0,1384H^2 + 0,0121H + 16,561$	0,88

Na Figura 10 podemos visualizar os resultados observados e estimados pelas equações de regressão, para os tratamentos, em função da hora do dia para a fase 1.

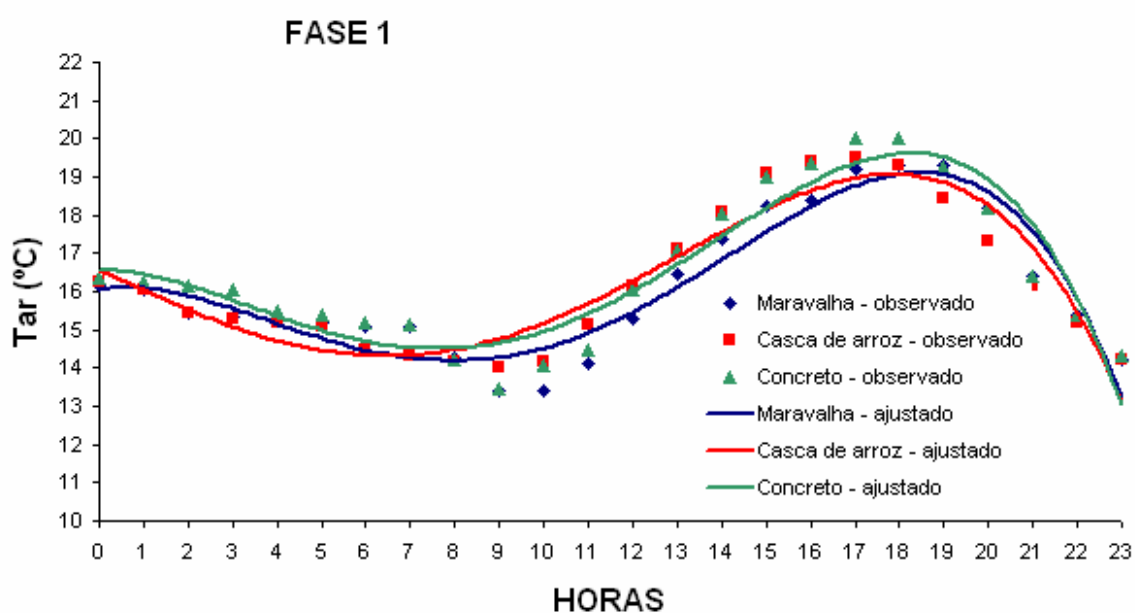


FIGURA 10 – Visualização gráfica da temperatura do ar (Tar) em função da hora do dia, para os respectivos tratamentos.

Com base nos resultados experimentais, foram obtidas as equações de regressão, em função da hora do dia, na fase 2, para cada tratamento (TABELA 4).

TABELA 4 – Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2), referentes aos dados de temperatura do ar (Tar), em função da hora do dia, para a fase 2, nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Equação ajustada	R^2
maravalha	$Tar = 0,012H^3 - 0,0192H^2 - 0,8654H + 20,487$	0,95
cama de casca de arroz	$Tar = 0,0027H^3 + 0,1102H^2 - 1,2967H + 19,832$	0,96
piso de concreto	$Tar = 0,0051H^3 + 0,0848H^2 - 1,2829H + 19,933$	0,95

Na Figura 11 podemos visualizar os resultados observados e estimados pelas equações de regressão, para os tratamentos, em função da hora do dia para a fase 2

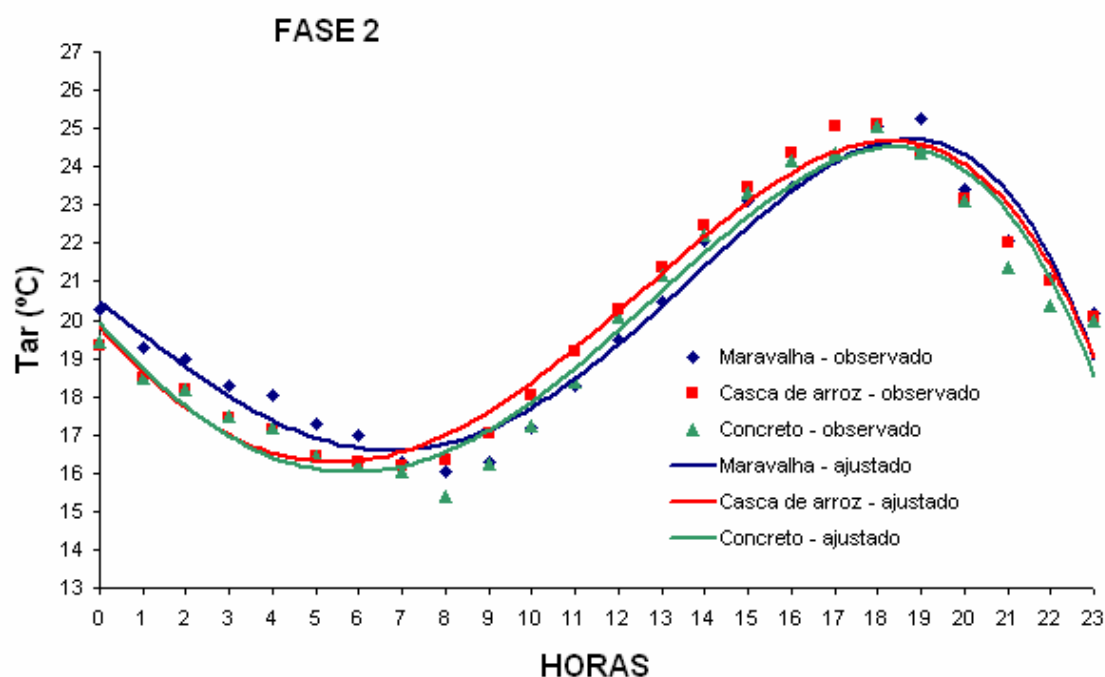


FIGURA 11 – Visualização gráfica da temperatura do ar (Tar) em função da hora do dia, para os respectivos tratamentos na fase 2.

Com base nos resultados experimentais, foram obtidas as equações de regressão, em função da hora do dia, na fase 3, para cada tratamento (TABELA 5).

TABELA 5 – Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2), referentes aos dados de temperatura do ar (Tar), em função da hora do dia, para a fase 3, nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Equação ajustada	R^2
maravalha	$Tar = 0,0122H^3 - 0,0451H^2 - 0,445H + 19,503$	0,98
cama de casca de arroz	$Tar = 0,004H^3 + 0,0778H^2 - 0,9751H + 19,831$	0,97
piso de concreto	$Tar = 0,0079H^3 + 0,0256H^2 - 0,7816H + 19,695$	0,97

Na Figura 12 podemos visualizar os resultados observados e estimados pelas equações de regressão, para os tratamentos, em função da hora do dia para a fase 3

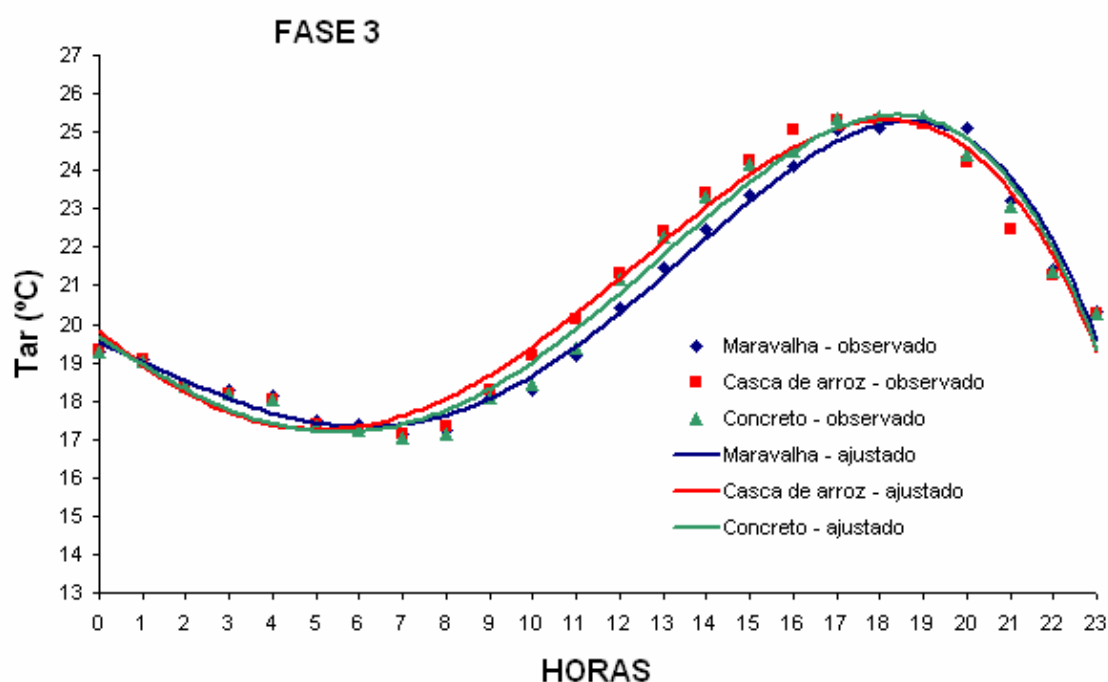


FIGURA 12 – Visualização gráfica da temperatura do ar (Tar) em função da hora do dia, para os respectivos tratamentos na fase 3.

Com base nos resultados experimentais, foram obtidas as equações de regressão, em função da hora do dia, na fase 4, para cada tratamento (TABELA 6).

