

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉMICO PARA MATRIZES
SUÍNAS EM GESTAÇÃO SEGUNDO AS CARACTERÍSTICAS DO
AMBIENTE INTERNO**

Patrícia de Sousa
Zootecnista

Orientadora:
Irenilza de Alencar Nääs

**Tese apresentada à Faculdade de
Engenharia Agrícola da Universidade
Estadual de Campinas, para a obtenção do
título de Doutor em Engenharia Agrícola,
Área de concentração: Construções Rurais e
Ambiência**

**CAMPINAS – SP
2002**

**AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉMICO PARA
MATRIZES SUÍNAS EM GESTAÇÃO SEGUNDO AS
CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE INTERNO**

Patrícia de Sousa

Aprovada em: 28/02/2002

Comissão julgadora:

Prof^a Dra. Irenilza de Alencar Nääs
Prof^a Dra. Lucila Chebel Labaki
Prof. Dr. Elias Tadeu Fialho
Prof. Dr. Iran José Oliveira da Silva
Prof. Dr. Evaldo Antônio Lencioni Titto

FEAGRI/UNICAMP
FEC/UNICAMP
DZO/UFLA
DER/ESALQ
DZO/USP

Prof^a Dra. Irenilza de Alencar Nääs
Orientadora

Aos meus pais,

Lindolfo Carvalho de Souza

e

Nemyr de Souza Carvalho,

Que apesar de estarem ausentes permaneceram presentes
na minha alma todos os instantes desta trajetória.

Ofereço e Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, pois, a conscientização do que almejo não depende só da minha habilidade, mas da fé depositada na habilidade de Deus, que tudo pode.

À minha família pelo carinho especial, incentivo e amizade durante esta jornada.

À Universidade Estadual de Campinas, pela oportunidade oferecida, através da Faculdade de Engenharia Agrícola e do departamento de Construções Rurais pela oportunidade da realização do trabalho (Dconru/Feagri/Unicamp).

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), pela concessão da bolsa de estudos.

À professora Irenilza de Alencar Nääs, minha orientadora e amiga, pela competente orientação, entusiasmo e energia transmitida durante todo esse período.

Aos professores Iran José Oliveira da Silva, Elias Tadeu Fialho, Lucila Chebel Labaki e Evaldo Antônio Lencioni Titto, pela amizade, incentivo e conhecimentos transmitidos.

Aos colegas da Pós-Graduação, Maria Eugênia, Yamília, Késia, Marta, e Miwa, pelo companheirismo proporcionado durante o curso.

Aos colegas de Iniciação Científica Eduardo e Douglas, pela amizade e auxílio na condução do experimento e análises estatística.

Aos amigos Silvia, Juliana, e Ruy, pela companhia nos momentos difíceis e pela amizade nas horas de comemoração.

À todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS.....	IX
RESUMO	X
ABSTRACT	XII
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	5
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
3.1. MECANISMO DE TERMORREGULAÇÃO DOS SUÍNOS.....	6
3.2. DESEMPENHO FISIOLÓGICO DOS SUÍNOS	10
3.3. INFLUÊNCIA DAS TEMPERATURAS CRÍTICAS NA PRODUTIVIDADE DE SUÍNOS	12
3.4. O MICROCLIMA E A REPRODUÇÃO DOS SUÍNOS	18
3.5. MECANISMOS DE RESFRIAMENTO DE AMBIENTE PARA SUÍNOS	25
3.6. EFEITOS DAS INSTALAÇÕES SOBRE A PRODUÇÃO DE SUÍNOS.....	31
3.8. ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO PARA SUÍNOS	37
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	43
4.1. LOCALIZAÇÃO E PERÍODO EXPERIMENTAL.....	43
4.2. INSTALAÇÕES	44
4.3. TRATAMENTOS	45
4.4. EQUIPAMENTOS.....	46
4.5. MANEJO DE ALIMENTAÇÃO DOS ANIMAIS	48
4.6. ANIMAIS	48
4.7. MEDIDAS AMBIENTAIS.....	48
4.8. ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO	49
4.9. PARÂMETROS FISIOLÓGICOS.....	50
4.10. PARÂMETROS REPRODUTIVOS	51
4.11. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	51
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
5.1. AVALIAÇÃO DOS DADOS CLIMÁTICOS EXTERNOS E INTERNOS AO GALPÃO DE GESTAÇÃO	53

5.2. AVALIAÇÃO DA AMPLITUDE TÉRMICA DOS DADOS CLIMÁTICOS INTERNOS	55
5.3. RESULTADOS DOS DADOS FISIOLÓGICOS.....	56
5.4. RESULTADOS DOS DADOS DE PRODUÇÃO.....	70
5.5. RESULTADOS DOS ÍNDICES DE CONFORTO	74
6. CONCLUSÕES	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
ANEXOS	91

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. PRODUÇÃO MUNDIAL DE CARNE SUÍNA SEGUNDO A FAO (2000).....	2	
FIGURA 2. ZONA DE TERMONEUTRALIDADE DOS SUÍNOS	13	
FIGURA 3. GALPÃO DE GESTAÇÃO ONDE FOI REALIZADO O EXPERIMENTO.....	44	
FIGURA 4. ESQUEMA DA DIVISÃO DO EXPERIMENTO NA SALA DE GESTAÇÃO.....	45	
FIGURA 5. LINHA EBICO DE NEBULIZAÇÃO	FIGURA 6. VENTILADOR DE 4 HELICES	46
FIGURA 7. TRATAMENTO COM SISTEMA CONTROLADO (VENTILAÇÃO FORÇADA E NEBULIZAÇÃO)	47	
FIGURA 8. SISTEMA CASP DE AUTOMAÇÃO	47	
FIGURA 9. REGISTRADORES DE DADOS DE TEMPERATURAS.	49	
FIGURA 10. APARELHO DE ULTRA-SOM	FIGURA 11. TEMÔMETRO INFRAVERMELHO.....	51
FIGURA 12. MÉDIAS DIÁRIA DE TEMPERATURA DE BULBO SECO INTERNAS E EXTERNAS, NO VERÃO.	54	
FIGURA 13. MÉDIAS DIÁRIA DE TEMPERATURA DE BULBO SECO INTERNAS E EXTERNAS, NO INVERNO.	54	
FIGURA 14. PERFIL DA INTERAÇÃO ENTRE OS FATORES(SISTEMA E ESTAÇÃO) PARA FR NO SISTEMA DE VENTILAÇÃO NATURAL E CONTROLADO.	57	
FIGURA 15. PERFIL DOS TRATAMENTOS PARA FRM (1=CONTROLADO/VERÃO; 2=NATURAL/VERÃO; 3=CONTROLADO/INVERNO; 4=NATURAL/INVERNO).....	58	
FIGURA 16. PERFIL DA DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS DA FR NO SISTEMA DE VENTILAÇÃO CONTROLADA E NATURAL DURANTE O VERÃO E INVERNO RESPECTIVAMENTE.	59	
FIGURA 17. PERFIL DA INTERAÇÃO DOS FATORES(SISTEMA E ESTAÇÃO) PARA TP.....	62	
FIGURA 18. PERFIL DOS TRATAMENTOS PARA TPM (1=CONTROLADO/VERÃO; 2=NATURAL/VERÃO; 3=CONTROLADO/INVERNO; 4=NATURAL/INVERNO).....	62	
FIGURA 19. PERFIL DAS MÉDIAS PARA TP NO SISTEMA NATURAL E FORÇADO DURANTE O VERÃO E INVERNO RESPECTIVAMENTE.	64	
FIGURA 20. PERFIL DA INTERAÇÃO ENTRE OS FATORES(SISTEMA E ESTAÇÃO) PARA ET.....	66	
FIGURA 21. PERFIL DOS TRATAMENTOS PARA ET. (1=CONTROLADO/VERÃO; 2=NATURAL/VERÃO; 3=CONTROLADO/INVERNO; 4=NATURAL/INVERNO).....	67	
FIGURA 22. DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS DE ET NOS SISTEMAS DE VENTILAÇÃO NATURAL E FORÇADO DURANTE O VERÃO E INVERNO RESPECTIVAMENTE.....	68	
FIGURA 23. MÉDIAS DE LEITÕES MF NO SISTEMA DE VENTILAÇÃO NATURAL E FORÇADO, DURANTE O VERÃO E INVERNO RESPECTIVAMENTE.	72	
FIGURA 24. PERFIL DAS MEDIAS DO PMD DOS LEITÕES NO SISTEMA DE VENTILAÇÃO NATURAL E FORÇADO DURANTE O VERÃO E INVERNO.	73	
FIGURA 25. GRÁFICO DO IBUTG NO PERÍODO DE 7 AS 13HORAS,NO VERÃO.	75	

FIGURA 26. GRÁFICO DO IBUTG NO PERÍODO DE 7 AS 13HORAS, NO INVERNO.....	75
FIGURA 27. GRÁFICO DA CTR NO PERÍODO DE 7 AS 13 HORAS, NO VERÃO.....	76
FIGURA 28. GRÁFICO DA CTR NO PERÍODO DE 7 AS 13HORAS, NO INVERNO	76

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ZONAS DE TERMONEUTRALIDADE DOS SUÍNOS.....	33
TABELA 2 - TEMPERATURA INTERNA DIÁRIA OBTIDA NA ÉPOCA QUENTE, DE ACORDO COM MODELOS E MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO EM EDIFÍCIOS COBERTOS COM TELHA DE BARRO.....	33
TABELA 3 – VALORES DA AMPLITUDE TÉRMICA DURANTE O VERÃO	55
TABELA 4 – VALORES DA AMPLITUDE TÉRMICA DURANTE O INVERNO.	56
TABELA 5 –TESTE DE TUKEY A 5% NAS MÉDIAS DE FR.....	60
TABELA 6 – TESTE DE TUKEY COM A=5% PARA AS MÉDIAS TP.....	65
TABELA 7 – TESTE DE TUKEY $\alpha =5%$ PARA AS MÉDIAS DE ET.	69

AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO PARA MATRIZES SUÍNAS EM GESTAÇÃO SEGUNDO AS CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE INTERNO

Autora: Patrícia de Sousa

Orientadora: Irenilza de Alencar Nääs

RESUMO

A produção brasileira de suínos tem crescido muito nos últimos anos, em todas as regiões do país. O rebanho nacional hoje está estimado em 37,5 milhões de cabeça. No Brasil, a carne suína representa apenas 15% do consumo total de carnes, isso mostra o grande potencial que o setor tem. As técnicas de criação podem contribuir efetivamente para a conquista da competitividade no mercado, bem como o controle sanitário e a eficiência de produção dos animais. A preocupação em fornecer ao animal um ambiente de conforto requer conhecimento dos fatores ambientais. Os objetivos do presente trabalho foram de comparar a eficiência do sistema de resfriamento com ventilação natural e controlada ao nível de conforto térmico ambiental na fase de gestação de suínos, avaliar o desempenho reprodutivo, comparar os índices de conforto térmico, bem como desenvolver equações de predição comparando o efeito do ambiente e a produção. O experimento foi desenvolvido em uma granja comercial, no período de novembro de 1998 a março de 2001, no município de Campinas – SP. Foram utilizadas 36 matrizes/tratamento/estação. Os tratamentos foram: sistema de resfriamento com ventilação controlada no verão, sistema de resfriamento com ventilação natural no verão, sistema de resfriamento com ventilação controlada no inverno e sistema de resfriamento com ventilação natural no inverno. Foram mensurados os seguintes dados fisiológicos: frequência

respiratória, temperatura da pele e espessura do toucinho, assim como, os dados de desempenho reprodutivo como: número de leitões nascidos, número de mumificados, número de natimortos, número de leitões nascidos, peso médio ao nascimento, número de leitões desmamados, peso médio ao desmame e ganho médio de peso. A partir dos dados ambientais coletados durante todo o período experimental, com uma frequência de 30 em 30 minutos, foi calculado os índices de conforto térmico IBUTG (Índice de globo e umidade) e CTR (Carga térmica de radiação). Os resultados obtidos mostraram que o sistema de resfriamento com ventilação controlada proporcionou maior conforto as matrizes. As matrizes alojadas neste tratamento obtiveram menores frequências respiratórias e temperatura de pele quando comparadas com o sistema de resfriamento natural. A diferença na espessura do toucinho não foi significativa. No desempenho produtivo, o sistema de resfriamento com ventilação controlada também proporcionou redução no número de leitões mumificados (1,3 vs 1,7) e aumentou o peso ao desmame dos leitões (100g). Os índices IBUTG e CTR foram mais baixos no sistema de resfriamento com ventilação controlado proporcionando maior bem estar aos animais alojados principalmente nas horas mais quentes do dia, entre 7 e 13 horas. Foram desenvolvidas equações de predição para temperatura de pele, frequência respiratória, número de leitões mumificados e peso ao desmame, em função dos tratamentos e estação do ano. Concluiu-se que o sistema de resfriamento com ventilação controlada foi mais eficiente para o conforto das matrizes do que o sistema com ventilação natural.

EVALUATE OF THERMAL COMFORT INDEX FOR GESTATING SOWS IN RESPECT TO INTERNAL AMBIENT CHARACTERISTICS

Author: Patrícia de Sousa

Adviser: Irenilza de Alencar Nääs

ABSTRACT

Brazilian swine production has grown lately in all regions of the country. The national herd is estimated to be around 37,3 million herds. Brazilian pork meat consumption represents only 15% of the meat consumption, showing the great potential for market expansion. Housing techniques can also contribute effectively for the competitiveness in the market as well as the sanitary control and production efficiency. To offer the lodged animal comfort special knowledge of the environmental factors is needed. In this way to select these factors is important in characterizing the meaning of comfort itself. The objective of this research were: to compare the efficiency of the system of controlled ventilation, against natural ventilation on the environmental thermal comfort during gestating of sows, to evaluate their reproductive performance, as well as to calculate thermal comfort index (WBGT and RTL) and the prediction equations. The experiment was developed at a commercial unit, from November 1998 to March 2001, in Campinas county, state of São Paulo. Thirty-six pregnant sows were used in each trial during Summer and Winter. The treatments were as follows: System using controlled ventilation during Summer; System using controlled ventilation during Winter; System using natural ventilation during Summer; and System using natural

ventilation during Winter. Respiratory rate, skin temperature and thickness back fat were measured as well as reproductive performance at the nursing housing as number of born piglets, number of mummified piglets, number of born dead piglets, number of piglets born, weight of born piglets, number of piglets weaning and weight of piglets weaning and average weight gain. Using the acquired data the environmental indexes WBGT and RTL were calculated. The results showed that controlled ventilation cooling effect induced higher thermal comfort for the sows. The sows lodged at this treatment had lower respiratory rate and skin temperature when compared to the other treatment. The thickness back fat results were not significant. At the productive performance the controlled ventilation cooling effect reduced the number of mummified piglets and increased the weaning weight gain. The WBGT and RTL indexes showed that the forced ventilation cooling effect led to better thermal comfort for the sows, mainly at hottest hours of the day, between 7AM and 1PM. Equation for predicting skin temperature, respiratory rate, number of mummified piglets and piglets average weight gain were developed as function of the treatments and season. It was concluded that controlled ventilation system was more efficient for the animals than the natural ventilation system.

1. INTRODUÇÃO

A carne suína vem sendo, desde 1978, quando superou a carne bovina em volume de produção, a principal fonte de proteína animal do mundo, mantendo desde então a liderança como a mais produzida e alcançando cerca de 88,4 milhões de toneladas em 2000, segundo dados da FAO (Órgão das Nações Unidas para Alimentação - 2000). A suinocultura pela sua capacidade de reprodução e facilidade de criação, é uma das principais atividades, para fazer frente ao desafio de produzir proteína animal de alta qualidade, e para atender à crescente necessidade da população mundial. A Figura 1 representa a produção de carne suína distribuída nos continentes em 2000.

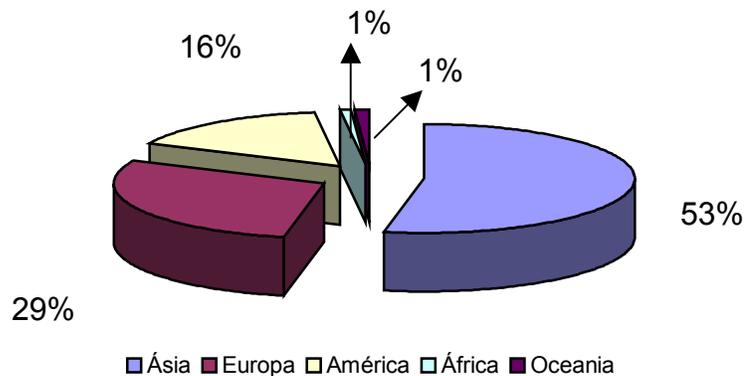


Figura 1. Produção mundial de carne suína segundo a FAO (2000).

No mundo, 44 % do consumo é de carne suína; 29 %, carne bovina; 23 %, aves, e 4 %, demais carnes. Em 1998 o consumo mundial de carne suína atingiu 14,52kg/habitante/ano. No Brasil, a carne bovina representa 52% do consumo total; a carne de frango, 34%, e a suína, apenas 15%. Segundo MENDES (1995) isso mostra o grande potencial do setor, à medida que haja aumento da renda *per capita* brasileira e maior *marketing* do produto. No Mercosul, o Brasil produz 1,29 milhões de toneladas de carne suína, que representa 16% da produção brasileira de carnes, considerando aves, bovinos, suínos e ovinos, MARTINS (1999).

A suinocultura nacional cresceu nas últimas décadas e hoje são encontradas criações tecnificadas em quase todas as regiões do país, inclusive em regiões com características climáticas bem diferentes das de clima temperado, de onde se originam as suinoculturas industriais. O Brasil ocupa a sétima posição entre os maiores países produtores de suínos, dos quais a China (45%) é o primeiro e os Estados Unidos (10%) o segundo. O rebanho nacional de suínos está estimado em 37,3 milhões de cabeças, de acordo com FAO (2000) e o número de animais abatidos em 2000, com inspeção sanitária, constituíram 22 milhões, sendo que a

produção ainda ocorre predominantemente nas regiões Sul e Sudeste do país, apesar do crescimento das atividades para a região Centro - Oeste e Goiás.