TABELA 6 – Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2), referentes aos dados de temperatura do ar (Tar), em função da hora do dia, para a fase 4, nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Equação ajustada	R^2
maravalha	$Tar = 0,0072H^3 + 0,2312H^2 - 1,6322H + 23,272$	0,94
cama de casca de arroz	$Tar = 0,0141H^3 + 0,3313H^2 - 2,0249H + 23,014$	0,95
piso de concreto	$Tar = 0,0107H^3 + 0,2798H^2 - 1,8069H + 22,967$	0,95

Na Figura 13 podemos visualizar os resultados observados e estimados pelas equações de regressão, para os tratamentos, em função da hora do dia para a fase 4

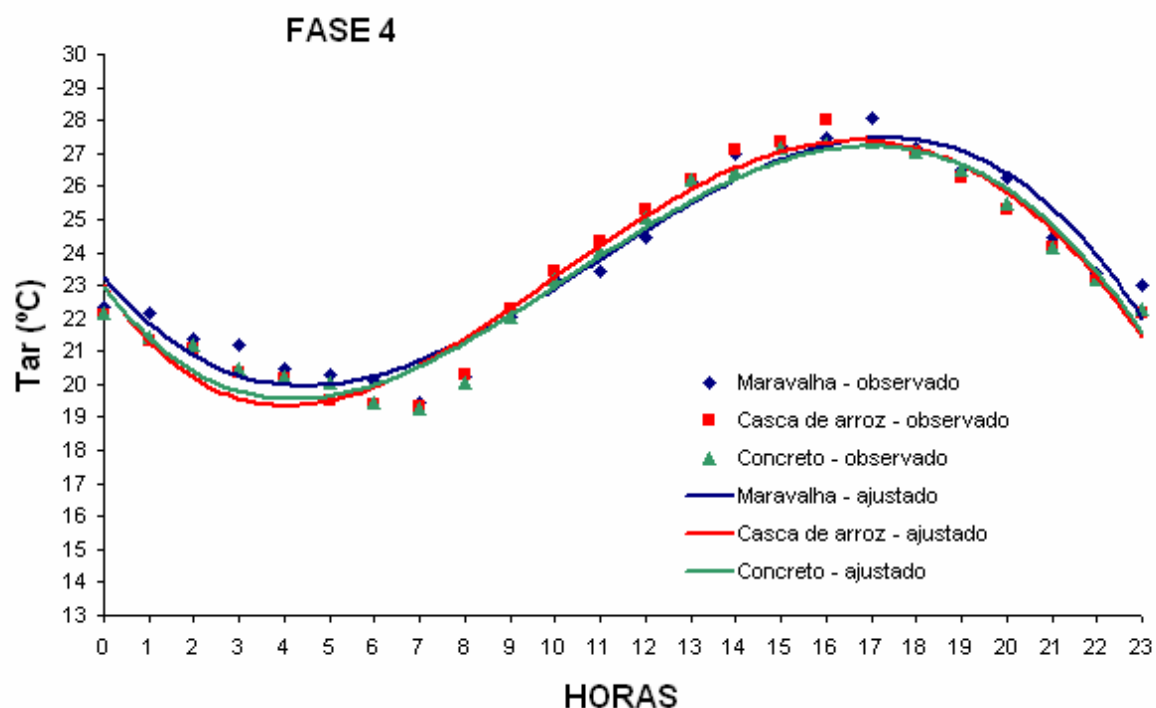


FIGURA 13 – Visualização gráfica da temperatura do ar (Tar) em função da hora do dia, para os respectivos tratamentos na fase 4.

Na Tabela 7 estão apresentados os valores médios observados da umidade relativa do ar (UR), em %, e onde se pode verificar que os tratamentos de cama de maravalha e casca de arroz obtiveram os maiores valores de umidade relativa em relação ao tratamento de piso de concreto nas fases 1 e 2. Isto ocorreu, provavelmente, ao processo inicial de compostagem sofrido pelas camas, no qual a evaporação de água é maior neste estágio.

Observa-se que, na fase 3, os valores de umidade relativa do ar do tratamento da cama de maravalha continua com valores altos, sendo que a cama de casca de arroz começa a apresentar valores similares ao tratamento de piso de concreto, sendo que na fase 4 os tratamentos com cama de maravalha e casca de arroz apresentam, em vários horários, valores inferiores de umidade relativa em relação ao tratamento de piso de concreto. Tal decréscimo nos valores de umidade relativa nos tratamentos deveu-se, provavelmente, à estabilização do processo de compostagem e normalização do processo de evaporação de água.

Os valores médios de UR observados na fase 1, nos horários mais quentes (13:00 a 18:00), para todos os tratamentos, ficaram situados numa faixa abaixo do valor máximo, recomendada por ESMAY (1982) e NÄÄS et al. (1995), de 70%. Em todos os demais horários, os valores ficaram superiores à faixa máxima recomendada de umidade relativa. Na fase 2, nos horários mais quentes (12:00 a 18:00), somente o tratamento de piso de concreto esteve abaixo da faixa máxima e o tratamento com casca de arroz somente em dois horários (16:00 e 17:00). Na fase 3, somente os tratamentos de piso de concreto e casca de arroz obtiveram os valores de umidade relativa abaixo do 70% máximo recomendável, nos horários mais quentes do dia (13:00 a 18:00). Na fase 4, todos os tratamentos ficaram com os valores de umidade relativa acima do valor máximo recomendando de 70%.

TABELA 7 – Valores médios da umidade relativa do ar (UR), em %, para os tratamentos: cama de maravalha (T1), cama de casca de arroz (T2) e piso de concreto (T3), nas respectivas fases de observação em função da hora do dia

Hora	Fase 1			Fase 2			Fase 3			Fase 4		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
00:00	77,3a	75,4b	71,2c	88,1b	91,3a	80,4c	91,2a	89,2b	87,4c	88,1b	91,0a	87,4b
01:00	76,2a	75,3a	70,3b	89,1b	93,0a	84,0c	91,0a	88,2b	87,4b	88,2b	92,4a	89,0b
02:00	76,1a	75,2a	70,3b	90,0b	93,4a	86,0c	91,3a	90,4a	88,4b	89,1b	91,7a	90,0b
03:00	75,2a	74,4a	69,2b	91,2b	95,1a	87,3c	92,2a	92,0a	90,1b	89,4b	91,4a	91,0a
04:00	76,0a	75,4a	69,4b	92,3b	96,2a	89,3c	93,2a	92,4a	91,1b	91,0b	92,3a	91,2b
05:00	77,0a	76,3a	71,4b	93,3b	95,4a	90,2c	94,0a	93,3a	91,3b	91,3b	94,2a	92,2b
06:00	78,3a	78,0a	74,8b	93,4b	95,1a	91,0c	94,3a	94,4a	92,1b	92,2b	93,4a	93,6a
07:00	81,4b	83,4a	80,0c	93,3a	93,4a	90,3b	93,0a	93,1a	92,0b	92,0b	93,0a	92,0ab
08:00	87,3b	89,0a	86,1c	91,3a	88,0b	87,1b	91,8a	89,2b	89,2b	90,0a	89,4a	90,2a
09:00	86,2a	84,0c	85,1b	89,2a	87,1b	85,0c	90,2a	86,1b	85,3b	86,2b	85,0c	88,1a
10:00	85,2a	78,4c	80,3b	86,2a	83,3b	78,3c	87,2a	79,3c	81,2b	82,1b	84,1a	84,2a
11:00	80,1a	70,0b	69,3b	82,5a	80,2b	70,0c	83,1a	72,0c	75,3b	77,0b	74,4c	81,0a
12:00	71,4a	70,0b	63,0c	80,4a	76,2b	66,3c	80,0a	69,1c	71,2b	73,0b	71,0c	79,1a
13:00	66,3b	68,0a	58,4c	78,1a	77,4a	62,2b	76,4a	66,0c	68,1b	71,3b	71,2b	78,1a
14:00	64,0a	61,0b	56,0c	76,1b	79,2a	60,2c	74,1a	64,3b	65,2b	70,4b	72,0a	72,3a
15:00	65,2a	61,1b	55,1c	75,0a	73,6b	61,2c	73,1a	68,1b	64,1c	70,4a	71,2a	71,1a
16:00	65,0a	63,0b	58,4c	74,2a	68,1b	61,1c	72,0a	67,3b	64,1c	70,0c	71,4b	73,4a
17:00	64,4b	66,1a	61,2c	74,4a	68,1b	61,2c	72,0a	67,1b	65,2c	72,4b	76,2a	73,3b
18:00	67,1b	69,3a	63,4c	79,1a	78,2a	68,1b	72,3a	68,3b	69,0b	75,2b	78,4a	79,1a
19:00	73,0b	78,2a	69,0c	84,3a	85,3a	74,4b	77,0a	76,3a	75,3b	77,3c	82,3a	80,3b
20:00	77,3b	83,3a	73,0c	86,3a	87,2a	77,2b	85,0a	85,0a	81,4b	82,2b	86,1a	82,1b
21:00	79,2b	84,1a	75,2c	86,3a	85,2b	77,2c	87,2a	87,2a	83,2b	84,3b	88,3a	83,3c
22:00	82,3b	87,4a	79,2c	87,0a	86,0b	78,1c	88,3a	88,3a	85,0b	85,1b	88,1a	83,4c
23:00	85,0a	85,4a	80,0b	87,4a	86,4b	79,2c	89,1a	89,2a	85,3b	86,1b	92,2a	85,4b

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

Com base nos resultados experimentais, foram obtidas as equações de regressão, em função da hora do dia, na fase 1, para cada tratamento (TABELA 8).

TABELA 8 – Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2), referentes aos dados de umidade relativa do ar (UR), em função da hora do dia, para a fase 1, nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Equação ajustada	R^2
maravalha	$UR = 0,026H^3 + 0,0361H^2 + 1,6437H + 74,058$	0,63
cama de casca de arroz	$UR = 0,6102H^2 + 4,4554H + 70,986$	0,62
piso de concreto	$UR = 0,0016H^3 - 0,3792H^2 + 4,0086H + 66,029$	0,63

Na Figura 14 podemos visualizar os resultados observados e estimados pelas equações de regressão, para os tratamentos, em função da hora do dia para a fase 1

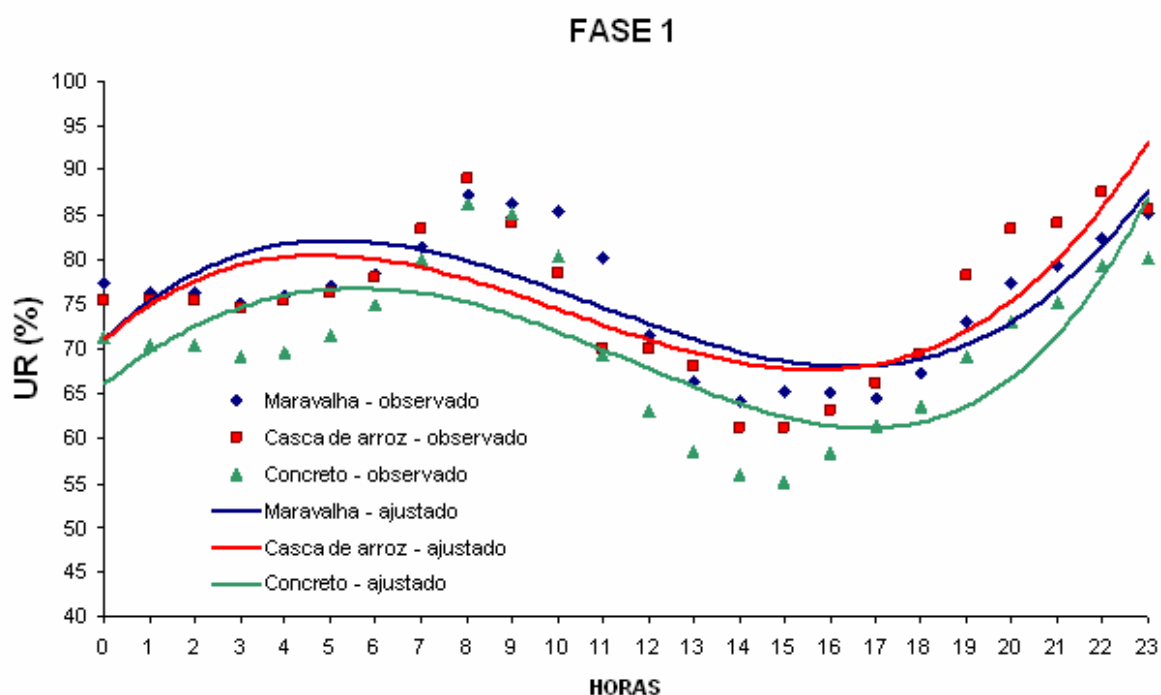


FIGURA 14 – Visualização gráfica da umidade relativa do ar (UR) em função da hora do dia, para os respectivos tratamentos, na fase 1

Com base nos resultados experimentais, foram obtidas as equações de regressão, em função da hora do dia, na fase 2, para cada tratamento (TABELA 9).