Dos países emergentes, a China e o Brasil possuem grandes áreas territoriais e ambos possuem grandes plantéis. O Brasil tem a vantagem de ser um país de clima tropical, que permite a obtenção de duas safras agrícolas, tem uma população menor, uma renda *per capita* melhor, e uma área útil praticamente semelhante, que permite o aumento da produção agrícola e das atividades suinícolas.

A evolução do consumo de carne suína seja industrializada ou *in natura*, depende da situação de mercado, que é função da estabilização da economia e redução de custos de produção, não esquecendo outros fatores como hábitos alimentares e as estratégias de mercado. As técnicas de criação podem contribuir para a conquista da competitividade no mercado, bem como o melhoramento genético do rebanho, o controle sanitário, a eficiência de produção dos animais com a melhoria da conversão alimentar e a taxa de crescimento diário, que refletirão positivamente no custo final do produto.

O desempenho produtivo e reprodutivo dos animais depende do manejo utilizado, que envolve o sistema de criação escolhido, a nutrição, a sanidade e instalações. As instalações, maior volume de investimento inicial fixo, são construídas em função dos custos e facilidades para o produtor, ficando negligenciado o conforto do animal. As perdas registradas, nas várias fases de produção, onde a maioria das instalações é inadequada às condições climáticas, ocorrem devido à falta de conhecimento de ambiência dos técnicos do setor. A instalação zootécnica, condizente com cada espécie, deve visar o controle de elementos climáticos, como a temperatura, umidade relativa, ventilação, insolação, além de higiene, alimentação e bem estar que possibilitam o conforto térmico, pois segundo a categoria animal, a produção será favorecida numa determinada condição do ambiente. As variações ambientais são controladas

com diferentes materiais de construção, dimensionamento da baia, densidade e sistema de ventilação. A preocupação não deve ser só com o conforto térmico, pois merece também atenção o estresse causado pelo estabelecimento da hierarquia social do grupo, o espaço por animal ou qualquer mudança na rotina, como troca de tratador e presença de ruídos.

O investimento em instalações para aumentar o número de animais terminados por ano, diminui o custo com o capital físico, fator este que representa cerca de 10% do custo total, conseqüentemente reduzindo o custo total de produção. Quando se fala em ambiência, é esperado o entendimento do ambiente no qual o animal vive. A preocupação em fornecer ao animal um ambiente de conforto requer o conhecimento dos fatores que definem esta adequação ambiental. São necessárias informações que orientem a compreensão das respostas produtivas dos animais sujeitos a um espaço restrito. Assim, coloca-se em questão a maneira pela qual arbitra-se sobre as características de conforto.

Atualmente, com o caráter industrial das criações, requer um controle das condições do ambiente interno visando o bem estar do animal, considerando aspectos sanitários, fisiológicos e comportamentais. Tudo isso sugere estudos multidisciplinares para o entendimento, cada vez melhor, do bem estar animal, seja para a obtenção de melhor desempenho ou, seja para adaptar animais em cativeiro, ou a regiões com clima diferente do de sua origem genética.

O efeito de um ambiente climático adequado ao animal, não representa uma melhora significativa na produção, pois há fatores como a genética, a nutrição e a sanidade do rebanho a serem considerados. A sinergia desses fatores permite estudos muito interessantes, pois não se pode isolar facilmente os fatores que atuam nesse dinamismo. Derrubando-se os limites que possam existir entre as áreas envolvidas, certamente as respostas serão mais completas e possibilitarão outras descobertas, tornando muito empreendedor esse conhecimento.

2. OBJETIVOS

São objetivos deste trabalho:

- Comparar a eficiência dos sistemas de ventilação, natural e controlada, em instalações para matrizes em gestação, considerando o nível de conforto térmico ambiental, temporização e manejo dos equipamentos de nebulização (SRAE – sistema de resfriamento adiabático evaporativo) e ventiladores;
- Avaliar o efeito do resfriamento sobre o desempenho reprodutivo de matrizes gestantes;
- Avaliar os índices de conforto e elaborar equações de predição com relação ao desempenho reprodutivo das matrizes suínas mantidas nos diferentes sistemas de ventilação.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Mecanismo de termorregulação dos suínos

Os suínos são animais homeotérmicos, capazes de controlar sua temperatura interna quando submetidos a variações de temperatura, possuindo um centro termorregulador no sistema nervoso central. O hipotálamo é o órgão responsável pelo controle da produção e dissipação de calor através de diversos mecanismos como, por exemplo, o fluxo de sangue na pele (mecanismo vasomotor), ereção de pêlos, modificações na frequência respiratória e no metabolismo (MULLER, 1982, e SYDENSTRICKER, 1993). A produção de calor interno varia devido ao metabolismo, tanto para manutenção como para produção e o calor do ambiente envolve a temperatura ambiente, velocidade do ar, radiação e tipo de cama utilizada.

Os centros nervosos dos suínos são extremamente sensíveis a mudanças na temperatura do sangue que passa através deles, e a impulsos nervosos que chegam da superfície do corpo em contato com o ar ou alguns objetos cuja temperatura seja capaz de influenciá-los (LEE e PHILLIPS, 1948). Entre os fatores ambientais responsáveis pelo pior desempenho animal, está àqueles relacionados com estresse ambiental e o esforço que os animais fazem para se adaptarem a esta condição (CURTIS, 1983). Para o animal manter a saúde, sobrevivência, produtividade e longevidade, é imprescindível a manutenção da temperatura corporal dentro dos limites das variações fisiológicas. É necessário adequado corrente de ar, alimento suficiente para sua saúde e vigor, conforto no ambiente para livre movimentação e para manifestar seu comportamento natural.

Os suínos possuem o aparelho termorregulador pouco desenvolvido, são animais sensíveis ao frio quando pequenos e sensíveis ao calor quando adultos, o que dificulta sua adaptação aos trópicos (CAVALCANTI, 1973). Os suínos, submetidos a altas temperaturas, apresentam mudanças de comportamento, como, por exemplo, deitam-se de lado com o focinho em direção ao vento, para aumentar a taxa de troca térmica por convecção através da respiração. Outra mudança de comportamento é que, normalmente defecam em local mais isolado, porém, ocorrendo o calor excessivo, eles deitam sobre seus excrementos para fugir dessas condições. São animais que começam a sofrer quando a temperatura ambiente se eleva acima de 30°C (MULLER, 1982).

Para cada espécie animal existe uma faixa de temperatura de conforto, conhecida como zona termoneutra, que é definida como a faixa de temperatura ambiente efetiva, onde a produção é ótima, sendo limitada inferiormente pela temperatura crítica inferior, onde o animal necessita aumentar a taxa de produção de calor para manter a homeotermia. Superiormente é limitada pela

temperatura crítica superior, região onde o animal deve perder calor para manter a temperatura corporal constante.

O ambiente térmico ótimo para o suíno, ou seja, a zona de conforto térmico dentro da termoneutralidade, ocorre quando a produção de calor é transferida ao ambiente sem requerer ajustes dos mecanismos homeotérmicos do próprio animal, (ASHRAE, 1985).

A zona de termoneutralidade dos animais pode ser calculada pela diferença entre a energia metabolizável fornecida na ração e a energia retida na produção e crescimento dos tecidos, (CIGR, 1989):

$$\text{Ø}_{\text{tot}} = [\text{Em} + (1-\text{Ky}) \cdot \text{Ey} + (1-\text{Kp}) \cdot \text{Ep} + (1-\text{Kg}) \cdot \text{Eg}] \cdot (11,57)$$

Onde,

Ø_{tot} = produção de calor total do animal

Em = energia metabolizável requerido para mantenha

Ky = Eficiência na produção de leite

Ey = Energia metabolizável na produção de leite

Kp = Eficiência na reprodução

Ep = Energia metabolizável na reprodução

Kg = Eficiência no crescimento

Eg = Energia metabolizável para crescimento

KOLACZ (1987), constatou que um aumento de temperatura de 20,1 para 25,5-30,7° C associado com intensiva radiação solar causou um estresse de calor nos animais. Os sinais apresentados foram caracterizados pelo aumento da temperatura corporal (de 0,96 a 1,8° C), um aumento de sete vezes na frequência respiratória, de 2 a 3 vezes maior o índice de suprimento de sangue na pele e diminuição do índice de tolerância ao calor, reforçando a necessidade de criar condições favoráveis aos animais durante o período de altas temperaturas no verão.

Segundo NÄÄS (1989), a termorregulação, apesar de ser o meio natural de controle de perdas de calor pelo organismo, representa esforços extras, culminando numa queda de produtividade. Dentre os animais domésticos os suínos são os mais sensíveis às altas

temperaturas devido ao seu elevado metabolismo, à capa de tecido adiposo subcutâneo e ao seu sistema termorregulador pouco desenvolvido.

O suíno é uma espécie animal que não transpira; quando sua temperatura retal atinge 44,4°C, os animais morrem de hipertermia, (LEE e PHILLIPS, 1948). O ambiente térmico afeta as necessidades de ingestão e manutenção alterando a taxa de eficiência de ganho de peso, bem como performance reprodutiva. A ingestão de alimentos diminui com o aumento da temperatura ambiente para provocar uma diminuição na produção interna de calor. Quando a temperatura ambiente está baixa, a ingestão de alimentos aumenta para aumentar a produção interna de calor. Portanto, quer em temperaturas altas ou baixas, ou seja, fora da zona termoneutra, há uma queda no desempenho produtivo dos suínos.

A temperatura ambiente afeta tanto a produção como a perda de calor, e sua divisão entre as perdas de calor sensível e latente. Abaixo da temperatura crítica inferior a perda de calor sensível é predominante, enquanto acima da temperatura crítica superior a perda de calor latente torna-se predominante. Devido ao fato dos suínos terem relativamente pouca função das glândulas sudoríparas, o maior componente para a aumentar a perda de calor ainda é aumentando a taxa respiratória visto que os suínos são limitados a condições quentes, (LE DIVIDICH et al., 1998).

Não existe evidência de que condições de inverno prejudicam o desenvolvimento normal de porcas em gestação. No entanto, matrizes gestantes são muitas vezes submetidas à temperatura ambiental abaixo da temperatura crítica inferior (20 a 23°C), no qual exige um ajuste nas condições das instalações, através do aumento do nível de energia consumido, uma vez que no período de frio verifica-se um aumento no consumo de nutrientes, (NOBLET et al., 1997). Entretanto, porcas gestantes submetidas ao estresse por calor, pode ocasionar em um aumento na mortalidade embrionária e fetal. Uma pequena exposição de 2 horas a 40° C entre

o segundo e o décimo terceiro dia de gestação pode causar alta mortalidade embrionária de até 60%. Da mesma forma, quando mantidas a 37,8° C por 17 horas diariamente, e depois á 32,2° C durante as próximas 7 horas entre os dias 102 e 110 de gestação, também foi registrado uma alta mortalidade fetal de 44%. Portanto, mantendo as matrizes em um constante e moderado estresse de calor (33°C) durante o primeiro mês de gestação não há efeito no índice de mortalidade embrionária.

O requerimento térmico dos suínos é na maioria das vezes, baseado na determinação das temperaturas críticas inferiores. De fato, a retenção de energia é maximizada na temperatura crítica inferior, e conseqüentemente ganhos satisfatórios são esperados e condições ótimas para porcas em gestação, (LE DIVIDICH et al., 1998).

ANDERSEN et al. (1999) constataram que, durante o inverno, quando os suínos são submetidos a baixas temperaturas, podem sofrer estresse pelo frio. Abaixo da temperatura crítica inferior, o suíno poderá perder peso, a menos que a quantidade de alimento ou nutrientes seja aumentada. As porcas em gestação que são submetidas à restrição alimentar, possuem uma alta temperatura crítica inferior. Em baias individuais as porcas gestantes possuem temperaturas críticas inferiores de 20 a 23°C, no entanto, para porcas em grupo este valor passa a ser 14°C.

3.2. Desempenho fisiológico dos suínos

Dentre os parâmetros fisiológicos, as taxas de respiração e temperatura da pele são consideradas dois bons indicadores de estresse térmico. HEITMAN et. al. (1949) compararam suínos de vários pesos num período de 7 dias com a temperatura ambiente variando de 15 a 40° C

com uma umidade relativa constante e encontraram que, quando a temperatura aumentava, havia também um aumento na frequência respiratória e na temperatura do corpo e uma redução na pulsação dos animais. O aumentando da umidade relativa de 30 para 95% propiciou um rápido aumento na frequência respiratória e na temperatura corporal.

Da mesma forma, CULVER, et. al. (1960) observaram em seus experimentos que suínos submetidos a água e com espaço para deitar e se molhar, apresentaram uma menor frequência respiratória e temperatura retal em altas temperaturas, quando comparado com instalações convencionais ou apenas com jato de água periodicamente.

Experimentos conduzidos por WENDT et al. (1997) evidenciaram que uma significativa influência da temperatura da pele pode ser compensada para a temperatura ambiente e peso corporal, mas, não para umidade relativa do ar. Os mesmos autores estimaram a temperatura retal em suínos utilizando a temperatura da pele em consideração a diferentes fatores como peso, temperatura ambiente e umidade relativa e determinaram a seguinte equação para matrizes suínas:

$RT = ST + 31,511 - 0,074X1 - 0,651X2 - 0,011X3$, ($r=0,641$); onde, X1 temperatura ambiente, X2 temperatura da pele, X3 peso corporal.

Como as perdas de calor sensível diminuíram, o animal deve utilizar mais as perdas de calor latente para dissipar o calor produzido. Desde que o suíno aumente as perdas de calor latente por palpitações, a taxa respiratória aumentará à medida que a temperatura ambiente aumentar, (BROW-BRABDL et al., 2000).

Da mesma forma YAN et al., (2000) estudaram o ambiente térmico dos suínos, medindo-se as perdas de calor sensível, total de perdas de calor por evaporação, temperatura retal, temperatura da pele e frequência respiratória, quando os animais foram expostos a temperaturas de 10, 15, 20, 25, 30 e 35°C, durante 8 horas por dia. Os autores concluíram que em temperaturas

de 10 a 35°C, a temperatura da pele aumentou em 0,47 para cada 1°C no aumento da temperatura ambiental. Um aumento na temperatura retal, frequência respiratória e perda de calor por evaporação foi observado quando a temperatura do ambiente atingiu 31°C ou mais. Portanto, as mudanças na temperatura retal, temperatura da pele e frequência respiratória foram os principais parâmetros as quais mostraram influência no complexo fator térmico para o manejo do ambiente para suínos.

Quando a temperatura ambiente aproxima ao da temperatura crítica superior os suínos aumenta gradativamente a taxa de respiração e utiliza estratégias de comportamento para aclimatar-se, tais como, molhar a pele como forma de aumentar a perda de calor por evaporação através do trato respiratória e da pele. No verão, quando a temperatura do ar é muito alta nas instalações de suínos, na Austrália, constatou-se menor eficiência produtiva e reprodutiva da criação, (BANHAZI et al., 2000).

TAVARES et. al., (2000) avaliaram a influência da temperatura ambiental na performance de suínos e constataram que, em estresse de calor, os animais tiveram menor ganho de peso sem afetar entretanto as características de carcaça, sendo que a frequência respiratória foi mantida elevada.

3.3. Influência das temperaturas críticas na produtividade de suínos

BRUCE e CLARK (1979), desenvolveram um modelo para obter a temperatura crítica mínima (TCm), definida como a temperatura ambiente na qual os suínos estão estressados pelo frio. BLACK et al. (1986), propuseram o cálculo da temperatura crítica máxima (TCM), temperatura ambiente a partir da qual os suínos estão estressados pelo calor. As variáveis

utilizadas para a determinação da temperatura crítica máxima (TCM), foram à temperatura, velocidade e umidade do ar, tipo de piso da instalação, peso vivo dos animais e tamanho do grupo. A Figura 2 mostra a Zona de Termoneutralidade em suínos.

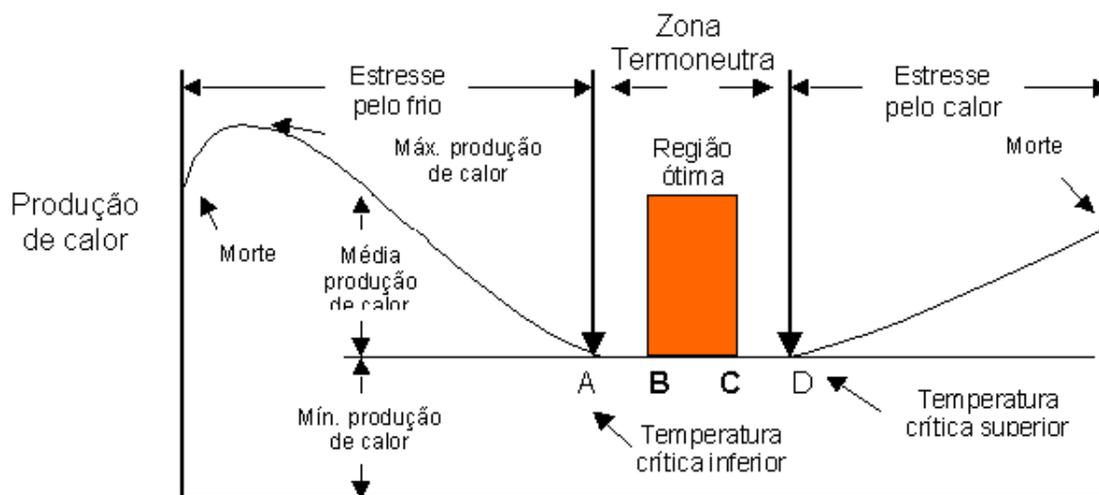


Figura 2. Zona de termoneutralidade dos suínos

Abaixo da zona de termoneutralidade o animal aumenta a produção de calor para manter sua homeotermia. No entanto o grau de tolerâncias animais é determinado pela máxima produção de calor. Se a demanda do ambiente térmico excede o limite máximo de produção de calor ocorre a hipotermia e pode causar até a morte do animal. Acima da zona de termoneutralidade o animal aumenta sua produção de calor, como consequência do aumento da temperatura corporal, devido ao inadequado sistema de perda de calor por evaporação dos suínos. Portanto, dados comparativos de zona de termoneutralidade entre diferentes raças de suínos são importantes para a produção industrial. Esta informação é importante para ajudar na escolha da raça que melhor se adapte para ótima produção tanto em regiões frias ou quentes, (YOUSEF, 1985).

Existem sensores de temperatura nos suínos designados como estruturas neurais específicas para temperatura sensitiva, na pele, regiões da medula espinhal e em muitas áreas localizadas no hipotálamo. Nessas regiões são encontrados sensores em alta concentração comparado com outras partes do corpo. O efeito termoregulatório inclui processos de comportamento específico nos animais e processos automáticos como produção ou perda de calor. No caso de perda de calor, podendo ser evaporativas ou não evaporativas. No caso dos suínos, são animais que sofrem com o calor, pois, são incapazes de transpirar quando a temperatura do ambiente se aproxima da temperatura corporal, pois, sob essas condições o calor só pode ser perdido por evaporação, (YOUSEF, 1985). Segundo INGRAM, citado por YOUSEF (1985), que comparou o efeito de lama e água, após a aplicação de água, a perda por evaporação aumentou consideravelmente e obteve um nível de transpiração elevado, mas, o efeito só permaneceu por 15min. No entanto, após a pele estar lambuzada de lama o processo evaporativo continua em torno de 2 horas.

Idade, sexo, raça, condições das instalações e saúde dos animais vão influenciar na sua produção de calor. Uma alta pressão de vapor pode causar efeitos negativos em suínos quando estressados pelo frio porque aumentando a pressão causa redução na evaporação e assim o piso e as paredes estarão mais molhadas e temperatura crítica inferior vai aumentar, (YOUSEF, 1985). O mesmo autor concluiu que existe uma clara evidência que o requerimento de proteína bruta na dieta de suínos varia com a temperatura ambiente. Assim, a concentração de proteína da dieta pode ser reduzida quando o animal estiver submetido ao frio intenso. Em contrapartida durante o estresse de calor a pressão de vapor é importante porque o animal pode perder calor por evaporação. O efeito da velocidade do vento, radiação térmica, instalações e tamanho do grupo deve se considerado e também deve ser incluído o efeito da temperatura no desenvolvimento e utilização dos alimentos. O peso também é importante porque animais mais pesados são mais

sensíveis ao calor que os mais leves. O estresse pelo calor diminui o consumo, sugere-se desta forma que a concentração de nutrientes nas dietas devem ser aumentadas.

MONTHEITH (1974) concluiu que a zona de termoneutralidade está situada onde o metabolismo e o esforço termorregulatório é mínimo e a produtividade é ótima. A zona de termoneutralidade depende da idade, raça, nível de nutrição, aclimatização, nível de produtividade, condições das instalações tais como, insolação e comportamento dos animais.

Os efeitos de temperatura, umidade relativa, radiação solar e ventilação, atuando direta ou indiretamente sobre o animal, podem levá-lo a uma situação de estresse climático, com queda na produtividade. Segundo SYDENSTRICKER (1993), SELYE, em 1936, foi o primeiro pesquisador a descrever algumas das reações envolvidas no estresse. Observou que diversos agentes nocivos ao organismo, causam dilatação no córtex da adrenal como consequência da “síndrome de estresse”. O suíno estressado apresenta um desequilíbrio hormonal decorrente da excessiva atividade do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal. Esses hormônios servem para adaptar o organismo a ação de estressores. Várias funções fisiológicas e metabólicas são alteradas por causa deste desequilíbrio hormonal, como é o caso do crescimento, reprodução e produção. A zona termoneutra varia segundo o estágio de desenvolvimento em que se encontra o animal. Em condições de manutenção, pouco calor está envolvido no metabolismo, com isto, a temperatura crítica alta, é mais elevada. Animais em estágio de crescimento produzem grande quantidade de calor em função da alta taxa metabólica, o que faz cair a temperatura crítica alta (SYDENSTRICKER, 1993).

Quando os suínos são mantidos em ambientes com temperaturas maiores ou menores que 21°C há diminuição no ganho de peso, tanto para altas como para baixas temperaturas, porém temperaturas altas são mais prejudiciais. Quando os suínos são submetidos a uma temperatura de 43,2°C todos os suínos perdem peso e poucos são os que sobrevivem,

(HEITMAN, 1949 e MULLER, 1982). Segundo CLARK (1981), em condições de calor os suínos necessitam minimizar a resistência à perdas de calor, e se for necessário, podem reduzir sua produção de calor, diminuindo o consumo de alimentos o que não é tecnicamente desejável.

Como constataram MANGOLD et al. (1967), condições ambientes inadequadas afetam negativamente a produção. Com temperatura ambiente muito baixa, abaixo das temperaturas de conforto, o crescimento dos animais torna-se lento. Ocorre também nessa situação uma piora de qualidade da carne com o acréscimo de gordura e aumento da espessura de toucinho.

Temperaturas muito altas, por outro lado, também causam redução na performance produtiva, assim como na qualidade de carcaça de suínos, como é citado em MCLEAN (1969). Em situações de estresse térmico, o estado imunológico dos suínos fica deprimido, resultando numa menor resistência às infecções. Doenças gastrintestinais são facilmente transmitidas e pode ser evitado com o simples controle de temperatura e umidade nos galpões. Também a diarreia suína tem seu aparecimento no rebanho quando este está sujeito a grandes variações de temperatura e umidade. Vários autores apresentam o diferencial de temperatura máxima e mínima como um fator negativo para a produção. Ainda doenças do aparelho respiratório surgem entre o rebanho, quando estes se encontram em condições fora da região de termoneutralidade.

GRZEGORZAK (1985) concluiu que condições térmicas durante o verão tropical com temperatura do ar acima de 25°C e com intensiva radiação solar, produziu claramente sintomas de hipertermia em porcas gestantes, durante as primeiras e ultimas semanas de gestação. Características das reações termorregulatórias em porcas submetidas a condições de estresse térmico foram as seguintes: aumento da temperatura retal e temperatura da pele, aceleração da

freqüência respiratória, diminuição na emissão de calor sensível, aumento da vasodilatação, diminuição dos tecidos e insolação externa. O mesmo autor constatou que de todos os métodos utilizados para o resfriamento de porcas durante dias quentes, o mais efetivo foi molhar os animais com água fria, enquanto apenas os ares provenientes dos ventiladores não foram suficientes para resfriar o ambiente.

Segundo FIALHO (1997), os suínos possuem uma série de mecanismos para manter a homeotermia. A zona de termoneutralidade é definida como sendo ao limite das condições do ambiente sob o qual o metabolismo do animal e as perdas de calor por evaporação são mínimos. Qualquer alteração nesse limite de temperatura causa mudanças no metabolismo e na produção de calor dos animais. Se a temperatura do ambiente estiver abaixo da zona de termoneutralidade o metabolismo aumenta com o objetivo de incrementar a produção de calor. Mas se a temperatura subir acima da zona de termoneutralidade, a perda de calor por evaporação aumenta, através de mudanças na taxa do sistema respiratório e evaporação da água na pele. Existe também uma aceleração nas reações químicas devido à alta temperatura corporal, que responde com o aumento no metabolismo.

LORUELEC et al. (1996), verificaram a influência das diferentes condições climáticas na performance reprodutiva de fêmeas. Avaliou-se num período relativamente fresco e seco e outro quente e úmido. Os resultados mostraram que a performance reprodutiva das matrizes foi inferior em clima tropical do que aquelas mantidas em clima temperado.

CHAGNON et al. (1991), constataram um alto índice de mortalidade de matrizes durante os meses de verão em granjas comerciais, uma vez que, matrizes em confinamento total são altamente susceptíveis ao estresse pelo calor. De acordo com outros autores, dentre outros fatores as altas temperaturas de verão contribuem para o aumento dos batimentos cardíaco e conseqüente mortalidade dos animais. CLARK et al. (1981), constataram que em caso de animais

mantidos confinados em altas temperaturas, os ventiladores e em alguns casos até, sistemas de resfriamento evaporativo, gotejamento e jatos de água sobre os animais podem ser usados como alternativas para reduzir o estresse pelo calor e conseqüentemente diminuir a mortalidade dos animais.

BULL et al. (1997), compararam três diferentes sistemas de resfriamento em instalações para marrãs, onde as variações fisiológicas de frequência respiratória e temperatura retal foram medidas diariamente. Os autores concluíram que as marrãs utilizaram diferentes comportamentos para termoregulação de acordo com as mudanças no ambiente. As marrãs preferem resfriamento condutivo em lamina d'água a resfriamento do focinho e gotejamento. O sistema de resfriamento via lamina d'água proporcionou menor taxa de frequência respiratória e baixa temperatura retal.

3.4. O microclima e a reprodução dos suínos

Atualmente sabe-se que o estresse calórico pode comprometer as funções reprodutivas como ocorrência e intervalo entre ovulações, demonstração de estro, viabilidade dos gametas, sobrevivência dos embriões, e desenvolvimento fetal. Como conseqüência, o desempenho reprodutivo, isto é, demonstração de cio, intervalo entre parto e concepção, e taxa de concepção são afetados pela temperatura, bem como pela estação do ano (RAY et al., 1993). A função reprodutiva é afetada negativamente pelas temperaturas acima das temperaturas críticas máximas, isso é descrito por diversos autores. Em machos observam-se mudanças comportamentais, como diminuição da libido sexual. A espermatogênese é afetada em condições de altas temperaturas devido ao aquecimento local dos testículos e ao desequilíbrio hormonal e metabólico decorrente do estresse, comprometendo a qualidade do sêmen, com diminuição do volume espermático,

diminuição na concentração e na mobilidade de espermatozoides, bem como o aparecimento de células anormais, (SYDENSTRICKER, 1993).

As fêmeas também têm sua função reprodutiva afetada sob condições de calor excessivo. Segundo EDWARDS et al. (1968), em várias espécies verificou-se a ocorrência de mortalidade pré-natal na fase inicial da prenhez, em fêmeas expostas a elevadas temperaturas. As temperaturas críticas inferior são de 7° C e superior de 20 a 23° C, para porcas prenhas são citadas por PERDOMO (1995). A temperatura ótima recomendada para as porcas em gestação varia entre 12,8 e 18,3° C.

Elevadas temperaturas comprometem a duração do ciclo estral em porcas (WETTEMAN e BAZER, 1985). A concentração de estradiol diminui e a de progesterona aumentou quando as porcas em gestação foram expostas as altas temperaturas (35,1° C). Isto sugere que estresse térmico pode inibir o desenvolvimento folicular durante o começo do ciclo estral, e conseqüentemente, estender o período de anestro. A influência do estresse térmico durante começo, meio e fim da prenhez foi testada por OMTVEDT et al. (1971). Porcas mantidas em estresse térmico (37,8° C) de 0 a 8 dias ou de 8 a 16 dias pós-parto tiveram taxa de concepção e número de leitegada menor que o do grupo controle (23,3° C). Os danos causados pela elevada temperatura foram maiores no grupo submetido entre 0 e 8 dias pós-parto do que ao mantido entre 8 e 16 dias pós-parto, sugerindo maior suscetibilidade dos embriões durante o período de implantação. Podendo concluir que porcas no meio de gestação são relativamente resistentes a altas temperaturas, enquanto porcas no começo ou final de gestação são altamente suscetíveis.

O crescimento dos fetos é reduzido, quando as fêmeas são expostas a elevadas temperaturas, sendo o grau de redução proporcional ao período de exposição da fêmea (HAFEZ, 1973). Ainda segundo o mesmo autor, a ovulação é o que mais sofre com o calor. O calor provoca um maior número de ovulações, porém com cios silenciosos o que dificulta detectá-los,

sendo inconveniente para a produção industrial, principalmente quando se utiliza inseminação artificial. Outra conseqüência do calor é a displasia placentária, propiciando o aborto nas fêmeas.

Os efeitos do ambiente sobre a vida reprodutiva são bastante evidentes, sendo a reprodução mais atingida do que o ganho de peso, (MULLER, 1982). Há evidências que a temperatura pode afetar a reprodução em várias fases, desde o desenvolvimento da puberdade, à concepção. Particularmente, as temperaturas elevadas atrasam o início da puberdade, diminuem a taxa de concepção e aumentam a mortalidade de embriões. Alguns desses efeitos ocorrem diretamente nos órgãos reprodutivos, testículos e o útero. Além disso, a temperatura pode agir via hormônios, atuando sobre o período estral, no comportamento sexual, na concentração de progesterona e LH de fêmeas submetidas a altas temperaturas, (CLARK, 1981). Em machos, o excesso de calor faz com que os testículos percam peso e os túbulos seminíferos degenerem, fazendo com que o volume total do sêmen seja reduzido, afetando negativamente sua concentração e motilidade, (JOHNSON e GOMES, 1969).

A mortalidade embrionária em algumas espécies pode estar ligada à exposição da mãe a temperaturas elevadas, principalmente nos países tropicais, (DERIVAUX, 1989). Segundo o mesmo autor, a ação da temperatura elevada pode aumentar a freqüência de ciclos estrais prolongados, queda de porcentagem de partos e redução do número de leitões por leitegada, assim como o aumento do índice de abortos e diminuição do peso dos leitões ao nascer. A taxa de concepção de suínos decresce em até 30% do normal quando a temperatura do ar atinge 32°C. São notadas também dificuldades no nascimento e decréscimo no número de embriões vivos em altas temperaturas. Em caso de estresse severo, ASHRAE (1985), constatou casos de aborto.

PRUNNIER, et al. (1997) concluíram que elevada temperatura ambiente induz a adaptações metabólicas e endócrinas de matrizes no qual possuem conseqüências negativas no

consumo de alimento, produção de leite e na performance reprodutiva. Ocorre também modificação nas reservas corporais com o objetivo de limitar a produção de calor. A redução do consumo de alimentos das fêmeas em lactação submetidas a alta temperatura implica no atraso do retorno ao estro após o desmame.

YOUSEF (1985) constatou que os hormônios pituitários que estão envolvidos no estresse térmico, como hormônio de crescimento LH e ADH, modificaram em função da mudança da temperatura do ambiente de -5° C para 35° C. O hormônio ADH não mostrou nenhuma mudança no plasma ou fluxo de urina em suínos. No entanto, quando a temperatura retal aumentou para 41° C (numa temperatura de 45 a 50° C), o ADH aumentou e o fluxo de urina diminuiu. O aumento na ADH foi controlado pelo resfriamento da região de temperatura - sensível no sistema nervoso central. O clima produz efeitos deletérios na reprodução de suínos dentre eles a má formação ovariana e embrionária em fêmeas.

YOUSEF (1985) salientou que o calor reduz a gonadotropina (LH), durante o período pré ovulatório e entre períodos, e aumenta o nível de progesterona. O aumento da concentração de progesterona no plasma contribui para a regressão do corpo lúteo. É possível que, reduzindo o plasma glucocorticóides durante o calor, reflète na inativação da enzima 17-hidroxiase na adrenal cortex que é responsável pela síntese de cortisol no progesterona, assim aumenta a acumulação de metabólitos de progesterona.

OLIVEIRA et al. (1999), estudaram a influência da temperatura ambiental na performance de marrãs e seus níveis de hormônio e concluíram que as concentrações de tireóide, triiodotironina e tiroxina no plasma foram reduzidas, quando a temperatura aumentou. E a taxa de respiração dos animais submetidos ao estresse térmico aumentou em 36%. Segundo revisão realizada por FIALHO (1994) a evaporação é o principal mecanismo de

perda de calor nos suínos e ocorre principalmente pelo sistema respiratório, aumentando a frequência respiratória dos animais submetidos as altas temperaturas.

BECKER, et al., (1996) constataram respostas endócrinas e termorregulatórias em suínos expostos no verão (34°C) e no inverno (10°C). Registrou-se que concentrações de cortisol aumentaram significativamente durante o calor e o frio, mostrando melhor resposta no calor do que no frio. A resposta da prolactina ocorreu durante a exposição aguda de calor. A secreção de hormônios de crescimento aumentou durante a exposição aguda ao frio. Os mesmos autores compararam as duas rotinas de exposição de animais em diferentes temperaturas, e mostraram que não houve nenhuma diferença na temperatura corporal entre as horas medidas. No entanto, a amplitude do dia influenciou na temperatura corporal em apenas 0,5° C nos animais submetidos a 27-32° C, comparado com 0,8° C para os animais submetidos a 21° C.

Na Austrália, verificou-se que a fertilidade de porcas e marrãs usualmente reduzia no final do verão e início do outono, referindo-se como estação de infertilidade. Devido ao fato da infertilidade ocorrer nos meses mais quente, sugeriu-se que o estresse pelo calor era o maior agente causador da infertilidade. WILLIAMSON et al. (1980) prepuseram que a época de infertilidade era mais complexo do que apenas o fator clima. O mesmo autor sugeriu que, além do clima, os fatores sociais, manejo, comportamento e nutrição também podem contribuir para a infertilidade.

WAN et al. (1993) concluíram que os suínos com alto potencial adrenal, responsável pelo estresse, foram mais susceptíveis a sofrer infertilidade. A associação entre a resposta adrenal e o elevado aumento da infertilidade sugere uma possível maneira de reduzir a incidência de infertilidade no período quente, selecionando animais que respondem melhores as mudanças climáticas.

SIGNORET (1996) detectou que uma alta quantidade de estereótipos em matrizes está correlacionada com elevados níveis de estimulação dos hormônios adrenocortisoltrópicos, enquanto TERLOUW et al. (1993) não encontraram nenhuma relação entre os níveis de estereótipos e plasma cortisol.

O estresse pelo calor produz mais alto nível de absorção, número de leitão mumificado e também altera o nível de LH, e progesterona, (PIVA, 1993).

DEDE et al. (1989), constataram influência negativa dos fatores ambientais sobre o atraso da puberdade das leitoas. Este atraso tem sido atribuído a adrenal cortéx, uma vez que o hormônio adrenocorticotrópico (ACTH), diminui a taxa de crescimento e propicia um atraso no início da maturidade sexual. Em seus trabalhos, as glândulas das adrenais aumentaram seu desenvolvimento em marrãs estressadas pelo calor, indicando assim, um aumento na atividade adrenocortical e uma maior concentração de glucocorticoides. Estes hormônios devem ser mantidos em equilíbrio como forma de amenizar o estresse causado pelo ambiente. Os mesmos autores concluíram que, em marrãs estressadas pelo calor, demonstrou um considerável aumento na taxa respiratória, mesmo quando a temperatura corporal não aumentasse mais que 1,2° C. No entanto, a ausência de aclimatização a altas temperaturas e umidade em ambientes tropicais tem efeitos deletérios na reprodução e contribui ainda mais para o atraso na puberdade.