TABELA 9 – Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2), referentes aos dados umidade relativa do ar (UR), em função da hora do dia, para a fase 2, nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Equação ajustada	R^2
maravalha	$UR = 0,0505H^3 - 0,9914H^2 + 5,5787H + 84,943$	0,86
cama de casca de arroz	$UR = 0,0718H^3 - 1,2786H^2 + 6,2159H + 88,456$	0,85
piso de concreto	$UR = 0,1022H^3 - 1,9017H^2 + 10,404H + 75,624$	0,88

Na Figura 15 podemos visualizar os resultados observados e estimados pelas equações de regressão, para os tratamentos, em função da hora do dia para a fase 2

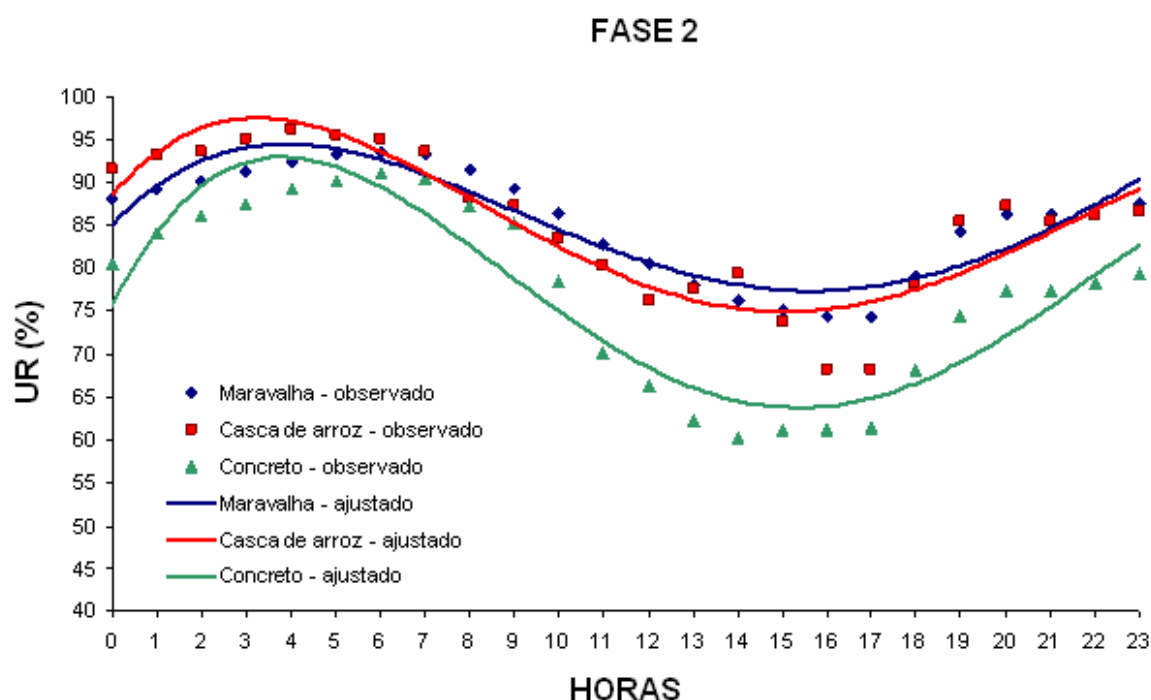


FIGURA 15 – Visualização gráfica da umidade relativa do ar (UR) em função da hora do dia, para os respectivos tratamentos, na fase 2.

Com base nos resultados experimentais, foram obtidas as equações de regressão, em função da hora do dia, na fase 3, para cada tratamento (TABELA 10).

TABELA 10 – Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2), referentes aos dados de umidade relativa do ar (UR), em função da hora do dia, para a fase 3, nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Equação ajustada	R^2
Maravalha	$UR = 0,0248H^3 - 0,6786H^2 + 4,0994H + 88,065$	0,89
cama de casca de arroz	$UR = 0,0863H^3 - 1,613H^2 + 8,2438H + 83,572$	0,89
piso de concreto	$UR = 0,0656H^3 - 1,3239H^2 + 7,169H + 82,553$	0,89

Na Figura 16 podemos visualizar os resultados observados e estimados pelas equações de regressão, para os tratamentos, em função da hora do dia para a fase 3

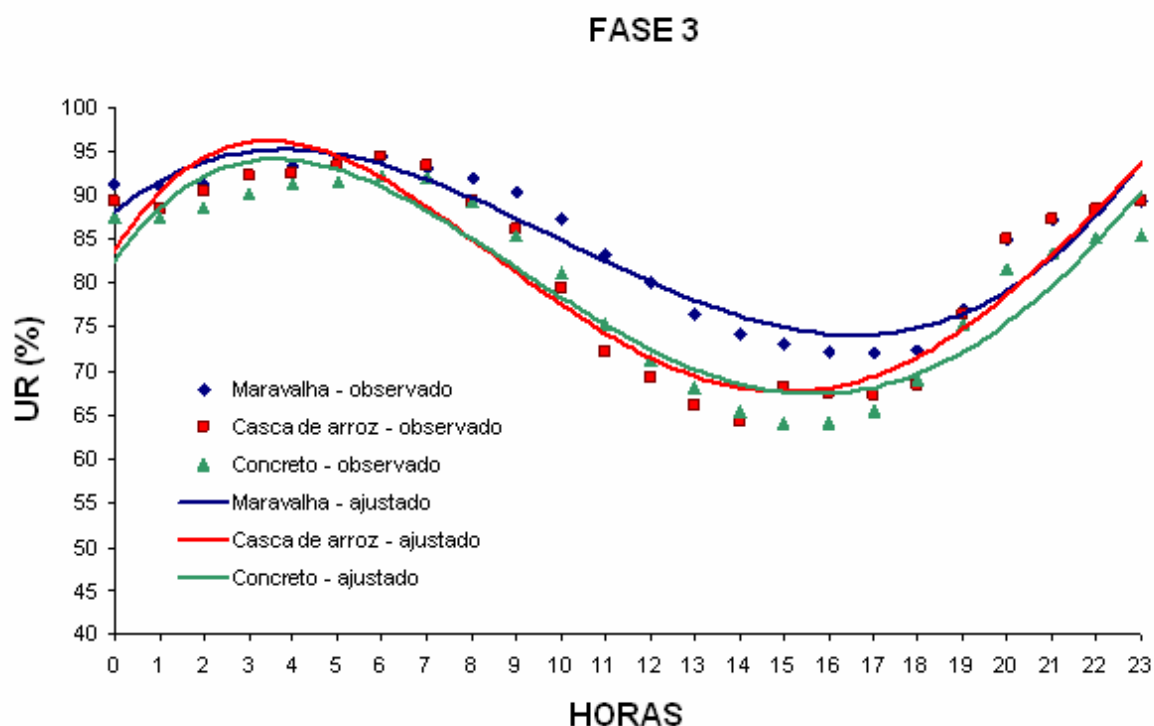


FIGURA 16 – Visualização gráfica da umidade relativa do ar (UR) em função da hora do dia, para os respectivos tratamentos, na fase 3.

Com base nos resultados experimentais, foram obtidas as equações de regressão, em função da hora do dia, na fase 4, para cada tratamento (TABELA 11).

TABELA 11 – Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2), referentes aos dados de umidade relativa do ar (UR), em função da hora do dia, para a fase 4, nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Equação ajustada	R^2
maravalha	$UR = 0,06H^3 - 1,1493H^2 + 6,0286H + 84,092$	0,89
cama de casca de arroz	$UR = 0,0681H^3 - 1,2348H^2 + 5,8598H + 87,585$	0,88
piso de concreto	$UR = 0,05H^3 - 0,9899H^2 + 5,4971H + 84,666$	0,89

Na Figura 17 podemos visualizar os resultados observados e estimados pelas equações de regressão, para os tratamentos, em função da hora do dia para a fase 4

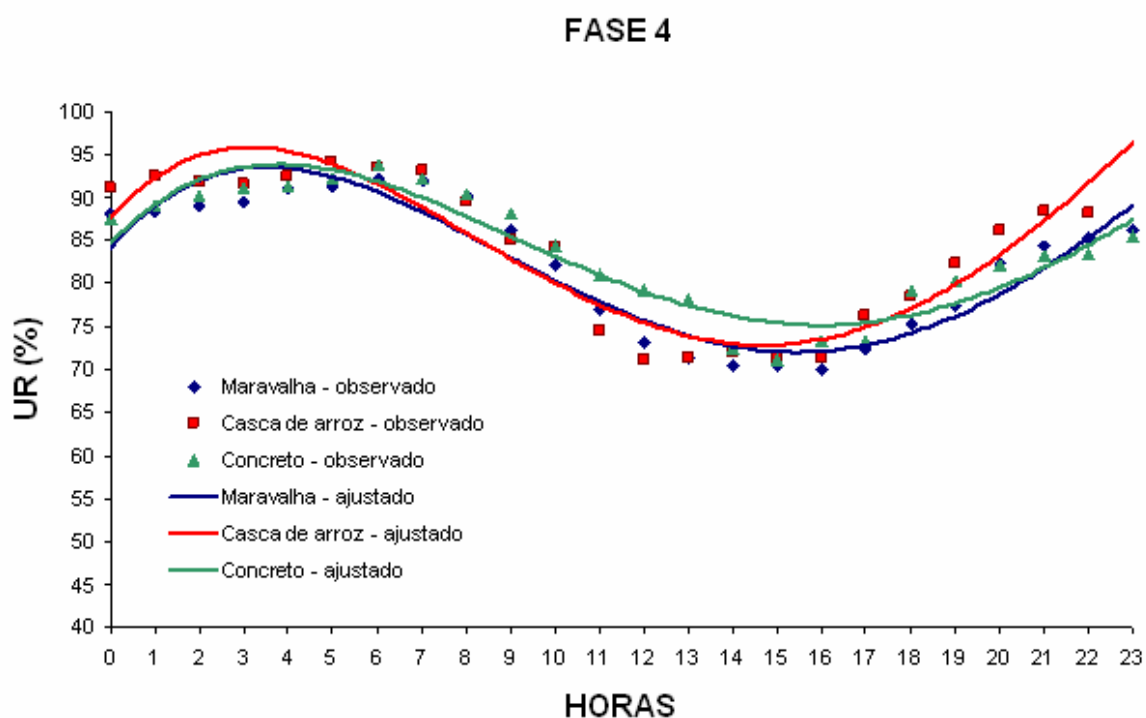


FIGURA 17 – Visualização gráfica da umidade relativa do ar (UR) em função da hora do dia, para os respectivos tratamentos, na fase 4.

Na Tabela 12 estão apresentados os valores médios observados do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), e onde se pode verificar que houve um aumento gradual nos valores de ITGU durante o decorrer das fases.