GWAZDAUSKAS et al. (1972), sugeriram que o aumento da secreção de ACTH está associado com o aumento da temperatura ambiente durante o verão, podendo assim estimular a secreção de progesterona das glândulas adrenais as quais podem ser responsáveis pelo anestro em fêmeas suínas.

WHITE et al. (1998), estudando a fertilidade em machos suínos concluíram que um aumento nos índices de temperatura ambiental, temperatura de globo e umidade relativa foi

linearmente relacionado com o aumento da taxa respiratória e infertilidade dos reprodutores. Quando estes mesmos animais foram submetidos ao resfriamento com jatos de água, não mostraram modificações na taxa respiratória e conseqüentemente a fertilidade também não foi alterada. O estresse de calor tem propiciado resultados negativos tanto em machos inteiros como em fêmeas, uma vez que a redução da taxa de concepção em fêmeas está relacionada com a redução da baixa qualidade do sêmen. Os autores sugeriram que a combinação de cortinas, resfriamento com água e ventilação, constitui em alternativas para controlar as altas temperaturas ambientais.

EINARSSON et al. (1996), definiram as manifestações de estresse como distúrbios de homeostase, que estão normalmente relacionados com o aumento da atividade do Hipotálamo-pituitary-adrenal (HPA) e com a ativação do sistema simpático adreno-medular (SA). A ativação do sistema HPA resulta na secreção de peptídeos do hipotálamo, principalmente liberação do hormônio corticotropina (CRH), no qual estimula a liberação de hormônios β - endorfina e adrenocorticotropico (ACTH) do hipotálamo e pituitária. O ACTH induz a secreção de corticoesteróides do córtex adrenal, no qual pode ser verificado em suínos quando estes são submetidos a agudo estressores físicos e/ou fisiológicos. O estresse está relacionado com a redução das funções reprodutivas e dentro outras causas, uma inadequada termorregulação contribui para um impacto negativo nas primeiras semanas de gestação em fêmeas suínas.

Os suínos são muito sensíveis a elevadas temperaturas ambientais, por sua inabilidade em perder calor por evaporação. A ativação do sistema HPA é somente um de vários mecanismos envolvidos, quando os suínos são submetidos a temperaturas extremas. EDWARDS et al. (1968), examinaram o número de corpos lúteos e embriões vivos em marrãs

submetidas a diferentes temperaturas. Os autores concluíram que a taxa de concepção e o número de embriões viáveis foram mais baixos em marrãs submetidas às altas temperaturas durante o período de 15 dias após a inseminação. Os resultados mostraram que o estresse pelo calor é mais crítico durante os primeiros 15 dias de gestação, do que entre 15 e 30 dias subseqüentes. Da mesma forma OMTVEDT et al. (1971), utilizaram o mesmo procedimento experimental e encontraram uma significativa redução no número de embriões viáveis, em marrãs submetidas a altas temperaturas durante os dias 8 – 16 de gestação, do que de 0 – 8 dias após a inseminação.

3.5. Mecanismos de resfriamento de ambiente para suínos

O condicionamento térmico é função basicamente do isolamento térmico e da ventilação. A radiação solar incidente e o calor gerado pelos animais constituem as principais fontes de calor nas edificações. O primeiro pode ser controlado pelo isolamento térmico, e o segundo, pela ventilação, (WATSON, 1971).

Ventilação é um processo que controla vários fatores do ambiente pela diluição do ar interno através do ar externo. Os sistemas de ventilação afetam a temperatura do ar, o nível de umidade do ar, a umidade das superfícies, uniformidade na temperatura do ar, velocidade do vento na superfície dos animais e controle da concentração de gases e odor dentro das instalações, (LINDLEY et al., 1996).

As exigências de ventilação obedecem a critérios distintos. A ventilação de higiene tem caráter permanente, enquanto a de conforto térmico varia com as flutuações ambientais.

De acordo com CURTIS e BACKSTROM (1992), para estas condições, o conhecimento do comportamento do fluxo de ar é essencial para o entendimento do ambiente térmico.

Os sistemas de ventilação podem ser naturais, forçados ou a combinação dos dois sistemas. Os estilos das instalações e manejo são muitas vezes mais críticos no sistema de ventilação natural do que no sistema de ventilação forçado. O sistema de ventilação natural é manejado de forma que, durante o inverno, a temperatura dentro das instalações atinja somente 3° C acima da temperatura ambiente. Com o manejo correto da ventilação é possível ventilar o ambiente permanecendo com a mínima suplementação de calor, (LINDLEY et. al., 1996). Durante o verão, em instalações fechadas, o sistema de ventilações também é usado com o objetivo de resfriamento, utilizando ventiladores com capacidade acima do requerido durante o inverno.

Resfriamento evaporativo reduz a temperatura por vaporização da água causando um aumento na umidade relativa. O sistema de resfriamento com água, molha a pele dos animais facilitando as trocas de calor por evaporação. Dentre os sistemas de resfriamento os nebulizadores são os mais eficientes para o resfriamento do ar. O sistema de gotejamento sobre a nuca é preferido em maternidade, neste caso os leitões permanecem secos, (LINDLEY et. al., 1996).

O sistema de nebulização adotado permite a formação de gotículas extremamente pequenas, que aumentam a superfície de contato de uma gota d'água exposta ao ar, assegurando uma evaporação mais rápida. A nebulização associada à movimentação de ar ocasionada pelos ventiladores acelera a evaporação, e evita que a pulverização ocorra em um só local, e venha molhar a cama do animal. Um nebulizador bem calibrado com água limpa é capaz de dividir uma gota d' água em 611 gotículas com diâmetro de 0,5mm e área total cerca de 850 vezes maior, de acordo com MARQUES (1992). O mesmo autor constatou que ao

passar do estado líquido para o gasoso, a água retira do ambiente cerca de 584 kcal para cada kg de água evaporada, dependendo da temperatura do ambiente.

Segundo JOHON e GEORGE (1992) existem várias aplicações nas práticas de ventilação, mas a necessidade dos animais sempre detecta o mesmo requerimento de ventilação, para uma boa eficiência reprodutiva. A suplementação de ar no espaço de cada animal com velocidade e trajetória apropriadas para condições de corrente de ar confortável ocorre com a remoção da umidade, gases e odores e controlando a temperatura para facilitar a produção.

De acordo com NÄÄS (1989) o objetivo da ventilação é a remoção da umidade que se forma dentro da edificação, e o excesso de calor gerado pela presença dos animais e trazido para dentro do prédio através das paredes, teto, e através da própria ventilação natural. Muitas vezes é desejável a manutenção do calor interno, principalmente nos meses frio, onde a função da ventilação será apenas a renovação do ar e remoção dos gases e do vapor d'água, sob a forma de umidade. Em situações onde a temperatura ambiental é mais elevada que a ótima, um aumento na ventilação é benéfico para os suínos. Entretanto, a ventilação afeta a capacidade de isolamento da pele, elevando a temperatura crítica do suíno e, conseqüentemente, aumentando o estresse devido ao frio.

No sistema de ventilação forçada, as trocas de ar dentro das instalações são estabelecidas por ventiladores. Este sistema difere do sistema de ventilação natural por ser menos dependente da velocidade do vento e suas flutuações, e por apresentar continuado consumo de energia. A principal vantagem do sistema de ventilação forçado é a possibilidade de controlar a taxa de ventilação. Os sistemas de pressão positiva são os mais utilizados para animais, onde os ventiladores forçam a entrada do ar externo para dentro das instalações. Nas construções para animais, o fluxo de ar deve ser manejado para fornecer adequada velocidade

do ar ao nível do corpo. Para que haja uma correta distribuição, os resultados de pesquisas indicam que, a velocidade do ar que entra deve estar entre 2 e 10m/s. Ventiladores mais simples operam somente em uma velocidade, mas outros possuem uma faixa maior de velocidades, estes são os mais indicados principalmente para situações em que a temperatura externa varia muito durante o dia.

O controle do sistema de ventilação pode ser obtido por meio de termostatos, que registram a temperatura do ar, em determinado ponto da área, e ativam os ventiladores. Os termostatos e outros equipamentos sensores utilizados para o controle do sistema de ventilação devem ser locados no centro da área ventilada, longe de qualquer objeto que afete o seu desempenho, (BAÊTA et. al., 1997).

A taxa de resfriamento pode ser aumentada quando associada com a ventilação forçada. O uso de ventiladores é essencial em instalações que não possuem bom fluxo natural de ar. Os nebulizadores são normalmente ligados e desligados automaticamente para promoverem intermitentemente molhar e secar. A duração de cada período de nebulização depende da taxa de água e das condições climáticas do local. A nebulização com um ciclo de 30minutos ligada para 5 até 15minutos desligada promove uma boa refrigeração com um mínimo uso de água. O fluxo de ar deve ser na forma de ar fresco e seco vindo do exterior da edificação, do que o ar reciclado que logo se tornará saturado. A distribuição de ar em áreas de confinamento não será crítica se todo animal tiver acesso aos nebulizadores e a movimentação de ar, (HELLICKSON et al. 1983).

O resfriamento pode ser usado para reduzir o efeito do estresse pelo calor nos animais. As perdas na produtividade podem ser resultado da redução do consumo de ração que pode ser evitado, bem como, a eficiência reprodutiva no qual pode ser muito séria durante o período quente. Temperaturas acima de 24 a 27°C podem causar perdas no desempenho

produtivo e reprodutivo dos suínos. Em altas temperaturas os suínos perdem de 60 a 70% do calor corporal por resfriamento evaporativo.

BULL et al. (1997) analisaram a performance reprodutiva de marrãs submetidas a diferentes sistemas de resfriamento (resfriamento adiabático, gotejamento e resfriamento no focinho), mediram a temperatura retal e a taxa de respiração e concluíram que os animais preferem o resfriamento adiabático, ou seja, trocas de calor por condução, sendo que apresentou menor taxa de respiração e menor temperatura retal. Da mesma forma, BANHAZI (2001), estudou a influência do resfriamento com jatos de água em suínos e concluiu que o consumo diário de ração aumentou em 5,8% e melhorou a conversão alimentar em 4,5% e 11,2% de aumento no ganho de peso diário dos mesmos. Constatou também, que este resfriamento foi o de menor custo e constitui em um simples método para redução dos efeitos negativos do calor e propicia melhorias na eficiência da produção e bem estar dos animais.

O manejo ambiental das instalações tropicais depende do clima, da localização e da condição econômica da exploração e, a adequação da troca de calor entre os animais e o ambiente pode reduzir consideravelmente o desconforto térmico, as formas com que se pode atingir o conforto, são descritas por vários autores. Os efeitos de temperatura, umidade, radiação solar e ventilação atuando direta ou indiretamente sobre o animal, podem levá-lo ao estresse climático, com queda no crescimento, produtividade e reprodução.

A melhoria das instalações reflete em uma melhor eficiência alimentar, melhor crescimento, melhor produção e qualidade de subprodutos, melhor controle de enfermidades, melhor condição de trabalho dos tratadores, e por fim, redução da mortalidade, (BOND, 1968). Segundo o mesmo autor, o resfriamento do piso é um meio efetivo de redução do estresse térmico de suínos já que é da própria natureza destes animais deitar para tentar perder

calor para o piso, que quanto mais refrescante for mais efetivo será o processo de troca de calor.

Pesquisas publicadas no relatório de grupos de trabalho “Comission Internacional du Génie Rural”, CIGR (1989), indicam a eficiência de algumas técnicas de resfriamento em suínos de vários pesos, quando submetidos a altas temperaturas. Segundo essas pesquisas, existe uma variação da temperatura crítica alta (TCA) dos animais quando estes são molhados por um mecanismo aspersor. Neste caso, há praticamente um acréscimo de resistência a temperaturas altas de até 7°C para suínos com pele molhada. Ao se molhar os corredores e paredes dos galpões consegue-se redução na temperatura de 2°C a 3°C. Ao molhar-se os telhados e movimentar-se o ar das instalações obtém resultados mais significativos. Entretanto, o sistema de pulverização de água na forma de névoa internamente tem mostrado ser o processo mais efetivo, de acordo com os resultados obtidos por PIVA (1993).

A primeira condição de conforto térmico, segundo ESMAY (1982), é que o balanço térmico seja nulo, ou seja, o calor produzido pelo organismo animal, mais o calor ganho do ambiente seja igual ao calor perdido através da radiação, da convecção, da condução, da evaporação e do calor contido nas substâncias corporais eliminadas. Caso contrário, o animal tem que se defender, utilizando outros mecanismos da termorregulação.

De acordo com BAXTER (1984) quando a temperatura do ambiente está perto ou acima da temperatura crítica superior por várias horas, o ambiente dever ser resfriado. Animais expostos em altas temperaturas apresentam reduzidos sinais de estro, aumento de perdas embrionárias durante o início e final de gestação, haverá também aumento na taxa respiratória, pulsação e temperatura da pele. Em temperaturas de 35° C ou mais, suínos são incapazes de tolerar umidade relativa superior a 65% por mais de 7 horas.

Pesquisas conduzidas por BACCARI et al. (1993), utilizando matrizes suínas submetidas a um estresse térmico com temperaturas variando de 32 a 33,7° C, na fase de pré-gestação, e depois molhadas por 2,5 minutos com água a uma temperatura média de 20° C. Os dados demonstraram que, tanto o ganho de peso como a resposta fisiológica, foram melhores e estatisticamente significativa para o tratamento em que a água foi utilizada como meio de refrigeração, em relação às fêmeas que não tiveram acesso à água.

Segundo CIGR (1999) a ventilação natural tem sido pouco usada depois do aparecimento de novos conceitos tecnológicos, mas, estudos recentes mostram que a ventilação natural pode ser muito eficiente e de baixo custo. A ventilação natural das edificações possui duas fontes; a primeira quando o efeito sifão está presente, isso ocorre devido a diferença de temperatura do ar dentro e fora da instalação. Sendo a segunda quando o vento passa pela edificação causando pressões em diferentes pontos, forçando o ar entrar e sair das instalações.

Da mesma forma, CIGR (1999) também relatou que a ventilação forçada depende menos da velocidade do vento, mas, em contrapartida, possui maior consumo de energia. Para ventilação forçada no mínimo terá um ventilador em funcionamento, se o ventilador está posicionado para levar o ar para fora da edificação, o sistema é denominado sistema de pressão negativa, e, se estiver levando o ar para fora, denomina-se sistema de pressão positiva.

3.6. Efeitos das instalações sobre a produção de suínos

NÄÄS (1989) comentou sobre a melhor eficiência das instalações zootécnicas, que devem ser dimensionadas adequadamente, de forma a oferecer ao animal condições

ambientais bem próximas das ideais, principalmente àquelas relacionadas às temperaturas de termoneutralidade, sumarizadas na Tabela 1. Condições ideais de ambiente variam, e são diretamente relacionadas ao tipo de animal, finalidade do rebanho, sistema de manejo e plano nutricional.

A diversidade nos modelos das instalações, a falta de cuidado com o material de construção utilizado e sua localização, gera problemas no manejo e perdas na produção. É importante conciliar a propriedade térmica dos materiais como condutibilidade térmica, emissividade, absorvidade, com o custo da aquisição e manutenção dos mesmos.

A produtividade pretendida por criadores e técnicos, através de novas técnicas de manejo, eventualmente pode propiciar aos animais o desconforto, comprometendo seu desempenho e estado de saúde. Desta forma, deve-se estar atento ao agente estressor de qualquer natureza, seja ele o clima, o agente infeccioso ou o social.

Segundo SARTOR et. al. (2000) o sistema de resfriamento evaporativo proporcionou melhorias das condições térmicas ambientais, reduzindo o índice de temperatura do globo e umidade, no período crítico do dia, de 83,5 para 82,4 sem afetar significativamente a umidade relativa do ar (60,7 para 61,6%), quando comparado com a testemunha. Os animais também apresentaram melhor conversão alimentar e uma tendência maior no ganho de peso (0,95 para 1,05 kg/dia).

BOE et al. (2001) em seus estudos, mostraram que em baixas temperaturas matrizes gestantes alojadas em gaiolas com algum tipo de cama proporciona aos animais maior proteção contra os efeitos do clima e que a termorregulação social em pequenas baias é uma boa estratégia para proteger os animais.

Tabela 1 - Zonas de termoneutralidade dos suínos.

FASE DE RECRIA	Temperatura crítica	Temperatura de Termoneutralidade		Temperatura Crítica
		<i>Mínima</i>	<i>Máxima</i>	
Porcas	0 °C	12 °C	30 °C	30 °C
Leitão nascido	15 °C	30 °C	32 °C	35 °C
1 ^a semana	15 °C	27 °C	28 °C	35 °C
2 ^a semana	13 °C	25 °C	26 °C	35 °C
3 ^a semana	12 °C	22 °C	24 °C	35 °C
4 ^a semana	10 °C	21 °C	31 °C	31 °C
5 ^a - 6 ^a semana	8 °C	20 °C	22 °C	30 °C
20 - 30 kg	8 °C	18 °C	20 °C	27 °C
35 - 60 kg	5 °C	16 °C	18 °C	27 °C
60 - 100 kg	4 °C	12 °C	18 °C	27 °C

Adaptado de NÄÄS (1989).

PERDOMO (1984) constatou em estudos realizados no sul do país que os produtores de suínos não utiliza adequadamente os recursos disponíveis, como fechamentos nas edificações, para o controle das condições ambientais. Neste trabalho, o autor encontrou valores de temperaturas internas diárias que são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2 - Temperatura interna diária obtida na época quente, de acordo com modelos e materiais de construção em edifícios cobertos com telha de barro.

Modelo	Material de construção			Média
	<i>Madeira</i>	<i>Alvenaria</i>	<i>Madeira/alvenaria</i>	
Unilateral fechado	26,87 °C	24,01 °C	25,51 °C	25,02 °C
Bilateral fechado	27,20 °C	25,78 °C	26,25 °C	25,87 °C
Aberto	28,06 °C	25,17 °C	24,41 °C	25,46 °C
Misto	25,33 °C	24,25 °C	24,01 °C	24,41 °C
Média	26,88 °C	25,15 °C	26,13 °C	24,45 °C

Adaptado de PERDOMO (1984).

Com o objetivo de reduzir os efeitos do estresse, a otimização do ambiente é procurada, ou selecionam-se animais mais resistentes às variações ambientais. Segundo

NÄÄS (1993), os fatores que permitem ao suíno viver em conforto são: temperatura ambiente em relação ao tipo de baia, área disponível por animal em relação ao volume mínimo necessário de ar, pureza do ar ao nível dos animais e grau de umidade da edificação. A instalação e o manejo adequados, vão permitir que não haja desperdício no balanço térmico dentro da edificação, maximizando conseqüentemente a produção.

Da mesma forma, KOLB (1984) relatou sobre a manutenção da temperatura corporal ser feita pelos centros termorreguladores situados no hipotálamo. Para o suíno adulto, a temperatura corpórea normal determinada através de medida retal, é de 39 °C em média, com limites de oscilação de 38-40 °C. Os animais homeotérmicos, como os suínos, vivem e produzem adequadamente numa faixa limitada de temperatura ambiente, denominada zona termoneutra. A manutenção destes limites, segundo cada espécie, é fundamental para o desempenho do animal. O acionamento do sistema termorregulador, seja para perder ou ganhar calor, acarreta um gasto de energia metabolizável extra, que prejudicará a produção. Conseqüentemente ressalta-se a importância dos meios pelos quais o animal pode manter sua homeotermia.

A temperatura crítica alta (TCM) de suínos sofre influência da ventilação, da presença de um mecanismo aspensor e da temperatura da água ingerida. A temperatura crítica de resistência ao calor, é aumentada pelo acionamento do mecanismo de troca térmica da convecção devido a ventilação. A pele molhada pelo mecanismo aspensor, têm um acréscimo de resistência a temperaturas altas de até 7°C. A temperatura da água ingerida funciona como um mecanismo de refrigeração (CIGR,1989). Os leitões são muito sensíveis ao frio, pois a capacidade termorregulatória dos leitões é ineficiente, até que atinjam de 6 a 10 dias de idade, motivo pelo qual devem ser protegidos num ambiente aquecido. As recomendações, para a

temperatura ambiente, são de 26° C para leitões nos primeiros dias de idade, descendo gradativamente para 15,5°C a 18,3°C na continuidade do crescimento.

Levantamento de dados técnicos junto a produtores do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, PERDOMO (1986), constatou que, a altura média do pé direito das construções para suínos era de 2,1 – 2,2m, podendo ser considerada extremamente baixa e pouco eficiente para reduzir o calor transferido pela cobertura. O autor observou que as taxas internas de temperatura, e de ventilação apresentada pelos diferentes modelos de edificações, foram consideradas inadequadas para os suínos, especialmente na fase adulta. O mesmo autor sugeriu que é possível melhorar o conforto térmico e o acondicionamento ambiental, através de técnicas construtivas simples tais como: usar telha de barro como cobertura, combinada com uma inclinação adequada (40 – 60%); aumentar a altura do pé direito para edificações estreitas (5 – 7 m) para no mínimo 2,5m, 2,8 para edificações de largura média (7-10m) e 3,0m para edifícios mais largos; adotar modelos bilateralmente fechados nas fases de maternidade-creche e modelos abertos nas demais fases; assim como, aumentar o espaço destinado aos animais em todas as fases.

Da mesma forma, BANHAZI et al. (2000), estudando ambiente térmico para suínos encontraram que temperaturas em instalações de matrizes estavam quase iguais às temperaturas do seu exterior, e que os animais permaneciam mais tempo fora da zona ótima de conforto (18 – 23° C). Também demonstraram os efeitos benéficos de uma boa insolação, que pode ser facilmente compensado pelo inadequado controle da ventilação e /ou fechamento das instalações. Os autores constataram que existe um potencial de ganho a eficiência da produção, quando se fornece água com boa temperatura aos animais.

FULLER et al. (1999) constataram que em ambiente termoneutro nas instalações para suínos, a temperatura do cérebro foi usualmente mais baixa que a temperatura do sangue. Resultados do seu trabalho mostraram que houve uma preferência pelo resfriamento do cérebro pelos animais, mas, não houve nenhuma relação entre a temperatura do sangue e a preferência pelo resfriamento cefálico. Animais submetidos a resfriamento cefálico reduzem a perda de água sendo uma boa estratégia para climas semi-áridos e para animais desidratados.

KOLACZ (1985) estudou diferentes tipos de instalações para porcas em gestação e concluiu que, nas condições de verão com temperatura do ar acima de 25°C e com intensiva radiação solar maior que 600W/m², apareceram sintomas de hipertermia em porcas gestantes. As características termorregulatórias apresentada nas porcas foram: aumento da temperatura retal e temperatura da pele, aceleração da frequência respiratória, diminuição de perdas de calor sensível, aumento da vasodilatação e diminuição dos tecidos e da insolação externa.

Pesquisas realizadas por DERMO et al. (1995), em morfologia de suínos submetidos a diferentes temperaturas ambientais constataram uma maior espessura do toucinho em suínos submetidos à temperatura de 12° C do que aqueles submetidos a 24° C. Entretanto, QUINIOU et al. (2000) verificaram que o aumento da temperatura dos suínos de 20 para 26° C não tiveram influência na redução da espessura do toucinho na carcaça de suínos.

JOHNSTON et al. (1999) evidenciaram que em ambientes quentes reduz-se o consumo de alimento nas porcas durante a lactação, o peso na desmama, porcentagem de matrizes em estros, taxa de crescimento dos leitões e aumenta da taxa respiratória dos animais, enquanto que o tamanho da leitegada e a espessura do toucinho não foram afetadas pelas temperaturas estudadas.

HENKEN et al. (1991) encontraram que a temperatura da superfície radiante em suínos aumenta em 0,4% quando a temperatura do ambiente cresce em 1° C entre 11 e 26° C.

A temperatura de superfície radiante foi positivamente relacionada com a espessura do toucinho, assim sendo o aumento da temperatura de superfície radiante dos suínos propiciou aumento na espessura do toucinho.

LOPES et al. (1994) concluíram que um aumento de lisina na ração de marrãs melhorou o ganho de peso e qualidade na carcaça das marrãs mantidas em clima quente. Alta temperatura do ambiente decresceu o consumo de ração e o ganho de peso, conseqüentemente melhorou a conversão alimentar, espessura do toucinho e porcentagem de carne magra. Entretanto, suínos submetidos a altas temperaturas embora melhoram o comprimento da carcaça, mas o teor de gordura na carcaça não foi influenciado pela temperatura ambiental, (WITTE et al., 2000).

3.8. Índices de Conforto Térmico para Suínos

Temperatura ambiente segundo YOUSEF (1985), é uma medida da intensidade de calor, em unidade padrão, e é normalmente expressa em graus, na escala Celsius. A temperatura do ar, também é chamada de temperatura de bulbo seco (T_b), e definida como a temperatura de um gás ou mistura de gases indicado por um termômetro protegido da radiação solar. YOUSEF (1985) também definiu umidade relativa (UR) como sendo a proporção de uma fração molar de vapor d' água presente num determinado volume de ar e a fração molar presente no ar insaturado, ambos na mesma temperatura e pressão. O mesmo autor definiu radiação solar, como a energia radiante do sol que emite radiação em diferentes comprimentos de ondas: ultravioleta (0,25 a 0,38 μm), visível (0,38 a 0,78 μm) e infravermelho (0,78 a 100 μm). A radiação no ambiente natural externo possui duas fontes primária: alta temperatura

do sol e radiação térmica vindo do solo, árvores, nuvens e atmosfera. A radiação solar é medida através do termômetro de globo (energia radiante), uma esfera negra e côncava (15cm de diâmetro) com um termômetro no centro. E, o vento, que é gerado por uma alta pressão na atmosfera, no qual ele mesmo possui fontes de calor ou frio na atmosfera. A transferência de calor por convecção e evaporação entre os animais e seu ambiente é influenciado pela velocidade do vento.

Segundo SEVEGNANI (1997) a temperatura de globo negro (T_g), é muito utilizada como parâmetro para a avaliação das condições internas das instalações. Portanto, decidiu-se utiliza-la como índice, na comparação dos diferentes tipos de sistemas de condicionamento natural estudado.

CHRISTOPHERSEN (1976), caracterizou o termômetro de globo negro como um globo de cobre, normalmente com 15 cm de diâmetro, côncavo e preto, e um termômetro com um sensor localizado no centro do globo. A medida da temperatura é feita pela definição da taxa de convecção, no qual é expressa pelo termômetro de globo negro, e as médias dos valores de temperatura do ar e velocidade do vento em torno do globo negro. Se a velocidade do vento em torno do globo for 0,15m/s, a temperatura do globo negro será a mesma que a média dos valores da temperatura de radiação média e a temperatura do ar.

Segundo NÄÄS (1989), o termômetro de globo, que fornece a temperatura de globo foi inventado em 1932 por H.M.Vermom e consiste em uma esfera oca de cobre, recoberta com uma tinta preta fosca, com um sensor térmico em seu centro. O globo alcança o equilíbrio térmico quando o calor de radiação incidente iguala-se ao calor perdido por convecção. Vários autores estudaram as aplicações práticas do termômetro de globo em estudos de ambiência ou conforto térmico de onde foram retiradas algumas conclusões importantes; A temperatura de globo, obtida no termômetro de globo está relacionada com a sensação de calor e indica o

estresse térmico sentido pelo ser humano; Em experimentos de campo para a determinação da carga térmica radiante (CTR) de ambientes, o termômetro de globo mostrou ser eficiente, apontando, por exemplo, que o sombreamento reduz em até 20% a carga térmica radiante de animais em pasto.

As instalações devem ser planejadas de modo a proporcionar as melhores condições possíveis de conforto térmico aos animais. Com o objetivo de determinar níveis de conforto térmico, nas condições ambientais, vários índices tem sido desenvolvidos. Esses são funções de vários parâmetros interrelacionados, denominados parâmetros de conforto. Dentre estes, os parâmetros ambientais mais importantes são a temperatura, a umidade relativa do ar, a velocidade dos ventos e a radiação do ambiente, a qual pode ser caracterizada pela temperatura radiante e/ou pelas temperaturas superficiais dos elementos que circundam o ambiente, (MARTA FILHO, 1993).

Segundo CLARK (1981), o objetivo dos índices de conforto térmico desenvolvidos tanto para humanos como para animais é o de apresentar em uma única variável fatores que caracterizam o ambiente térmico e o estresse que o mesmo possa estar causando em um animal. O autor afirma que na determinação de um índice de conforto térmico deve considerar os elementos meteorológicos importantes para o desempenho produtivo de cada espécie animal específica, e a importância deve ser dada aos vários elementos devem refletir a sua importância relativa ao animal de certa idade com determinada característica.

Vários índices de estresse ambiental vem sendo utilizados em animais considerando a taxa respiratória, o volume respiratório, a pulsação, a temperatura da superfície corporal, a temperatura interna corporal, o nível de atividade, o tipo de cobertura do corpo e outras características fisiológicas. A temperatura do corpo, a taxa respiratória e o volume respiratório

são respostas ao estresse térmico mais utilizadas, isoladamente ou em combinação, para o desenvolvimento dos índices de conforto térmico, (FEHR et al., 1993)

Os índices de conforto térmico, segundo MOURA et al., (1993), apresentam, em uma única variável, tanto os fatores que caracterizam o ambiente térmico que circula o animal, como o estresse que tal ambiente possa estar exercendo a ele.

BAËTA et al. (1987) afirmaram que os animais podem apresentar duas respostas ao estresse térmico: fisiológicas e comportamentais; estas respostas podem variar de acordo com as diferentes espécies.

Segundo BUFFINGTON et al. (1981), o estresse devido ao calor é definido como todas as combinações de condições ambientais que causarão uma temperatura efetiva do ambiente maior que a zona termoneutra dos animais. Existem quatro fatores ambientais que mais influenciam as temperaturas efetivas: a temperatura de bulbo seco, a umidade, a radiação e a velocidade do vento. A exata combinação das condições ambientais em um índice, prevendo quando o estresse devido ao calor inicia, é difícil, mas não é impossível de se especificar para uma espécie particular de animal.

Os índices de conforto térmico foram classificados por NÄÄS (1989), conforme a base para seu desenvolvimento. São chamados índices biofísicos àqueles que são baseados nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, e correlacionam os elementos de conforto com as trocas de calor que os originam. Os índices fisiológicos são os que se baseiam nas relações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura ambiente, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar. Já os índices subjetivos são os que se baseiam nas sensações subjetivas de conforto experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam.

O índice que envolve o fator radiação solar foi determinado por MINARD et al (1957), citados por CLARK (1981). O Índice de Temperatura de Globo (IBUTG) é baseado nas medidas da temperatura de globo, da temperatura de bulbo úmido e da temperatura ambiente. Este índice é obtido pela seguinte equação:

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ TBU} + 0,2 \text{ TG} + 0,1 \text{ TA}$$

Onde,

TBU = temperatura de bulbo úmido ($^{\circ}\text{C}$)

TG = temperatura de globo ($^{\circ}\text{C}$)

TA = temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$)

Segundo NÄÄS (1989), o fundamento da utilização desse índice está na consideração de que o estresse devido ao calor por irradiação solar é uma parcela significativa da troca térmica seca. Este índice não engloba a velocidade do vento, porque é preciso salientar que para termômetros de globo com diâmetro grande, existem diferenças de leituras quando a velocidade do vento está acima de 1m/s.

Desta forma, BUFFINGTON et al (1981) determinaram que o índice de conforto mais comum é o índice de temperatura de globo e umidade (THI), desenvolvidos originalmente por THOM (1958), e adotado pela U.S. Weather Bureau em 1959, como índice de conforto térmico para humanos.

$$\text{THI} = \text{Tbs} + 0,36\text{Tbu} + 41,5$$

Onde,

Tbs = temperatura de bulbo seco, ($^{\circ}\text{C}$)

Tpo = temperatura de bulbo úmido, ($^{\circ}\text{C}$)

O mesmo autor afirma que o IBUTG é o indicador mais preciso do conforto térmico animal e da produção animal quando comparado ao THI em condições ambientais onde a radiação solar ou a velocidade do vento são altas. Sob condições de níveis moderados de

radiação solar o IBUTG e o THI são igualmente eficientes como indicadores de conforto térmico animal.

A carga térmica de radiação (CTR) é a radiação total recebida por um corpo de o espaço circundante. Esta definição não engloba a troca líquida de radiação entre o corpo e seu meio circundante, mas, inclui a radiação incidente no corpo (BOND et al., 1955).

Em condições de regime permanente esse índice expressa a radiação total recebida pelo globo negro, considerando o efeito da velocidade do vento e temperatura ambiente.

Segundo ESMAY (1982), a equação que descreve a carga térmica de radiação é:

$$CTR = \sigma (TMR)^4$$

$$TMR = 100 \{ [2,51 \times (Vv)^{1/2} \times (Tg - Ta) + (Tg/100)^4]^{1/4} \}$$

Onde;

CTR = carga térmica de radiação

σ = constante de Stefan-Boltzman, $5,67 \times 10^{-8}$ (W/m² K²)

TMR = temperatura média radiante, K

Vv = velocidade do vento, m/s

Ta = temperatura ambiente, K

Tg = temperatura de globo negro, K.

Para quantificar a quantidade de radiação que chega na esfera, são necessários não somente os fatores de forma, mas também a taxa de emissão ou energia radiante das várias superfícies da redondeza da esfera. A relação entre o microclima e a radiação liberados por alguns materiais e solos foi medida por BOND (1968).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização e período experimental

O experimento foi realizado na Granja Maria Helena, localizada no município de Campinas, Estado de São Paulo, no período de outubro de 1998 a março de 2001. O período experimental incluiu a instalação dos equipamentos e a coleta de dados. A granja possui um total de 300 matrizes pertencentes predominantemente à raça Dalland.

Campinas situa-se numa região de clima Cwa, subtropical, com inverno seco segundo a classificação de *Koppen*. A temperatura média anual é de 24,5° C e a precipitação média anual é de 1360mm. Possui latitude de 22° 54'-S, longitude de 47° 05'-N e altitude: 674 metros.

4.2. Instalações

O galpão de gestação onde foram coletados os dados possuía as seguintes características construtivas: orientação Leste – Oeste; dimensões de 50m de comprimento por 10m de largura; parede aberta nas laterais com ventilação natural; pé-direito de 2,5m; beiral de 0,8cm; cobertura com telhas de fibrocimento pintadas de branco na parte interna e externa (cal na parte interna e cal + fixador na parte externa); piso e parede de alvenaria. Um total de 120 matrizes foi alojado no local, permanecendo desde o diagnóstico de gestação até sete dias antes do parto, quando eram levadas para as salas da maternidade, (Figuras 3).

Para efeito experimental, as gaiolas do galpão de gestação foram divididas em três grupos, um recebeu tratamento com o sistema de ventilação natural, outro com o sistema controlado com ventilação forçada e nebulização e o terceiro grupo, que se localiza entre os dois anteriores, considerou-se uma área neutra, que foi eliminada das análises, evitando a interferência dos dois sistemas avaliados, como mostra a Figura 4. A instalação possuía dez fileiras com 12 gaiolas metálicas cada fila.