Os tratamentos de cama de maravalha e casca de arroz obtiveram os maiores valores de ITGU em relação ao tratamento de piso de concreto nas fases 1 e 2, sendo que, nas fases 3 e 4, os valores de ITGU de todos os tratamentos começaram a ter valores similares na maioria dos horários.

A fase 4 caracterizou-se por apresentar os maiores valores de ITGU nos horários mais quentes do dia (13:00 – a 18:00), para todos os tratamentos, atingindo valores máximos de 78,7 para o tratamento de maravalha, 78,1 para o tratamento de casca de arroz e 78, 4 para o tratamento de piso de concreto.

TABELA 12 – Valores médios de ITGU, para os tratamentos: cama de maravalha (T1), cama de casca de arroz (T2) e piso de concreto (T3), nas respectivas fases de observação em função da hora do dia

Hora	Fase 1			Fase 2			Fase 3			Fase 4		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
00:00	63,5a	63,4a	62,8b	68,5a	68,5a	67,8b	68,2a	68,1a	67,9a	72,0a	72,0ab	71,5b
01:00	63,0a	62,7ab	62,2b	67,3ab	67,5a	66,9b	67,5a	67,4a	67,2a	71,4a	71,3a	70,9a
02:00	62,8a	62,4ab	62,0b	66,6ab	66,9a	66,1b	67,1a	67,0a	66,8a	71,3a	70,7ab	70,3b
03:00	62,4a	62,1ab	61,6b	66,1ab	66,4a	65,6b	66,7a	66,7a	66,4a	70,2a	70,2a	69,7a
04:00	62,3a	62,0ab	61,4b	65,4ab	65,7a	65,0b	66,4a	66,2a	66,0a	69,8a	69,8a	69,2b
05:00	62,0a	61,7ab	61,3b	64,8ab	65,1a	64,4b	65,9a	65,7a	65,5a	69,3ab	69,3a	68,8b
06:00	61,7a	61,4ab	61,1b	64,2ab	64,5a	63,8b	65,6a	65,5a	65,2a	69,1a	69,3a	68,4b
07:00	61,5a	61,4a	61,1a	63,9ab	64,1a	63,4b	66,0a	65,3b	64,9b	69,4a	68,9ab	68,4b
08:00	61,7a	61,5ab	61,1b	64,3a	64,8a	63,7b	66,0a	65,5ab	65,3b	70,2a	70,1a	69,6a
09:00	60,9a	60,7a	60,5a	64,7a	64,8a	64,3a	66,8a	66,7a	66,5a	72,5a	72,4a	72,2a
10:00	61,3a	61,0a	60,8a	66,0ab	66,1a	65,5b	67,8a	67,5a	67,4a	73,8a	74,0a	73,8a
11:00	62,5a	61,8b	61,5b	67,7a	67,7a	66,7b	69,0a	68,4b	68,6ab	74,4a	74,4a	74,6a
12:00	63,8a	63,3a	62,4b	69,2a	69,1a	68,4b	70,9a	70,2b	70,6ab	75,5a	75,4a	75,7a
13:00	65,0a	64,4b	63,5c	70,7a	70,8a	69,7b	72,3a	71,6b	72,0ab	76,8a	77,2a	77,2a
14:00	65,4a	64,8b	64,3b	72,2a	72,4a	71,1b	73,4a	72,7b	73,1ab	77,6a	77,7a	77,6a
15:00	67,0a	66,0b	65,6b	73,5a	73,2a	72,5b	74,2a	73,7a	73,8a	78,0a	78,0a	78,2a
16:00	67,8a	67,0b	67,0b	74,2a	73,6b	73,2b	74,6a	74,5a	74,6a	78,5a	77,0b	78,4a
17:00	68,1a	67,6ab	67,1b	74,6a	74,0ab	73,6b	75,5a	74,9b	75,4ab	78,7a	77,0b	78,2a
18:00	68,9a	68,0b	67,2c	76,1a	75,1b	74,3c	76,4a	75,7b	75,5b	78,1a	78,1a	77,7a
19:00	67,1a	66,7ab	66,2b	74,9a	74,5ab	74,2b	76,0a	75,4b	75,7ab	77,8a	77,9a	77,3a
20:00	65,6a	65,2ab	64,9b	73,0a	73,1a	72,3b	75,1a	74,3b	74,7ab	76,5a	76,4a	76,1a
21:00	63,6a	63,4a	63,1a	71,0a	71,1a	70,3b	73,0a	72,5a	72,6a	74,7a	74,5a	74,0b
22:00	62,5a	62,6a	61,9b	69,8a	69,7a	69,1b	72,6a	70,8b	70,7b	73,2a	73,2a	72,5b
23:00	61,1a	61,2a	60,4b	68,7a	68,7a	68,1b	69,5a	69,4a	69,2a	72,4a	72,4a	71,6b

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

Com base nos resultados experimentais, foram obtidas as equações de regressão, em função da hora do dia, na fase 1, para cada tratamento (TABELA 13).

TABELA 13 – Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2), referentes aos dados de ITGU, em função da hora do dia, para a fase 1, nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Equação ajustada	R^2
maravalha	$ITGU = 0,0142H^3 - 0,0747H^2 - 0,3372H + 63,679$	0,91
cama de casca de arroz	$ITGU = 0,2188H^2 - 1,7456H + 64,72$	0,82
piso de concreto	$ITGU = 0,2164H^2 - 1,7121H + 64,206$	0,83

Na Figura 18 podemos visualizar os resultados observados e estimados pelas equações de regressão, para os tratamentos, em função da hora do dia para a fase 1

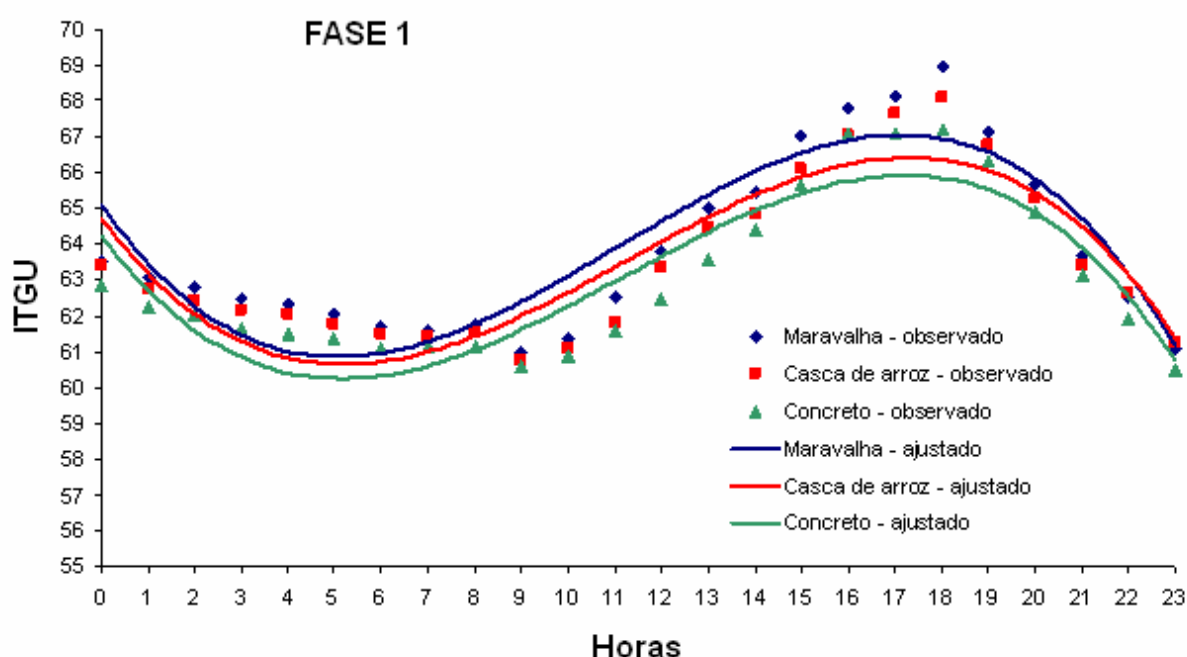


FIGURA 18 – Visualização gráfica do ITGU, em função da hora do dia, para os respectivos tratamentos, na fase 1.

Com base nos resultados experimentais, foram obtidas as equações de regressão, em função da hora do dia, na fase 2, para cada tratamento (TABELA 14).

TABELA 14 – Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2), referentes aos dados de ITGU, em função da hora do dia, para a fase 2, nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Equação ajustada	R^2
maravalha	$ITGU = -0,01H^3 + 0,3463H^2 - 2,7494H + 70,11$	0,94
cama de casca de arroz	$ITGU = -0,0093H^3 + 0,3217H^2 - 2,5625H + 70,099$	0,95
piso de concreto	$ITGU = -0,0093H^3 + 0,3249H^2 - 2,6076H + 69,475$	0,94

Na Figura 19 podemos visualizar os resultados observados e estimados pelas equações de regressão, para os tratamentos, em função da hora do dia para a fase 2

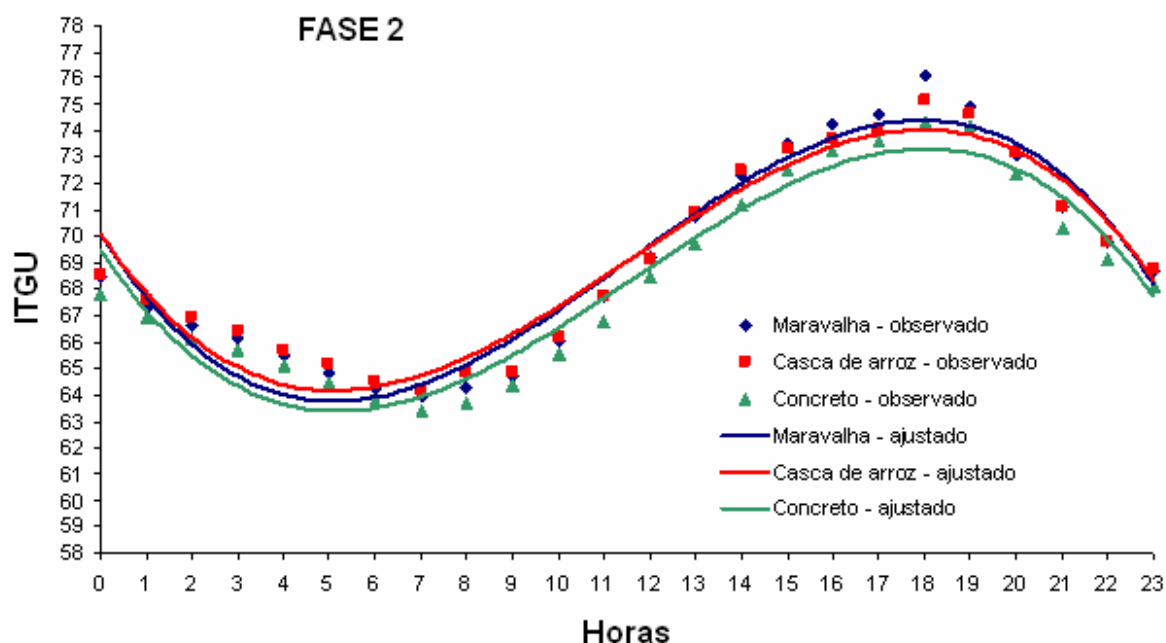


FIGURA 19 – Visualização gráfica do ITGU, em função da hora do dia, para os respectivos tratamentos, na fase 2.

Com base nos resultados experimentais, foram obtidas as equações de regressão, em função da hora do dia, na fase 3, para cada tratamento (TABELA 15).

TABELA 15 – Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2), referentes aos dados de ITGU, em função da hora do dia, para a fase 3, nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Equação ajustada	R^2
maravalha	$ITGU = 0,0078H^3 + 0,0501H^2 - 0,9533H + 68,529$	0,98
cama de casca de arroz	$ITGU = 0,0081H^3 + 0,0461H^2 - 0,9765H + 68,516$	0,98
piso de concreto	$ITGU = 0,0068H^3 + 0,0728H^2 - 1,1203H + 68,388$	0,98

Na Figura 20 podemos visualizar os resultados observados e estimados pelas equações de regressão, para os tratamentos, em função da hora do dia para a fase 3

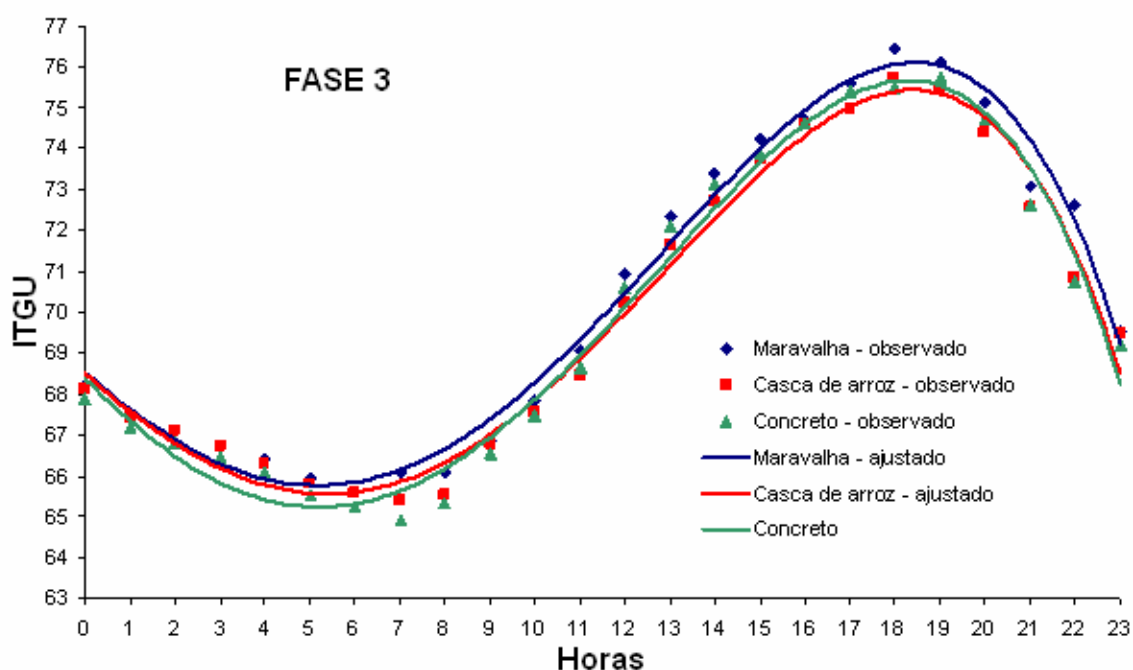


FIGURA 20 – Visualização gráfica do ITGU, em função da hora do dia, para os respectivos tratamentos, na fase 3.

Com base nos resultados experimentais, foram obtidas as equações de regressão, em função da hora do dia, na fase 4, para cada tratamento (TABELA 16).

TABELA 16 – Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2), referentes aos dados de ITGU, em função da hora do dia, para a fase 4, nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Equação ajustada	R^2
maravalha	$ITGU = 0,0117H^3 + 0,316H^2 - 2,0325H + 73,071$	0,96
cama de casca de arroz	$ITGU = 0,0139H^3 + 0,3375H^2 - 2,0771H + 72,949$	0,94
piso de concreto	$ITGU = 0,0164H^3 + 0,3895H^2 - 2,3489H + 72,649$	0,95

Na Figura 21 podemos visualizar os resultados observados e estimados pelas equações de regressão, para os tratamentos, em função da hora do dia para a fase 4

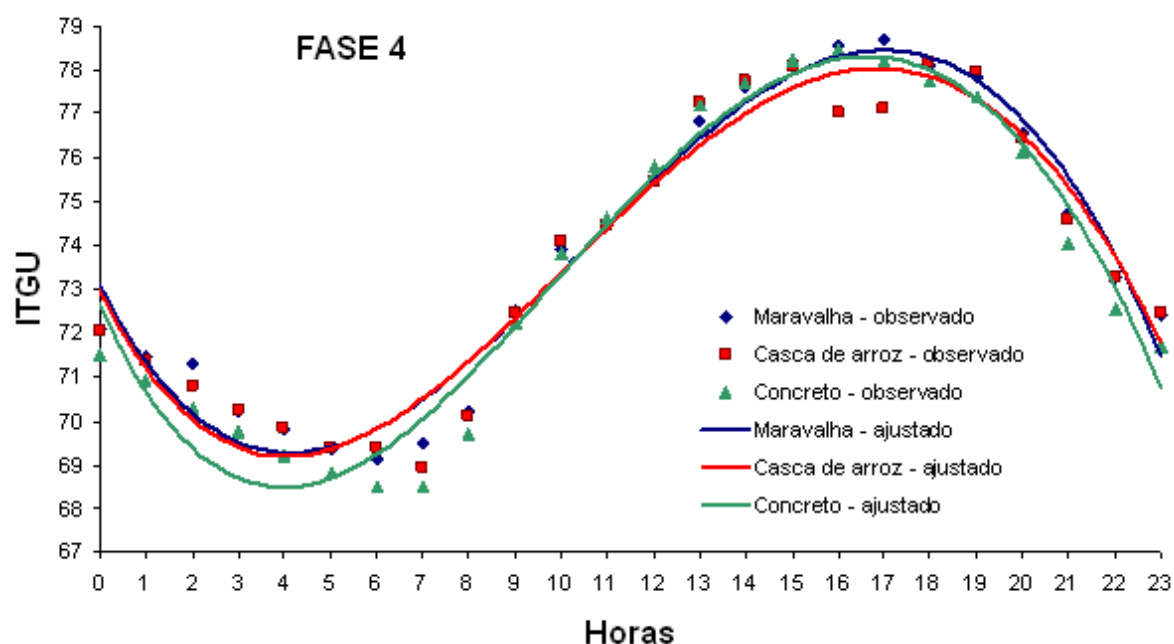


FIGURA 21 – Visualização gráfica do ITGU, em função da hora do dia, para os respectivos tratamentos, na fase 4.

Na Tabela 17 estão apresentados os valores médios observados da carga térmica radiante (CTR), e onde se pode verificar que em todas as fases, o tratamento com maravalha apresentou os maiores valores relativos de CTR nos horários mais quentes do dia (13:00 a 18:00), apesar de não haver diferença significativa para os valores de CTR nas fases 2, 3 e 4.

A fase 4 foi a que apresentou os maiores valores de CTR, sendo que nos horários mais quentes do dia esses valores alcançaram valores de 484,1 W/m² para o tratamento de maravalha, 478,1 W/m² para o tratamento de casca de arroz e 478,5 W/m² para o tratamento de piso de concreto. Tais valores elevados expressam a radiação total recebida pelos animais através da circunvizinhança e tais efeitos podem estar relacionados às características construtivas de uma forma em geral e não somente aos tratamentos pesquisados.

TABELA 18 – Valores médios de CTR, em W/m^2 , para os tratamentos: cama de maravalha (T1), cama de casca de arroz (T2) e piso de concreto (T3), nas respectivas fases de observação em função da hora do dia

Hora	Fase 1			Fase 2			Fase 3			Fase 4		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
00:00	427,4a	411,8a	405,3a	420,3a	425,4a	425,2a	424,9a	423,9a	423,4a	440,6a	441,4a	437,0a
01:00	424,9a	409,1a	402,0a	416,5a	422,0a	420,2a	421,1a	421,4a	420,4a	437,5a	438,3a	434,0a
02:00	423,1a	407,0a	401,3a	412,5a	419,0a	416,2a	419,2a	419,3a	418,2a	434,0a	436,2a	430,3a
03:00	422,3a	406,2a	400,1a	410,1a	417,0a	413,3a	417,0a	418,8a	415,4a	431,2a	434,2a	427,3a
04:00	231,9b	406,1a	399,2a	406,6a	414,1a	410,1a	415,7a	416,4a	414,0a	429,4a	431,4a	425,2a
05:00	418,6a	405,4a	398,2a	403,8a	411,4a	408,1a	413,4a	414,4a	412,1a	427,3a	429,4a	423,4a
06:00	416,2a	403,4a	396,3a	402,1a	409,1a	405,4a	411,1a	413,1a	410,2a	427,2a	428,3a	422,3a
07:00	409,8a	401,3a	394,2a	404,0a	409,0a	405,0a	423,6a	412,2a	411,0a	435,4a	430,3a	425,2a
08:00	412,1a	401,3a	397,3a	418,5a	417,4a	414,2a	421,6a	415,1a	417,0a	441,5a	436,0a	434,3a
09:00	412,4a	400,3a	397,4a	419,2a	415,0a	417,1a	426,2a	420,4a	424,1a	454,1a	447,4a	447,0a
10:00	416,0a	404,2a	403,1a	430,1a	422,4a	425,2a	437,3a	427,4a	432,3a	464,6a	455,4a	455,2a
11:00	434,7a	411,0a	411,1a	440,8a	430,3a	434,3a	446,2a	435,2a	442,2a	470,2a	459,3a	463,1a
12:00	445,8a	418,0a	416,3a	446,8a	437,2a	443,3a	458,1a	446,0a	453,3a	474,0a	465,1a	467,3a
13:00	455,9a	423,4a	423,4a	455,5a	444,5a	450,4a	465,7a	453,0a	461,0a	478,1a	473,0a	472,2a
14:00	463,1a	426,2a	427,1a	463,6a	450,5a	458,5a	469,7a	457,8a	466,2a	480,6a	477,0a	478,1a
15:00	471,9a	431,1b	433,0b	468,4a	455,4a	462,5a	473,5a	461,3a	469,1a	480,0a	476,1a	478,5a
16:00	475,3a	433,1b	439,1ab	470,2a	457,4a	464,1a	473,0a	463,4a	471,1a	484,1a	478,1a	477,4a
17:00	472,9a	435,0b	434,1b	468,4a	457,2a	464,1a	475,4a	464,0a	471,1a	478,2a	477,1a	474,2a
18:00	476,5a	438,3b	430,4b	477,4a	459,4a	459,3a	483,4a	473,2a	466,2a	476,1a	476,1a	469,3a
19:00	443,3a	424,3a	420,3a	448,4a	452,4a	456,1a	471,8a	463,1a	462,3a	475,5a	475,0a	465,1a
20:00	432,2a	417,2a	412,1a	442,1a	446,1a	447,1a	454,3a	453,0a	455,0a	461,2a	462,2a	458,0a
21:00	423,4a	411,0a	404,2a	436,6a	436,8a	438,3a	446,2a	444,2a	445,4a	452,4a	454,3a	449,0a
22:00	412,8a	405,1a	398,3a	431,2a	432,0a	433,1a	438,3a	437,1a	437,2a	446,5a	447,3a	442,3a
23:00	407,6a	400,4a	393,0a	425,5a	428,2a	427,3a	431,4a	430,3a	430,1a	442,4a	444,4a	437,3a

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

Com base nos resultados experimentais, foram obtidas as equações de regressão, em função da hora do dia, na fase 1, para cada tratamento (TABELA 19).