Figura 3. Galpão de gestação onde foi realizado o experimento

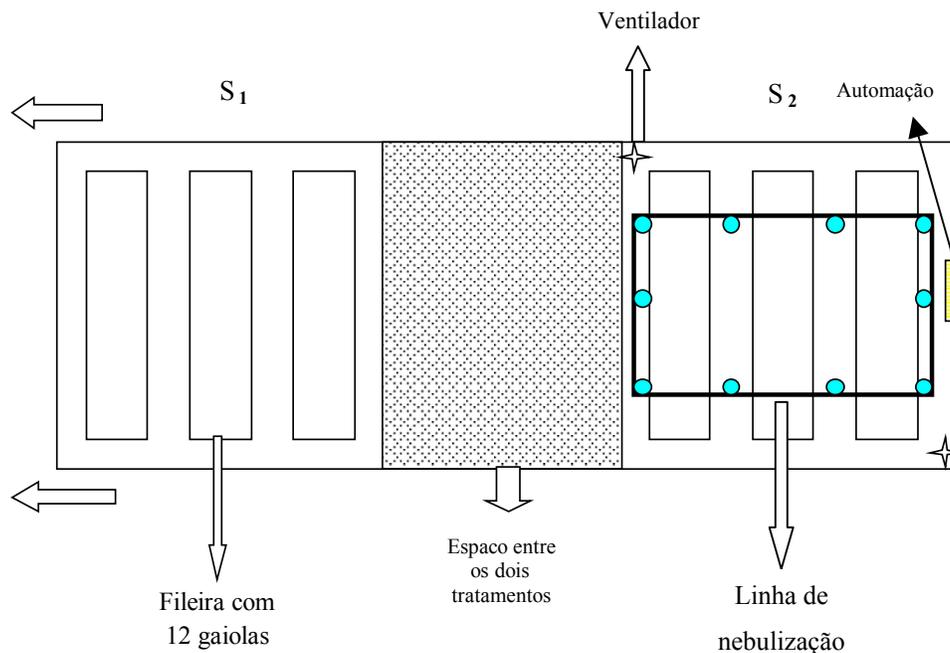


Figura 4. Esquema da divisão do experimento na sala de gestação.

4.3. Tratamentos

Foram testados os quatro tratamentos descritos a seguir:

- 1 – Sistema controlado com ventilação forçada e nebulização com alta pressão e temporização durante o verão (CONTROLADO/VERÃO);
- 2 – Sistema de ventilação natural durante o verão (NATURAL/VERÃO);
- 3 – Sistema controlado com ventilação forçada e nebulização com alta pressão e temporização durante o inverno (CONTROLADO/INVERNO);
- 4 – Sistema de ventilação natural durante o inverno (NATURAL/INVERNO).

4.4. Equipamentos

No sistema controlado foram utilizados dois ventiladores (CASP), do tipo axial, composto por quatro hélices e potência de 0,5 cv, em extremos opostos. O sistema de nebulização foi instalado na altura do pé-direito (2,5m do piso), utilizou uma linha com 10 bicos de nebulização com capacidade de sete l/h, como mostram as Figuras 5 e 6. Na parte externa do galpão instalou-se uma caixa d'água de 250 litros e uma bomba (KSB – Hydrobloc) com potência de 1 cv para levar a água canalizada até os bicos nebulizadores. Um sensor foi colocado no centro das gaiolas para identificar a variação da temperatura no período e acionar a automação do sistema controlado, (Figura 7).



Figura 5. Linha ebico de nebulização



Figura 6. Ventilador de 4 helices



Figura 7. Tratamento com sistema controlado (ventilação forçada e nebulização)

O sensor foi ligado em série com os ventiladores e o sistema de nebulização, e programado para ligar os ventiladores quando a temperatura ultrapassar 25°C e acionar o sistema de nebulização quando a temperatura atingir 27°C. O sistema de nebulização permaneceu ligado durante 5 minutos e desligado por 20 minutos, para evitar excesso de umidade no local. Quando a temperatura foi menor que 25° C todo o sistema ficou desativado, significava que os animais estavam dentro de seu conforto térmico. O sistema de automação está representado na Figura 8.

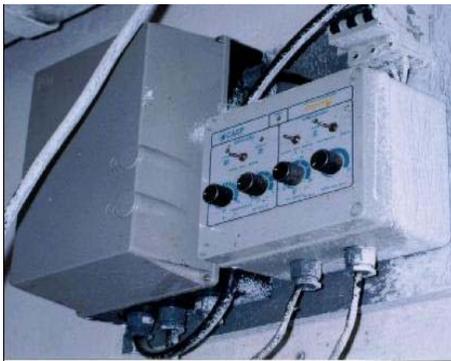


Figura 8. Sistema CASP de automação

4.5. Manejo de alimentação dos animais

Durante o período experimental foram mantidos os mesmos padrões de alimentação e manejo da granja para todos os animais. Os animais eram tratados duas vezes ao dia com ração balanceada, 16% de proteína bruta e 3250kcal de energia metabolizável. O desmame dos leitões ocorreu aos 21 dias de idade, quando as matrizes deixavam a maternidade e retornavam a gestação.

4.6. Animais

Foram utilizadas 36 matrizes por tratamento (natural e controlado) em cada estação (verão e inverno), num total de 144 fêmeas no experimento. Para efeito estatístico, foram utilizadas apenas matrizes da raça Daland e múltíparas, entre o terceiro e oitavo parto.

4.7. Medidas ambientais

Os dados ambientais foram registrados em duas escalas:

Macroclima (externa): Temperatura de bulbo seco*; velocidade do vento (anemômetro – m/s);

Microclima (interna): Temperatura de Bulbo seco*; temperatura de Bulbo úmido*; temperatura de globo negro*, velocidade do vento (anemômetro – m/s).

(*) Para a medição das temperaturas de bulbo seco e úmido e temperatura de globo e umidade ($^{\circ}$ C) foram utilizados Dataloggers, registradores de dados individuais da marca DIDAI[®], onde os dados foram registrados de 30 em 30 minutos durante todo o período experimental. Os Dataloggers armazenaram os dados que posteriormente foram lidos e gravados em computador. Os dados foram transferidos para o programa EXCEL[®] e analisados estatisticamente. A Figura 9 mostra os termômetros e a colocação dos Dataloggers no experimento.



Figura 9. Registradores de dados de temperaturas.

4.8. Índices de conforto térmico

Para o cálculo dos índices de conforto térmico IBUTG e CTR foram utilizadas as seguintes fórmulas:

$$\text{IBUTG} = 0,7\text{Tbu} + 0,2\text{TG} + 0,1\text{Ta}$$

Onde;

IBUTG – Índice de temperatura de globo úmido

Tbu – temperatura de bulbo úmido (° C)

TG – temperatura de globo (° C)

Ta – temperatura ambiente (° C)

$$\text{CTR} = \sigma (\text{TRM})^4$$

Onde;

CTR – Carga térmica de radiação

σ - constante de Stefan Boltzmann, $5,67 \times 10^{-2}$

TRM – Temperatura radiante média

$$\text{TRM} = \sqrt[4]{2,51 \times V \times (\text{Tgn} - \text{Tbs}) + (\text{Tgn}/100)^4}$$

Onde;

V – velocidade do vento, m/s

Tgn – temperatura do globo (° C)

Tbs – temperatura de bulbo seco (° C)

4.9. Parâmetros fisiológicos

Os dados fisiológicos registrados foram: espessura de toucinho na entrada e saída de cada matriz na gestação, com aparelho de ultra-som, Figura 10; temperatura da pele, com termômetro infravermelho, Figura 11; e a frequência respiratória, realizada através da contagem dos movimentos respiratórios por minuto. A coleta foi realizada semanalmente, as 11 horas. Foram calculadas as médias do período para cada matriz.



Figura 10. Aparelho de ultra-som



Figura 11. Temômetro infravermelho

4.10. Parâmetros reprodutivos

As respostas de produção foram adquiridas após o desmame, conforme o manejo da granja, sendo eles; número de leitões nascidos vivos (NV); número de mumificados (MF); número de natimortos (NM); peso médio da leitegada ao nascer (PMN), número de leitões desmamados (NLD), peso médio dos leitões ao desmame (PMD) e ganho de peso dos leitões (GMP).

4.11. Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado para analisar os dados fisiológicos e produtivos foi um fatorial 2x2, com 2 sistemas de ventilação (controlado e natural) e 2 estações do ano

(verão e inverno), resultando em 4 tratamentos. Os dados foram analisados estatisticamente pelo programa Minitab®, para identificar e qualificar quais são as variáveis que são determinantes na relação desempenhos zootécnico e ambiente. O teste de médias utilizado foi o de Tuckey ao nível de 5%.

O modelo estatístico utilizado na análise dos dados fisiológicos foi o seguinte:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i (\text{sistema}) + \beta_j (\text{estação}) + (\alpha \times \beta)_{ij} + \xi_{ijk}$$

(i = 0 – 1; j = 0 – 1).

Onde;

Y_{ijk} – variável resposta (TP, FR, ET, NV, MF, NM, PN, NLD, PD, GP);

μ - média geral de Y_{ijk} ;

α_i – efeito do nível i do fator “sistema” sobre a média geral do modelo (sendo: i=0 natural, ou 1 forçado);

β_j – efeito do nível j do fator “estação” sobre a média geral do modelo (sendo: i=0 natural, ou 1 forçado);

$(\alpha \times \beta)_{ij}$ – Interação do nível i do fator “ sistema” e o nível j do fator “estação” do modelo;

ξ_{ijk} - Erro independente das variáveis aleatórias com distribuição normal (0, σ^2).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Avaliação dos dados climáticos externos e internos ao galpão de gestação

Os dados climáticos coletados pelos registradores de dados durante o período experimental de verão estão representados na Figura 12 e durante o período do inverno na Figura 13. Foram comparadas as temperaturas de bulbo seco no ambiente externo e interno. As temperaturas internas foram divididas em sistema com ventilação natural e controlado.

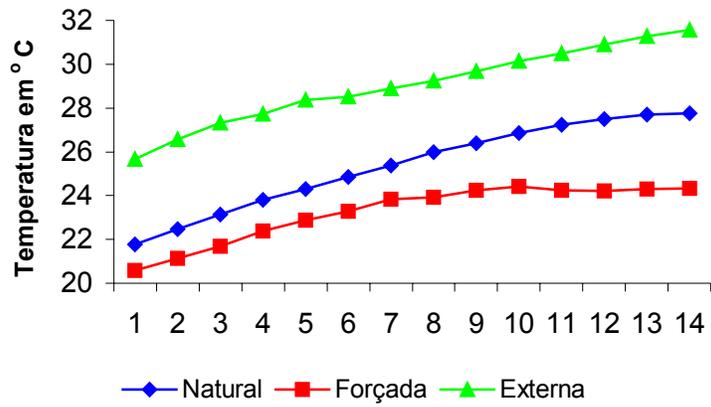


Figura 12. Médias diárias de temperatura de bulbo seco internas e externas, no verão.

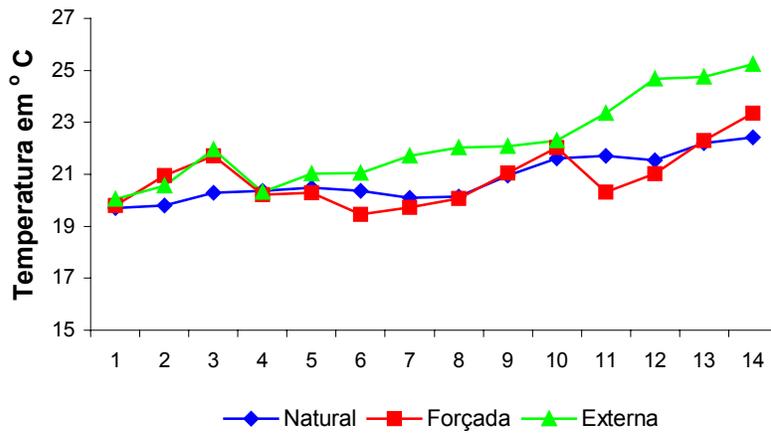


Figura 13. Médias diárias de temperatura de bulbo seco internas e externas, no inverno.

As figuras mostram que durante o período experimental a temperatura externa foi mais elevada que a temperatura interna do galpão, tanto no inverno como no verão. As temperaturas registradas no interior do galpão mostraram que o tratamento com sistema de ventilação controlado registrou temperaturas mais amenas contribuindo para um maior bem estar das matrizes alojadas, sendo, portanto este sistema de resfriamento eficiente na redução da temperatura interna. Na estação de verão, houve uma diferença de temperatura entre o sistema com ventilação natural e controlada de 1,2 - 3,5° C. Durante o inverno a diferença entre os sistemas foi menor (- 0,9 – 1,2° C).

5.2. Avaliação da amplitude térmica dos dados climáticos internos

As médias de temperatura de bulbo seco, bulbo úmido e globo negro obtidas durante o período de verão estão sumarizadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores da amplitude térmica durante o verão

SISTEMA	Tg (° C)			Tbs(° C)			Tbu(° C)		
	Mínima	Máxima	Amplitude	Mínima	Máxima	Amplitude	Mínima	Máxima	Amplitude
CONTROLADO	16,6	36,1	19,5	15,7	34,6	18,9	14,1	33,0	18,9
NATURAL	16,7	35,5	18,8	16,1	35,2	19,1	14,5	34,2	19,7

As médias de temperatura de bulbo seco, bulbo úmido e globo negro obtidas durante o período de inverno estão sumarizadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores da amplitude térmica durante o inverno.

SISTEMA	Tg(° C)			Tbs(° C)			Tbu(° C)		
	Mínima	Máxima	Amplitude	Mínima	Máxima	Amplitude	Mínima	Máxima	Amplitude
CONTROLADO	11,4	25,1	13,7	10,5	24,8	14,3	9,3	24,1	14,8
NATURAL	10,5	27,6	17,1	10,9	26,5	15,6	9,5	24,5	15,0

Os valores das amplitudes térmicas durante o verão e inverno foram de 19,1° C e 14,3° C, respectivamente. Não houve diferença entre as amplitudes térmicas dos sistemas de ventilação estudados.

5.3. Resultados dos dados fisiológicos

Foram analisados os seguintes dados fisiológicos; frequência respiratória (FR), temperatura da pele (TP), e espessura do toucinho (ET), que segundo BROW-BRABDL et al., (2000) tanto a frequência respiratória como as temperaturas da pele são bons indicadores de estresse térmico.

As análises de variância (ANOVA) dos dados de Frequência Respiratórias (FR), Temperatura da pele (TP) e Espessura do Toucinho (ET) encontram-se nas Tabelas 1, 2 e 3 do ANEXO.

A) Frequência Respiratória (FR).

Segundo a análise de variância (P<0,05) para frequência respiratória, houve diferença entre os sistemas de ventilação, com exceção da interação entre os fatores sistemas de

ventilação e estação do ano ($P>0,05$). A Figura 14 mostra que as retas são estatisticamente paralelas, o que significa que não há interação entre os fatores. Entretanto, se considerar $\alpha=10\%$ há possibilidade de haver interação entre os fatores.

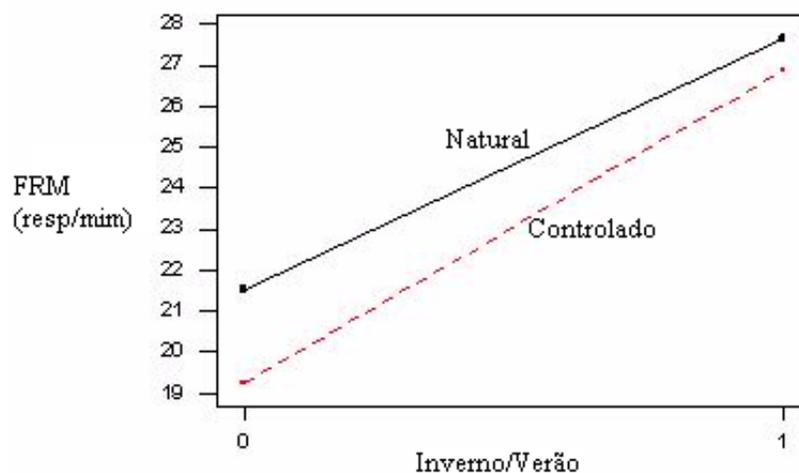


Figura 14. Perfil da interação entre os fatores (sistema e estação) para FR no sistema de ventilação natural e controlado.

Isto significa que houve diferença nos valores de frequência respiratória (FR) entre as estações de inverno e verão e entre os sistemas de ventilação (controlado e natural). As frequências respiratórias registradas nos dois sistemas de ventilação da pesquisa mostraram que as diferenças se mantiveram nos dois períodos sazonais. A Figura 15 mostra o perfil dos tratamentos, para a FR. As médias de FR são menores para o período de inverno (18-23 resp/min), sendo que as médias do tratamento com sistema de ventilação forçada foram também menores; enquanto são maiores para o período de verão (25-29 resp/min) e com uma pequena variação quando se comparou o tratamento. HEITMAN et al., (1949) trabalharam também com exposição de suínos em altas temperaturas (15 e 40° C) e encontraram que,

quando a temperatura ambiente aumenta, há um aumento na frequência respiratória (FR) e também na pulsação dos animais.

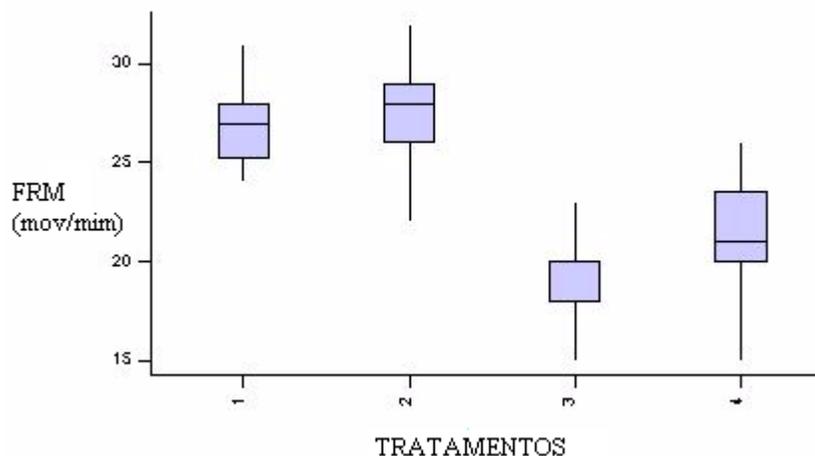
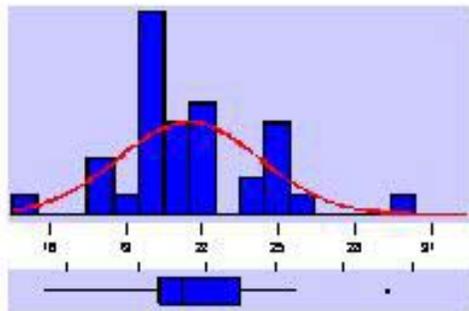


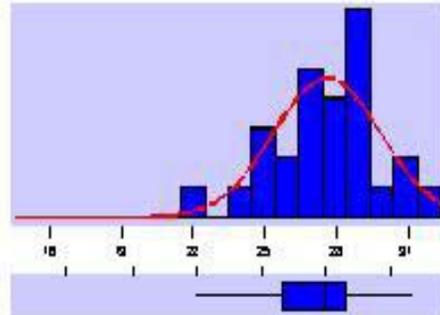
Figura 15. Perfil dos tratamentos para FRM (1=controlado/verão; 2=natural/verão; 3=controlado/inverno; 4=natural/inverno)

Isto pode significar que ao invés da taxa frequência respiratória ter sido influenciada pelo tratamento em si, ou pela temperatura de bulbo seco, tenha sido influenciada pela amplitude térmica, que principalmente durante o inverno é alta (14° C) nesta região. Esta hipótese está de acordo com CURTIS (1983), que constatou que quando a amplitude térmica diária é muito alta (12° C) contribui para o estresse dos animais.