TABELA 19 – Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2), referentes aos dados de CTR, em W/m^2 , em função da hora do dia, para a fase 1, nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Equação ajustada	R^2
maravalha	$CTR = -0,0652H^3 + 2,0539H^2 - 14,633H + 439,37$	0,94
cama de casca de arroz	$CTR = 0,0259H^3 + 0,2503H^2 - 4,1782H + 413,92$	0,94
piso de concreto	$CTR = -0,0093H^3 + 0,3249H^2 - 2,6076H + 69,475$	0,94

Na Figura 22 podemos visualizar os resultados observados e estimados pelas equações de regressão, para os tratamentos, em função da hora do dia para a fase 1

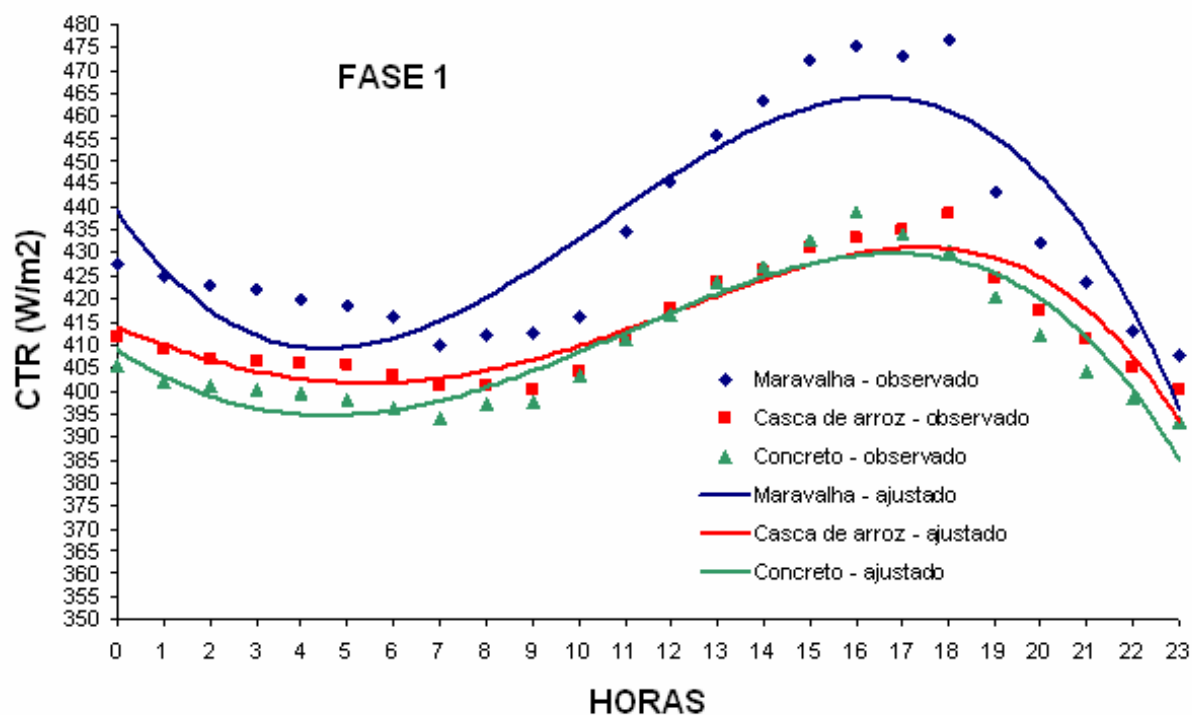


FIGURA 22 – Visualização gráfica do CTR, em função da hora do dia, para os respectivos tratamentos, na fase 1.

Com base nos resultados experimentais, foram obtidas as equações de regressão, em função da hora do dia, na fase 2, para cada tratamento (TABELA 20).

TABELA 20 – Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2), referentes aos dados de CTR, em W/m^2 , em função da hora do dia, para a fase 2, nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Equação ajustada	R^2
maravalha	$CTR = -0,1215H^3 + 2,6866H^2 - 15,63H + 428,27$	0,94
cama de casca de arroz	$CTR = -0,0211H^3 + 1,119H^2 - 8,9445H + 429,79$	0,95
piso de concreto	$CTR = -0,0674H^3 + 1,9183H^2 - 12,981H + 431,02$	0,95

Na Figura 23 podemos visualizar os resultados observados e estimados pelas equações de regressão, para os tratamentos, em função da hora do dia para a fase 2

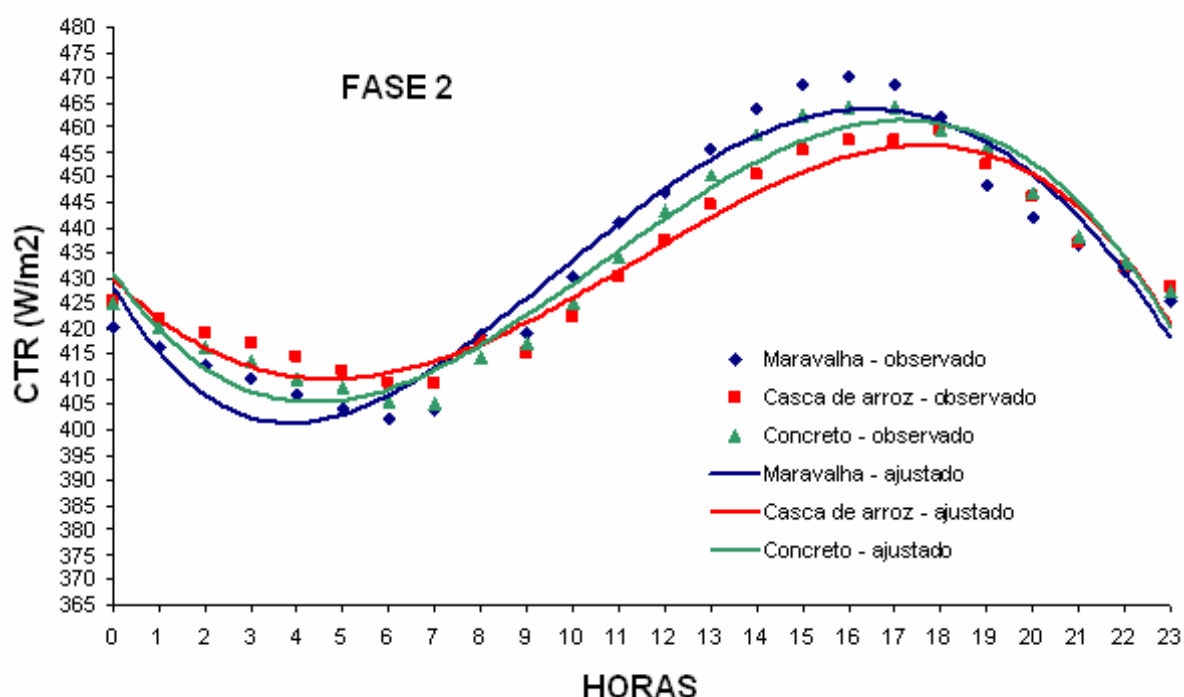


FIGURA 23 – Visualização gráfica da CTR, em função da hora do dia, para os respectivos tratamentos, na fase 2.

Com base nos resultados experimentais, foram obtidas as equações de regressão, em função da hora do dia, na fase 3, para cada tratamento (TABELA 21).

TABELA 21 – Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2), referentes aos dados de CTR, em W/m^2 , em função da hora do dia, para a fase 3, nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Equação ajustada	R^2
maravalha	$CTR = -0,0605H^3 + 1,872H^2 - 11,724H + 431,39$	0,96
cama de casca de arroz	$CTR = 0,0005H^3 + 0,8525H^2 - 7,272H + 428,11$	0,95
piso de concreto	$CTR = 0,0648H^3 + 1,8446H^2 - 11,581H + 429,71$	0,96

Na Figura 24 podemos visualizar os resultados observados e estimados pelas equações de regressão, para os tratamentos, em função da hora do dia para a fase 3

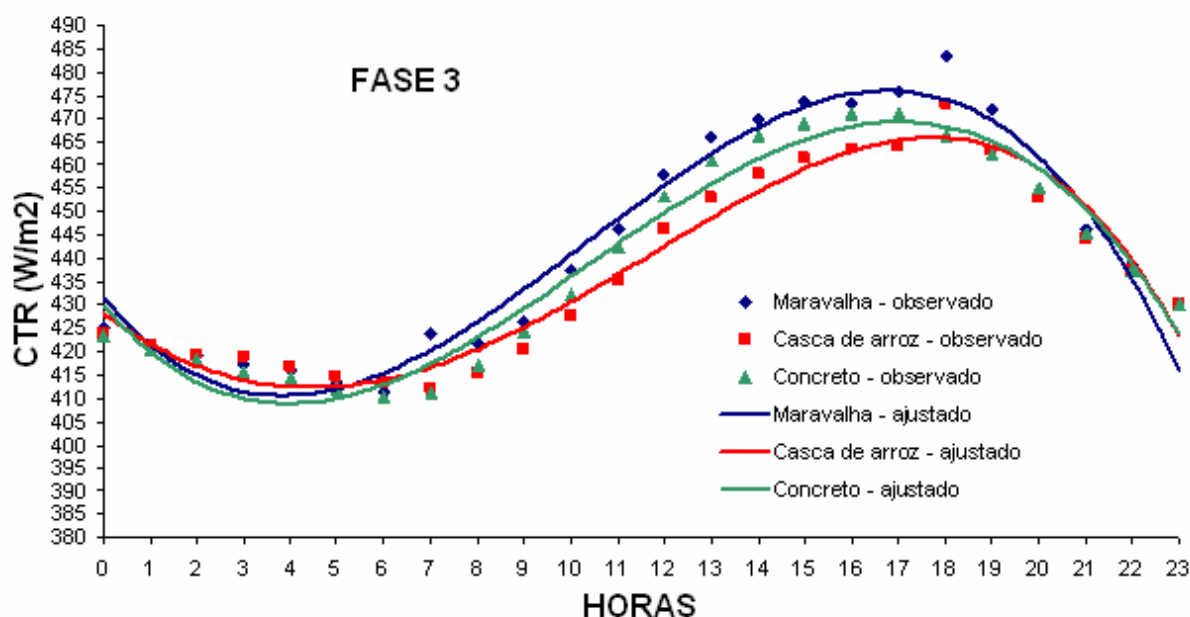


FIGURA 24 – Visualização gráfica da CTR, em função da hora do dia, para os respectivos tratamentos, na fase 3

Com base nos resultados experimentais, foram obtidas as equações de regressão, em função da hora do dia, na fase 4, para cada tratamento (TABELA 22).

TABELA 22 – Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2), referentes aos dados de CTR, em W/m^2 , em função da hora do dia, para a fase 4, nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Equação ajustada	R^2
maravalha	$CTR = 0,1476H^3 + 2,8071H^2 - 14,15H + 446,84$	0,96
cama de casca de arroz	$CTR = 0,0858H^3 + 1,9642H^2 - 11,317H + 446,98$	0,95
piso de concreto	$CTR = 0,0858H^3 + 1,9642H^2 - 11,317H + 446,98$	0,96

Na Figura 25 podemos visualizar os resultados observados e estimados pelas equações de regressão, para os tratamentos, em função da hora do dia para a fase 4

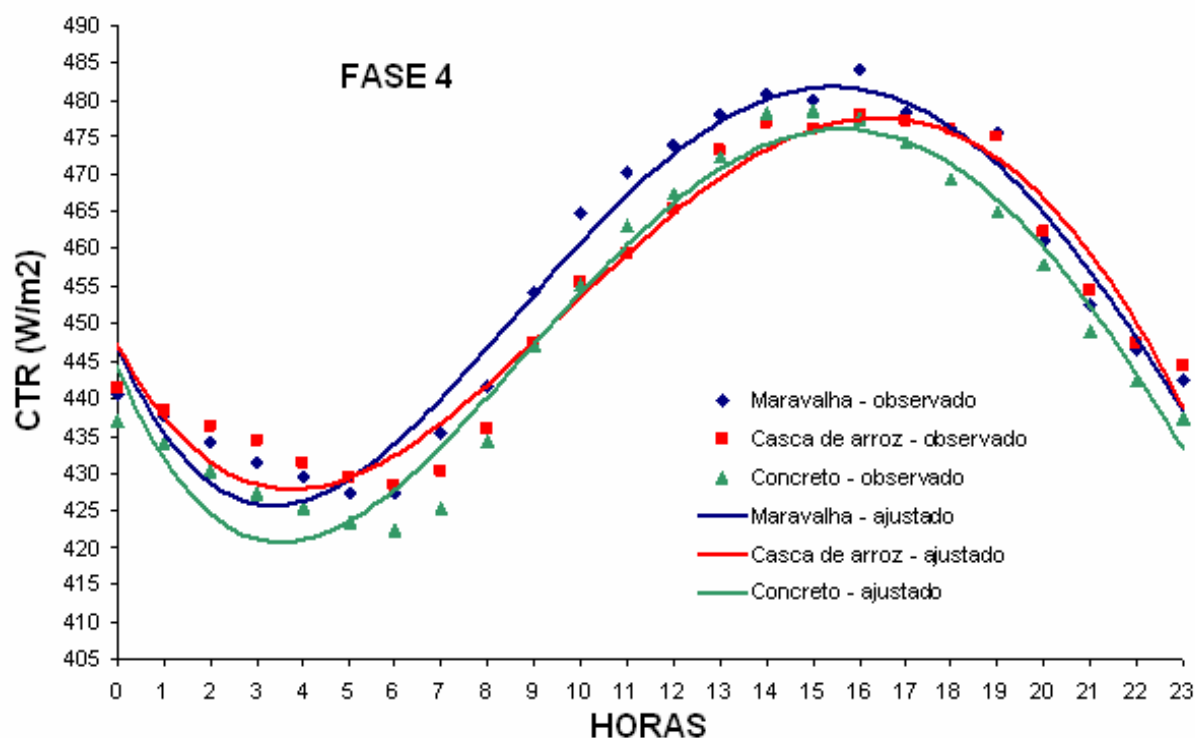


FIGURA 25 – Visualização gráfica da CTR, em função da hora do dia, para os respectivos tratamentos, na fase 4.

4.2. Avaliação do desempenho animal

Na Tabela 23 estão apresentados os resultados de ganho de peso, onde se verifica que, nas duas primeiras fases, não houve diferença para ganho de peso nos animais mantidos nos sistema de cama e de piso de concreto. Na terceira fase, o animais mantidos no tratamento com piso de concreto (tratamento 1) obtiveram maiores ganhos de peso diferindo significativamente dos animais mantidos nos tratamentos com cama. Na quarta fase, os animais mantidos no tratamento com cama de maravalha (tratamento 1) obtiveram os maiores valores em relação aos animais do tratamento de cama de casca de arroz (tratamento 2).

Os valores observados para ganho de peso foram similares aos encontrados por CORRÊA (1998), em experimento comparando sistemas de cama sobreposta e sistema de piso de concreto, em instalações abertas, no fase de junho a novembro.

CORRÊA (1998) e OLIVEIRA (1999), não encontraram diferença significativa para ganho de peso em suínos criados em sistema de cama sobreposta e sistema de piso de concreto.

TABELA 23 – Valores médios do ganho de peso (GP), em kg/animal, nos tratamentos utilizados, durante as fases de observação

Fases	Tratamento 1 (cama de maravalha)	Tratamento 2 (cama de casca de arroz)	Tratamento 3 (piso de concreto)
1	26,7a	27,0a	26,0a
2	27,9a	27,0a	26,1a
3	26,1b	26,3b	33,3a
4	17,7a	15,1b	15,8ab
Total	98,4	95,4	101,2

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Na Tabela 24 estão apresentados os valores de consumo de ração, onde se pode observar que, nas duas primeiras fases, o maior valor absoluto de consumo de ração foi verificado nos animais dos tratamentos com camas, apesar deste não terem diferenciado significativamente do tratamento com piso de concreto. Na terceira fase o maior consumo de ração foi observado no tratamento com piso de concreto, diferindo significativamente dos tratamentos com cama.

Observa-se uma tendência para maior consumo de ração nos animais criados em piso de concreto à medida que a temperatura ambiente aumenta com o passar dos dias.

CORRÊA (1998) encontrou valores de consumo de ração para os animais submetidos aos tratamentos com cama maiores do que para os animais submetidos ao tratamento com piso de concreto, no fase de junho a novembro.

TABELA 24 - Valores médios de consumo de ração (CR), em Kg, nos tratamentos utilizados, durante as fases de observação

Fases	Tratamento 1 (cama de maravalha)	Tratamento 2 (cama de casca de arroz)	Tratamento 3 (piso de concreto)
1	63,7a	64,2a	60,9a
2	75,7a	73,9a	71,3a
3	90,2b	89,6b	100,1a
4	65,7a	56,2b	67,6a
Total	295,3	283,8	299,9

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Na Tabela 25 estão apresentados os valores de conversão alimentar, e onde se pode observar que, nas duas primeiras fases não houve diferença significativa da conversão alimentar nos tratamentos. Na terceira fase observou-se uma melhor conversão alimentar dos animais alocados nas baias de piso de concreto, em relação aos animais alojados nas camas. Nesta fase ocorreu maior consumo de ração e maior ganho de peso dos animais mantidos nas baias de piso de concreto. Na quarta fase, os animais do tratamento de piso de concreto apresentaram resultados inferiores para conversão alimentar em relação aos dos outros tratamentos. Observa-se que, os animais mantidos nos tratamentos com camas, tiveram uma melhor resposta adaptativa ao estresse causado pelo calor na quarta fase.

Os valores médios obtidos para conversão alimentar foi superior ao encontrado por PERDOMO (1997) e CORRÊA (1998) de 2,5.

TABELA 25 - Valores médios de conversão alimentar (CA), em kg/kg, nos tratamentos utilizados, durante as fases de observação

Fases	Tratamento 1 (cama de maravalha)	Tratamento 2 (cama de casca de arroz)	Tratamento 3 (piso de concreto)
1	2,38a	2,37a	2,34a
2	2,71a	2,73a	2,73a
3	3,46a	3,41a	3,00b
4	3,71b	3,71b	4,28a
Média	3,00	2,97	2,96

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Na Tabela 26 estão apresentados os valores de consumo de água, e onde se pode verificar que, de uma forma geral, os animais alocados nas baias de cama de maravalha consumiram maior quantidade de água, em valores absolutos, apesar de não haver diferença significativa dos demais tratamentos, nas três primeiras fases.

TABELA 26 - Valores médios do Consumo de Água (CAg), em l/animal/dia, nos tratamentos utilizados, durante os fases de observação

Fases	Tratamento 1 (cama de maravalha)	Tratamento 2 (cama de casca de arroz)	Tratamento 3 (piso de concreto)
1	6,0a	5,5a	5,9a
2	8,7a	6,8a	7,2a
3	9,5a	7,1a	8,1a
4	8,7a	6,1b	8,0ab
Média	8,2	6,4	7,2

As médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Os valores situaram próximo ao recomendado por BODMAN (1994), citado por CORREA (1998), de 7 l/animal/dia, e obtido por CORRÊA (1998), para suínos nas as fases de crescimento e terminação.

Na Tabela 27 estão apresentados os valores de concentração de amônia, e onde se pode verificar que houve diferença significativa entre os tratamentos, sendo que os tratamentos com cama apresentaram valores superiores ao tratamento com piso de concreto em todas as fases de observação. De uma forma geral, os tratamentos com cama tiveram comportamento similar. Apesar das diferenças encontradas, em todas as fases em estudo, os valores de concentração de amônia estiveram abaixo do limite crítico de concentração (20ppm), segundo HAMILTON (1996) e NIOSH (2003) (Figura 26).

Os maiores valores de emissão de amônia para os tratamentos com cama, provavelmente tenham ocorrido devido à maior temperatura superficial e ao teor de nitrogênio e carbono contidos no meio. OLIVEIRA (1999), encontrou valores médios de emissão de amônia de $7,75 \pm 4,2$ ppm, para sistema de cama sobreposta.

Os menores valores para emissão de amônia no sistema de piso de concreto deveu-se, provavelmente, ao manejo adotado, sendo que o piso era raspado diariamente e as baias lavadas semanalmente. Com isso, os dejetos dos suínos, fonte de nitrogênio para síntese de amônia, era mínimo no interior da instalação.

NICKS et al (1995), citado por OLIVEIRA (1999), observou durante quatro fases de engorda de suínos, em cama de palha, concentrações médias de amônia de $5,83 \pm 2,33$ e $14,95 \pm 3,43$ ppm, no início e final de cada fase de criação, respectivamente.