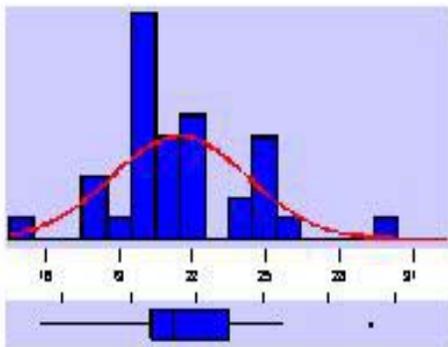
A Figura 16 mostra a distribuição das médias de FR, no sistema de ventilação controlado e natural durante o verão e inverno. Houve uma diferença entre os valores de FR no sistema natural (25resp/mim) e forçado (21resp/mim), sendo que o sistema de resfriamento forçado contribuiu para diminuir a FR, portanto manter os animais em maior conforto.



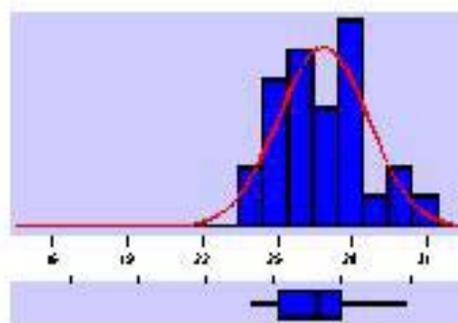
a – Controlado/verão



b – Natural/ verão



c – Controlado/inverno



d – Natural/inverno

Figura 16. Perfil da distribuição das médias da FR no sistema de ventilação controlada e natural durante o verão e inverno respectivamente.

Segundo CURTIS 1983 e BAËTA 1997, os movimentos respiratórios variam de 15 a 30, estando na zona termoneutra, no entanto os dados mostraram que os animais permaneceram dentro desse intervalo nas duas estações, sugerindo que o tratamento com ventilação forçada foi tão eficiente quanto o natural.

Para confrontar estas afirmativas, foi efetuado o teste de Tukey ao nível de $\alpha=5\%$, confirmando os resultados, Tabela 5.

Tabela 5 – Teste de Tukey a 5% nas médias de FR.

SISTEMA DE VENTILAÇÃO	ESTAÇÃO DO ANO		Médias
	VERÃO	INVERNO	
Controlado	26,89c	19,23a	23,1
Natural	27,67c	21,50b	24,6
Médias	27,3	20,4	

Segundo a Tabela 5, o tratamento que proporcionou menor frequência respiratória, portanto, o que forneceu o melhor conforto térmico para os animais foi o tratamento controlado/inverno, que utilizou o sistema de ventilação controlado por ventiladores e nebulização durante o inverno (19,23 resp./mim) seguido pelo tratamento natural/inverno, com sistema de ventilação natural durante o inverno (21,5 resp/mim), sendo que os mesmos tratamentos durante o verão (26,87 resp/mim e 27,67 resp/mim, respectivamente) a frequência respiratória foi mais alta e tanto o sistema controlado como o natural ficou na mesma posição. O resultado mostra o que se esperava, um conforto melhor durante o inverno, cuja temperatura

é mais amena, mas o sistema de ventilação controlado mostrou-se bastante eficiente devido às altas amplitudes durante o inverno nesta região.

Os autores, CULVER et al. (1960), BROW-BRABDL et al., TAVARES et al. (2000) analisaram a influência da temperatura no desempenho fisiológico de suínos e também encontraram um aumento na frequência respiratória quando os animais são submetidos a altas temperaturas. Concluíram também que um aumento de 30 para 95% de umidade relativa fez com que a frequência respiratória dos animais aumentasse rapidamente.

B) Temperatura da pele (TP)

Para a temperatura da pele, a análise de variância ($P < 0,05$) diferença entre os sistemas de ventilação, com exceção da interação entre os fatores, Figura 17. Isto significa que, qualitativamente, houve diferença nos valores de temperatura da pele (TP), entre as estações de inverno e verão, o que já era esperado, devido às baixas temperaturas do inverno. Houve também diferença significativa entre os sistemas de ventilação controlado e natural.

Os valores encontrados para TP, nos dois sistemas de resfriamento da pesquisa, mostraram que a diferença se mantém nos dois períodos sazonais, da mesma maneira que ocorreu com a frequência respiratória.

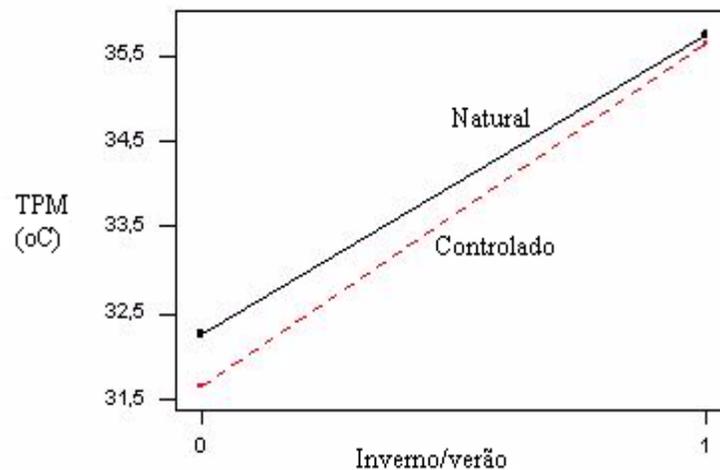


Figura 17. Perfil da interação dos fatores(sistema e estação) para TP.

Neste caso as diferenças entre os valores médios de TP para o verão variaram menos do que para o inverno, representando que o sistema de ventilação forçado foi efetivamente mais eficaz para o verão. Isto provavelmente deve-se também aos valores de amplitude térmica, que são maiores no inverno. A Figura 16 mostra o perfil da TP nos tratamentos estatísticos.

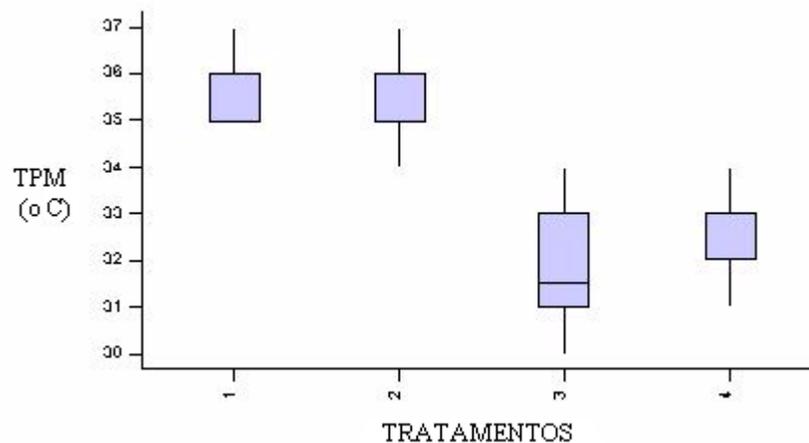
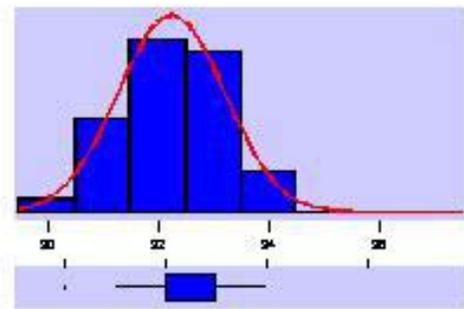
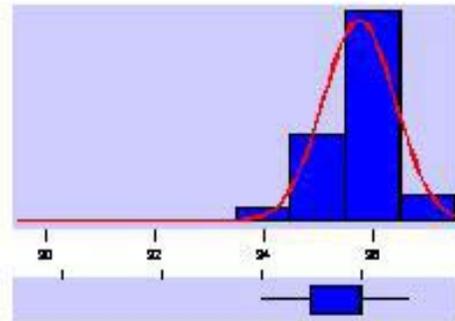


Figura 18. Perfil dos tratamentos para TPM (1=controlado/verão; 2=natural/verão; 3=controlado/inverno; 4=natural/inverno)

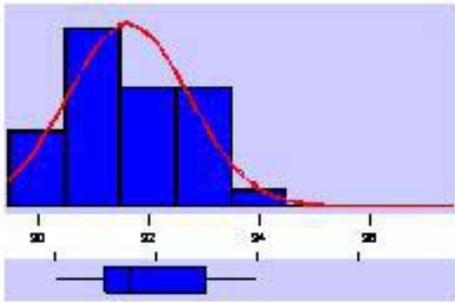
A Figura 18 mostra que as médias de TP são menores para o período de inverno (aproximadamente 31-33° C), sendo que as médias do tratamento com ventilação controlada foram ainda menores; enquanto são maiores para o período de verão (35 – 36° C) e semelhantes para ambos os tratamentos. Isto pode significar, assim como nos dados de FR, que ao invés de terem sido influenciadas pelo tratamento em si, ou pela temperatura de bulbo seco, tenham sido influenciadas pela amplitude térmica.



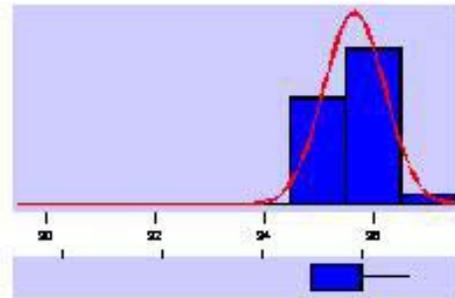
a – Controlado/verão



b – Natural/verão



c – Controlado/inverno



d – Natural/inverno

Figura 19. Perfil das médias para TP no sistema natural e forçado durante o verão e inverno respectivamente.

A Figura 19 compara a distribuição das médias de TP nos dois sistemas (sistema controlado e natural) obtendo em ambos os casos uma média de 33° C.

Observa-se que o sistema de resfriamento forçado obteve-se TP média um pouco mais baixa (32° C) que o do sistema de resfriamento natural, o que era esperado, mas, pode ser explicado devido a amplitudes das temperaturas durante o dia.

Quando se comparou o nível do fator estação do ano, houve uma diferença mostrando que, durante o inverno os animais tiveram uma TP mais alta (36° C), que é explicado também pelas amplitudes. YAN, et al., (2000) estudaram a temperatura da pele de animais submetidos a temperaturas entre 10 e 35° C e concluiu que a temperatura da pele aumentou em cada 1° C

no aumento de calor. Foi realizado o teste de Tukey ao nível $\alpha=5\%$ para TP, como mostra a Tabela 6.

Tabela 6 – Teste de Tukey com $\alpha=5\%$ para as médias TP.

SISTEMA DE VENTILAÇÃO	ESTAÇÃO DO ANO		Médias
	VERÃO	INVERNO	
CONTROLADO	35,64c	31,65a	33,6
NATURAL	35,74c	32,25b	34,0
Médias	35,7	32,0	

Na Tabela 6, as menores médias de TP ocorreram nos tratamentos controlado e natural durante o inverno (31,65 e 32,25 respectivamente) e em seguida nos tratamentos durante o verão (35,64 e 35,74 respectivamente). Isso mostra que durante o inverno os animais tiveram TP menores estando em melhores situações de conforto sendo a diferença entre os sistemas de resfriamento não foram bem expressivas.

KOLACZ (1985), concluiu que matrizes em gestação no verão com temperatura do ar acima de 25° C apresentaram aumento na temperatura da pele em aproximadamente 1° C.

C) Espessura do Toucinho (ET)

Com relação à Espessura do Toucinho (ET), não houve diferença entre os sistemas de ventilação ($P>0,05$) apenas foi significativo dentro das estações do ano ($P<0,05$).

Também não houve interação entre sistemas e estação do ano ($P>0,05$), Figura 20. Isto significa que tanto na ventilação natural como na ventilação controlada a espessura do toucinho manteve-se uniforme. O que pode ser explicado pelo baixo número de observações,

pois a medição só foi realizada quando os animais iniciaram a gestação e quando os mesmos foram para as salas da maternidade, registrando, portanto, os extremos. Poderia haver alguma diferença se a medição fosse realizada semanalmente, o que não foi possível durante o experimento devido ao manejo da granja.

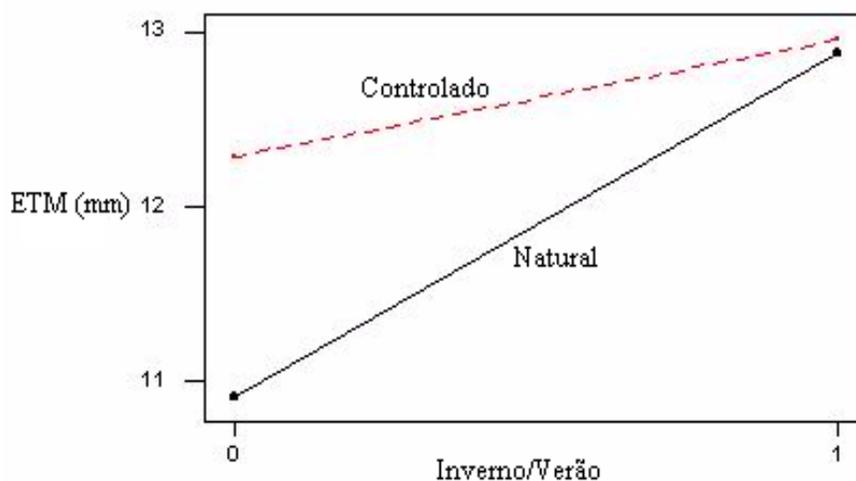


Figura 20. Perfil da interação entre os fatores (sistema e estação) para ET

A Figura 21 mostra o perfil dos tratamentos para ET. Observa-se que os dados foram semelhantes nos tratamentos havendo uma pequena diferença no tratamento natural/inverno. O que pode ser explicado pelo baixo consumo de alimento devido ao estresse causado pela grande amplitude térmica (aproximadamente 12° C) que ocorre durante o dia nesta região.

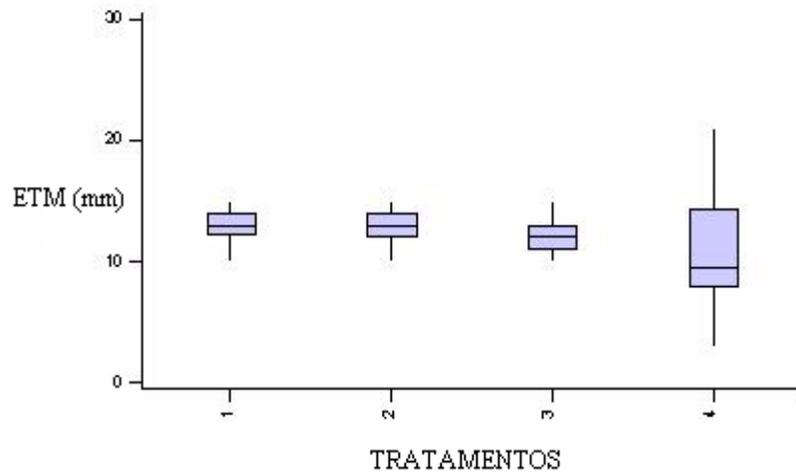
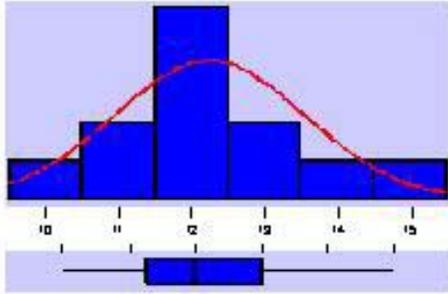
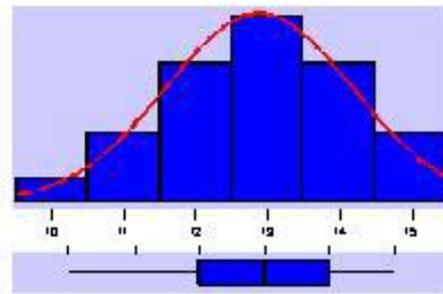


Figura 21. Perfil dos tratamentos para ET. (1=controlado/verão; 2=natural/verão; 3=controlado/inverno; 4=natural/inverno)

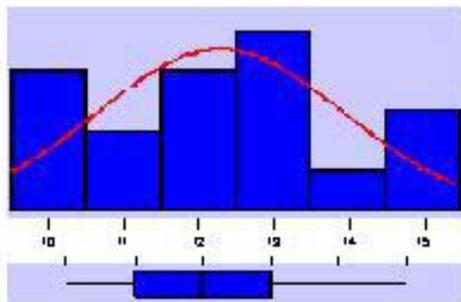
O sistema de ventilação controlado mostrou uma variação maior na ET (12,96 e 12,29), quando comparado com o sistema de ventilação natural (12,89 e 10,92). Esta variação pode estar mais associada às condições corporais dos animais no início da gestação, do que a influencia dos sistemas de resfriamento em si. A Figura 22 mostra a distribuição das médias de espessura do toucinho.