TABELA 27 - Valores médios da emissão de amônia (ppm), nos tratamentos utilizados, durante as fases de observação

Fases	Tratamento 1 (cama de maravalha)	Tratamento 2 (cama de casca de arroz)	Tratamento 3 (piso de concreto)
1	6,2a	6,5a	3,4a
2	6,4a	6,5a	3,9b
3	7,5a	7,3a	3,7b
4	7,6a	6,6a	2,5b
Média	6,9	6,7	3,4

As médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

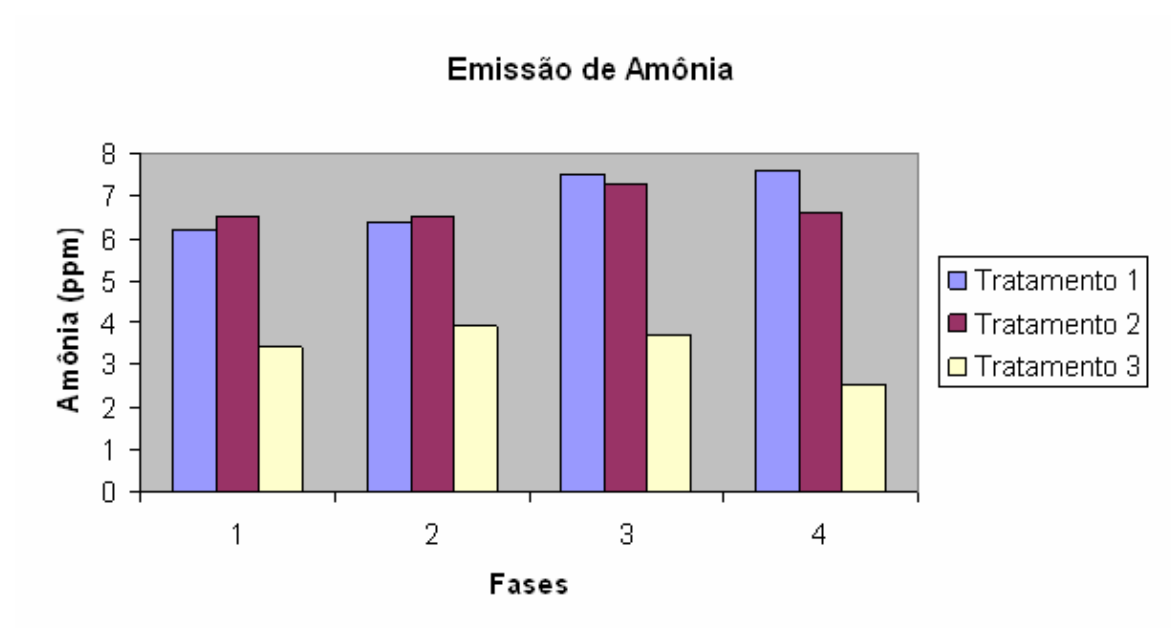


FIGURA 26 – Visualização gráfica da emissão de amônia (ppm), nos tratamentos utilizados, durante as fases de observação

5. CONCLUSÕES

Para o período de agosto a novembro, em Concórdia – SC, pode-se concluir que:

- Em geral, o conforto térmico dos animais nos três tratamentos (cama de maravalha, cama de casca de arroz e piso de concreto), avaliados pelos resultados de Tar, UR, ITGU e CTR, esteve dentro do intervalo aceitável para suínos nas fases de crescimento e terminação, nas 3 primeiras fases de vida dos animais (25 a 105 Kg);
- Em geral, houve diferença significativa na emissão de amônia para o ambiente com os sistemas de camas sobrepostas, onde foram observados os maiores valores, comparado à criação no piso de concreto. Contudo, os valores observados ficaram abaixo do limite crítico (20 ppm);
- A utilização de sistemas de camas sobrepostas na produção de suínos, nas fases de crescimento e terminação, em instalações abertas, mostrou-se viável em decorrência da manutenção dos níveis adequados de desempenho zootécnico, conforto térmico e qualidade do ar.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABCS. Associação Brasileira de Criadores de Suínos. Disponível: <http://www.abcs.com.br>. Consultado em 3 de março de 2003.
- AARNINK, A.J.A. Ammonia emission from houses for growing pigs as affected by pen design, indoor climate and behaviour. PhD, teses. Rapport 97-03, IMAG-DLO, Wageningen, 1997. 175p.
- ASHRAE. Thermal Comfort. In: ASHRAE Fundamentals. Chapter 8. Atlanta, 2001.
- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C. F. Ambiência em edificações rurais – conforto animal. Editora UFV, 1997, 246p.
- BUFFINGTON, C. S., COLLAZO-AROCHO, A., CANTON, G. H., PITT, D., THATCHER, W. W., COLLIER, R. J. Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. Transactions of the ASAE, v. 24, n. 3, 1981. p. 711-714,
- BOND, T.E.; KELLY, C. F. The globe thermometer in agricultural research. Agricultural Engineering, v. 36, n. 4, 1955. p. 251-255.
- BRUCE, J.M.; CLARK, J.J. Models of heat production and critical temperature for growing pigs. Anim. Prod., 1979, 28:363-369.
- CLARK, J.J., ROBERTSON, A.M. Temperature requirements for growing and finishing pigs. Farm Building Progress (76), 1984. p.15-9
- CORREIA, E.K. Avaliação de diferentes tipos de camas na criação de suínos em crescimento e terminação. Pelotas, UFPel, 1998. 90p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal De Pelotas, 1998.
- CURTIS, S.E. Environmental management in animal agriculture. Ames: The Iowa State University Press, 1983. 409p.
- EIGENBERG, R. A., G. L. HAHN, J. A. NIENABER, A. M. PARKHURST, AND M. F. KOCHER. Tympanic temperature decay constants as indices of thermal environments: swine. Trans. ASAE 38. 1995. p 1203-1206.

ESMAY, M. L. Principles of animal environment. 2 ed. Westport: AVI Publishing Company, 1974. 325p.

ESMAY, M.L. Principles of animal environmental. Environmental Engineering in Agriculture and Food Series. The AVI Publishing Company, Inc. 1969. 325p.

GROENESTEIN, C.M., OOSTHOEK, J.; MONTSMA, H.; REITSMA, B. The emission of ammonia and other nitrogen compounds from deep-litter systems for fattening pigs: a field study. In: Proceedings workshop deep-litter systems for pig farming, Eds. J.A. Voermans. Research Institute for Pig Husbandry, Rosmalen, Netherlands, 1992.

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

HAMILTON T.D.C.,; ROE J.M.; WEBSTER A.F.. The synergistic role of gaseous ammonia in the aetiology of *Pasterella multocida* induced atrophic rhinitis in swine. J Clin Microbiol 43, 1996. P.2185 – 2190.

HANNAS, M.I. Aspectos fisiológicos e a produção de suínos em clima quente. In: SILVA, I.J.O. Ambiente e Qualidade na Produção Industrial de Suínos. Piracicaba: FEALQ, 1999. p.01-33.

HEBER. A.; JONES, D.; SUTTON, A. INDOOR AIR QUALITY -Controlling Ammonia Gas In Swine Buildings. Cooperative Extension work in Agriculture and Home Economics, Purdue University, 1996. 4p.

HILL, J.;D. Deep Bed Swine Finishing. In: Seminário Internacional de Suinocultura, 5, São Paulo. Anais... Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2000. p.83-88.

HILL, J.D. AND GENTRY, J. . Design of loadout systems for deep bed finishing facilities: a case study. In Proceedings of the 1 st International Swine Housing Conference, ASAE, St Joseph, Michigan, USA. 2000. p 317-323.

HOLMES, C.W.; CLOSE, W.H. The influence of climatic variables on energy metabolism and associated aspects of productivity in the pig. In: W. Haresign, H. Swan, and D. Lewis (Ed), Nutrition and the Climatic Environment. 1977. p 51-73. Butterworths, London.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. Fundamentals of Heat and Mass Transfer, John Wiley & Sons, 1990. 511p.

KOOSTER, C. E.; GREUTINK, G.J. Water evaporation in deep litter houses. Proc. Workshop Deep Litter for Pig Farming, Rosmalen. 1992.

LANCINI, J. B. Aspectos gerais sobre a intoxicação e contaminação através da cama aviária. Avicultura industrial, v.76, n.923, 1986. p.32-34

- MATTE, J.J. A note on the effect of deep-litter housing on growth performance of growing-finishing pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 73, 1993. p. 643-647.
- MOUNT, L. E. Adaptation to thermal environment – man and his productive animals. Baltimore, Maryland, University Park Press, 1979. 333 p.
- MOUNT, L. E. The assessment of thermal environment in relation to pig production. *Livestock Production Science*, 1975. 2 (4): 381-392.
- MÜLLER, P.B. Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos. Porto Alegre: Sulina, 1989. 262p.
- NÄÄS, I. A, D. J. MOURA, K. B. SEVEGNANI., R. A. BUCKLIN AND F. S. ZAZUETA. Determining the ideal ventilation system in swine production - A Case Study. In: *Proceedings of the 7th International Conference on Computers in Agriculture*. Edited by: F. S. Zazueta, and J. Xin. American Society of Agricultural Engineers. St Joseph, MI. 1998. p 923-929.
- NIENABER, J.A.; HAHN, G.L.; YEN, J.T. Thermal environmental effects on growing-finishing swine. *Transactions of the ASAE*. Vol.30(6):November-December, 1987. p.1773-1779.
- NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health . <http://www.cdc.gov/niosh/pel88/7664-41.html>. Visitado em janeiro de 2003
- NRC. Effect of environmental on nutrient requirements of domestic animals. National Academy of Science, National Research Council, Washington, D.C., 1981.p.104.
- OLIVEIRA, J.L.; ESMAY,M.L. Systems models analysis of hot weather housing for livestock. *Transactions of ASAE* 81(4562), 1982. p.1355-1359
- OLIVEIRA, P.A.V. Comparaison des systèmes d'élevage des porcs sur litière de sciure ou cailleboites intégral. Thèse de Docteur, n°: 9-4, D-2, l' ENSA de Rennes, France, 1999. 272p.
- OLIVEIRA, P.A.V. Produção de suínos em sistema "deep bedding": experiência brasileira. In: *Seminário Internacional de Suinocultura*, 5, São Paulo, SP. Anais... Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. p.101-107.
- Ontario Ministry of the Environment - ONTARIO Air Standards for Ammonia. Ontario, 2001. 47p.
- MASSABIE,P., GRANIER, R., GASC.A. Effet de la vitesse d'air sur le comportement et les performances du porc charcutier en fonction de la température ambiante. 2001. *Journées Rech. Porcine en France*, 33, 1-7.
- PUUMALA, M.; PYYKKÖNEN, M. The energy balance of the sawdust deep litter system. In: *NJF SEMINAR NR. 272*. Estonia, 1997. I-12:14

ROSENBERG, N. J.; BLAD, B. L.; VERNA, S. B. Microclimate: the biological environment. New York, wiley-Interscience Publication, 1983. 495 p.

SILVA, I.J.O. Ambiência e Qualidade na Produção Industrial de Suínos. Piracicaba: FEALQ, 1999. 27p.

TINÔCO, I.F.F. Efeito de diferentes sistemas de acondicionamento de ambientes e níveis de energia metabolizável na dieta sobre o desempenho de matrizes de frango de corte, em condições de verão e outono. Belo Horizonte, UFMG, 1996, 173p. Dissertação (Doutorado em Ciência Animal) Universidade Federal De Minas Gerais, 1996.

TUMELEIRO, I.L. Avaliação de materiais para o sistema de criação de suínos sobre cama. Dissertação (Mestrado). Engenharia Ambiental. UFSC. Florianópolis, 1998. 83p.

ZHANG, Q. ODOUR PRODUCTION, EVALUATION AND CONTROL. Manitoba Livestock Manure Management Initiative Inc. 2002.

ZOLNIER, S. Psicrometria I. Caderno didático Engenharia na Agricultura. Viçosa, UFV, 1994. 14p.