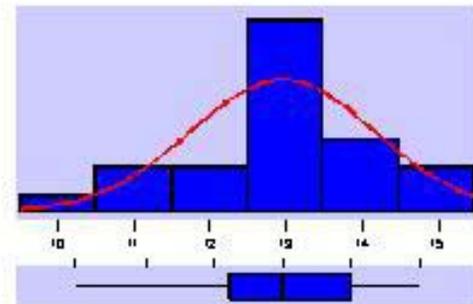
a – Controlado/verão



b- Natural/verão



c – Controlado/inverno



d – Natural/inverno

Figura 22. Distribuição das médias de ET nos sistemas de ventilação natural e forçado durante o verão e inverno respectivamente.

As médias de espessura do toucinho obtidas foram entre 12 e 13mm em ambos os sistemas de ventilação. O teste de Tukey para $\alpha=5\%$ para ET está representado na Tabela 7.

Tabela 7 – Teste de Tukey $\alpha = 5\%$ para as médias de ET.

SISTEMA DE VENTILAÇÃO	ESTAÇÃO DO ANO		Médias
	VERÃO	INVERNO	
CONTROLADO	12,96b	12,29b	12,6
NATURAL	12,89b	10,92a	11,9
Médias	12,9	11,6	

Na Tabela 7 o tratamento com sistema de ventilação Natural/Inverno apresentou menor média de ET (10,92), não havendo diferença significativa com as médias do tratamento com ventilação controlado (12,29). Já os tratamentos controlado e natural no período de verão diferenciaram dos demais, mas não diferenciaram entre si (12,96 e 12,89 respectivamente). Concluindo-se que no verão os animais apresentaram maior ET do que no inverno.

Como constatou MANGOLD et al. (1967), condições de ambiente inadequadas afetam consideravelmente a produção. Com temperatura ambiente fora da zona de termoneutralidade, altera-se o desenvolvimento dos animais. Ocorre também nessa situação uma perda de qualidade da carne com o crescimento da gordura e aumentando a espessura do toucinho.

Em investigações feitas por DERMO et al. (1995) na morfologia de suínos submetidos a diferentes temperaturas ambientes mostrou uma espessura do toucinho maior em animais submetidos à temperatura de 12° C do que os animais submetidos a 24° C. Por outro lado, QUINIQU et al. (2000) aumentou a temperatura dos suínos de 20 para 26° C e não encontrou efeito da temperatura na perda da espessura do toucinho.

JOHNSTON et al. (1999) descreveu que em ambientes quentes reduz-se o consumo de alimento nas porcas durante a lactação, o peso na desmama, porcentagem de matrizes em

estros, taxa de crescimento dos leitões e aumenta da taxa respiratória dos animais, enquanto que o tamanho da leitegada e a espessura do toucinho não foram afetados pela temperatura.

LOPES et al. (1994) concluiu que um aumento na temperatura do ambiente decresce o consumo de alimento e a média de ganho de peso, mas, melhora a conversão alimentar, espessura do toucinho e porcentagem de carne magra. Suínos submetidos a altas temperaturas melhoram o comprimento da carcaça, mas, não influencia no teor de gordura, WITTE et al. (2000).

5.4. Resultados dos dados de produção

Os dados de produção foram analisados quando as matrizes já se encontravam na maternidade e consideraram-se os seguintes parâmetros: número de leitões nascidos vivos, número de mumificados, número de natimortos, peso médio ao nascer da leitegada, número de leitões desmamados, peso médio a desmama e ganho de peso dos leitões.

Com o objetivo de verificar a diferença entre os tratamentos do fator sistema de resfriamento natural e controlado, a variabilidade devido à espécie, estação do ano e número de partos foi extraída do modelo apenas para melhor detecção da diferença entre os sistemas. Os fatores secundários ou de blocagem, espécie, estação do ano e número de partos são fontes de variação que nos auxiliam a extrair parte da variabilidade que estaria agregada no erro.

Não foi de interesse avaliar a significância entre os níveis desses blocos. Fazendo a blocagem se têm melhores condições de detectar, com maior sensibilidade, as possíveis diferenças entre os dois tratamentos.

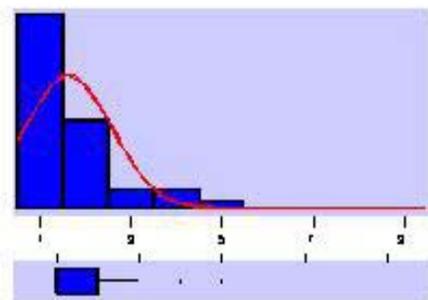
Dos parâmetros avaliados, apenas dois foi significativo ao nível de 10%, o número de mumificados e o peso ao desmame dos leitões, Tabela 8. Os resultados mostram que o sistema de resfriamento controlado influenciou positivamente no número de leitões mumificados. O melhor desempenho reprodutivo no tratamento com resfriamento controlado foi provavelmente devido ao fornecimento de boas condições de conforto às matrizes alojadas nas baias individuais. O conforto oferecido nas primeiras semanas de gestação colaborou para reduzir o número de mumificados que é bastante elevado quando os animais estão submetidos em altas temperaturas.

Tabela 8 – Número de leitões mumificados e peso médio ao desmame.

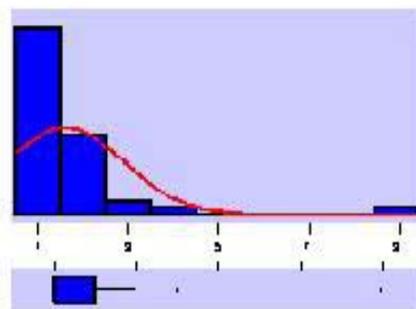
TRATAMENTOS	MF	PMD
Natural/verão	1,70b	5,93
Natural/inverno	1,48c	5,86
Controlado/verão	1,47c	6,03
Controlado/inverno	1,30 a	5,90

Houve uma pequena influência do sistema de resfriamento no peso ao desmame dos leitões. O sistema de resfriamento controlado mostrou-se uma maior eficiência possivelmente as boas condições de conforto oferecido as matrizes na fase de lactação. Matrizes submetidas a condições ótimas de conforto convertem mais precisamente o alimento em produção de leite desmamando leitegadas mais pesadas constatou BANHAZI et al. (2000).

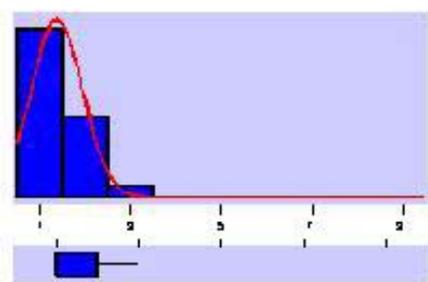
A Figura 23 mostra a distribuição da médias dos número de leitões mumificados nos tratamentos.



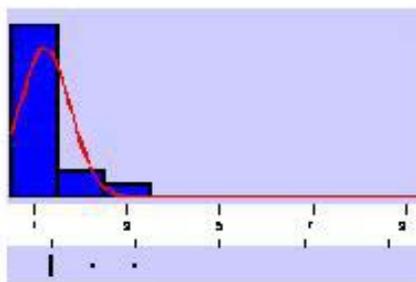
a – Controlado/ verão



b – Natural/verão



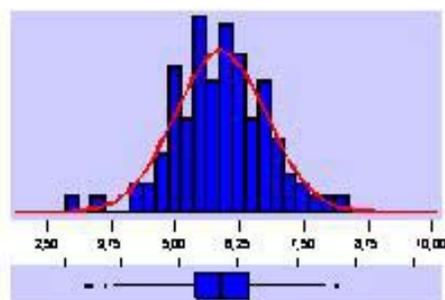
c – Controlado/inverno



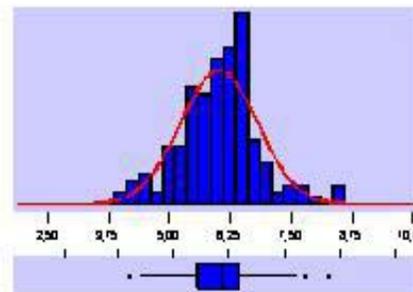
d – Natural/verão

Figura 23. Médias de leitões MF no sistema de ventilação natural e forçado, durante o verão e inverno respectivamente.

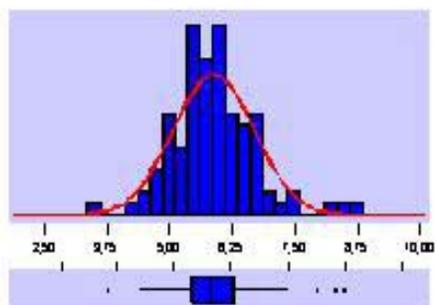
A Figura 24 mostra a distribuição da médias do peso ao desmame dos leitões nos tratamentos estudados.



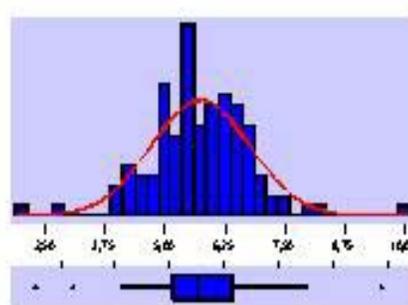
a – Controlado/verão



b – Natural/verão



c – Controlado/ inverno



d – Natural/inverno

Figura 24. Perfil das médias do PMD dos leitões no sistema de ventilação natural e forçado durante o verão e inverno.

Os resultados encontrados neste trabalho estão de acordo com PIVA (1993), que estudou o estresse de calor em matrizes em gestação e concluiu que em desconforto as fêmeas produzem alto nível de absorção, número de leitões mumificados. DERIVAUX (1989) também encontrou em seus estudos uma alta mortalidade embrionária e leitões mumificados

quando matrizes no início da gestação, havendo uma relação com o que foi encontrado no atual estudo. WHITE et al (1998), mostrou que o estresse de calor tem resultados negativos na taxa de concepção de fêmeas suínas e sugeriu que a combinação de resfriamento com água e ventilação, como proteção para altas temperaturas.

Os outros parâmetros analisados não apresentaram significância quando comparado os dois sistemas de resfriamento, mas, no entanto, mostrou diferenças significativas principalmente entre as espécies e número de partos das matrizes. Verificou-se um relevante aumento no número de leitões nascidos e ganho de peso dos leitões em matrizes múltíparas comparadas com as primíparas.

5.5. Resultados dos índices de conforto

Os resultados dos IBUTGs durante o verão e inverno estão representados nas Figuras 25 e 26, respectivamente. O índice IBUTG apresentou valores menores no sistema de resfriamento com ventilação forçada comparada com o sistema com ventilação natural. O Índice de Temperatura de Globo (IBUTG) foi baseado nas medidas da temperatura de globo, da temperatura de bulbo úmido e da temperatura ambiente. Houve, no entanto, uma diferença entre os índices dos tratamentos e posterior estabilização do índice IBUTG no tratamento com ventilação forçada mostrando que o sistema contribuiu para reduzir a temperatura no interior do galpão. Nas horas mais quentes do dia, a partir de 11 horas, o índice IBUTG foi constante no sistema de ventilação forçado enquanto no sistema de ventilação natural o IBUTG tendeu a aumentar um pouco mais. NÄÄS (1989) retrata uma significativa influencia da radiação solar no estresse térmico confirmando o aumento dos índices IBUTGs nas horas mais quente.

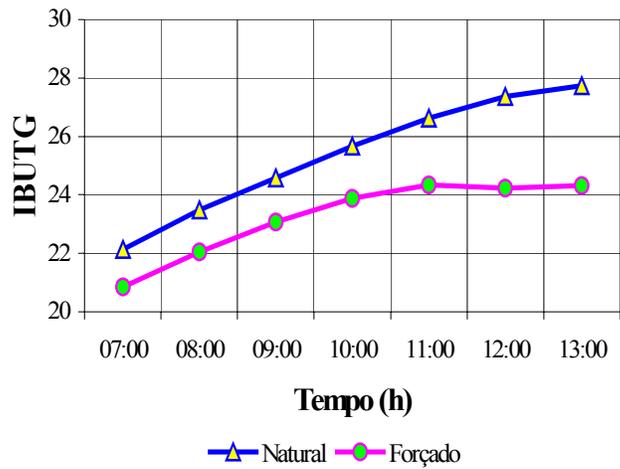


Figura 25. Gráfico do IBUTG no período de 7 as 13 horas, no verão.

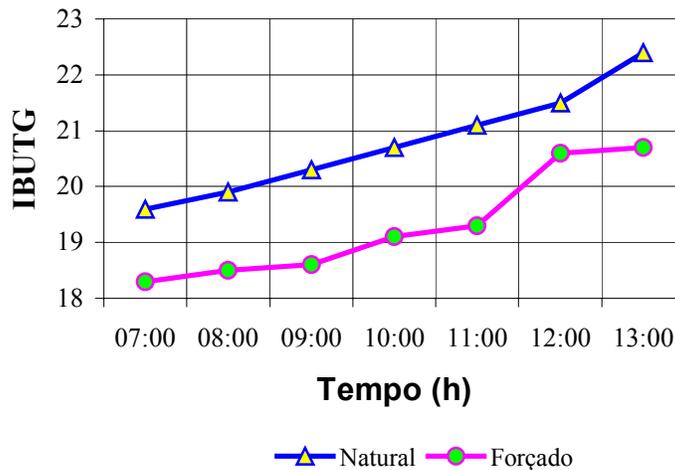


Figura 26. Gráfico do IBUTG no período de 7 as 13 horas, no inverno.

Na Figura 26, assim como no índice IBUTG durante o verão, o gráfico mostrou que a partir das 11 horas o índice CTR foi mais baixo no sistema de resfriamento com ventilação forçada que no natural. Os resultados deixam evidente que o sistema de resfriamento forçado contribuiu para a estabilização da temperatura do ambiente interno, fornecendo melhores condições de conforto para as matrizes alojadas.

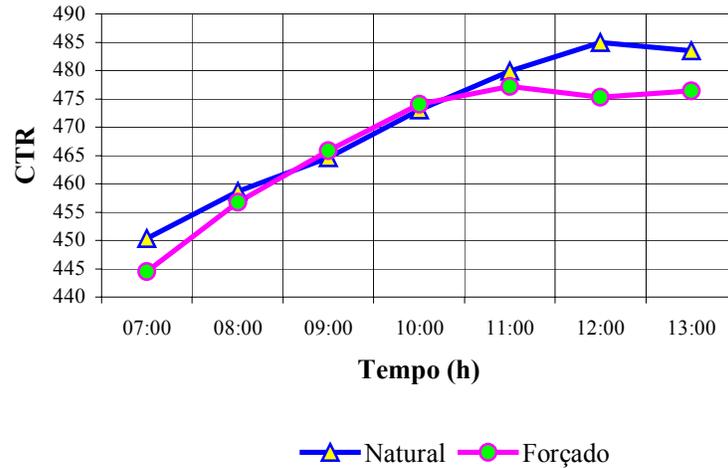


Figura 27. Gráfico da CTR no período de 7 as 13 horas, no verão.

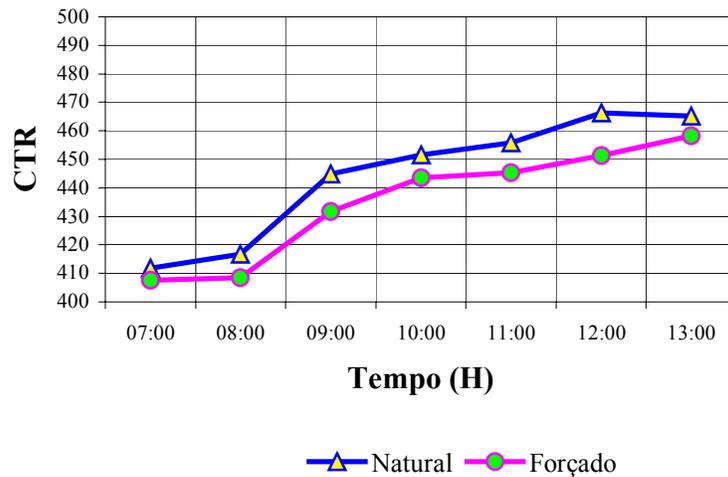


Figura 28. Gráfico da CTR no período de 7 as 13 horas, no inverno

Segundo NÄÄS (1989) o fundamento da utilização dos índices IBUTG está na consideração de que o estresse devido ao calor por radiação solar é uma parcela significativa da troca térmica seca. Em experimentos de campo para determinar a carga térmica radiante (CTR) do ambiente, o termômetro de globo mostrou-se eficiente, apontando, por exemplo, que

o sombreamento reduz em até 20% a carga térmica radiante em animais expostos a radiação solar direta.

SARTOR et al (2000) e ESMAY (1982) estudaram os índices IBUTG e CTR respectivamente, e encontraram resultados semelhantes a este estudo. Mostraram que utilizando um sistema de resfriamento adequado às condições ambientais do local os índices de conforto tende a abaixar tornando o ambiente mais confortável aos animais.

Com os resultados fisiológicos e reprodutivos obtidos no experimento foram elaboradas as seguintes equações de predição:

$$TPM = 33,8202 + 0,1752(\text{sistema}) + 1,8716(\text{estação})$$

A equação significa que o sistema natural contribuiu para aumentar a temperatura da pele das matrizes (0,1752) e que a estação de inverno também influenciou no aumento da temperatura da pele (1,8716).

$$FRM = 23,8237 + 0,7596(\text{sistema}) + 3,4561(\text{estação})$$

O mesmo ocorreu para frequência respiratória, o sistema natural e a estação de inverno contribuíram para aumentar o número de movimentos respiratórios (0,7596 e 3,4561, respectivamente).

Para o desempenho produtivo, o número de leitões mumificados foi representado pela seguinte equação: $MF = 1,3169 + 0,0215(\text{sistema}) + 0,2158(\text{estação})$

$$PMD = 5,9313 + 0,0331(\text{sistema}) + 0,0517(\text{estação})$$

Estes resultados mostraram uma menor influência dos tratamentos. O sistema natural e a estação de inverno aumentaram o número de mumificados (0,0215 e 0,2158) e o peso ao desmame dos leitões em aproximadamente 100g (0,0331 e 0,0517).

6. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, e da análise procedida, concluiu-se o seguinte:

- O sistema de resfriamento controlado proporcionou, para as porcas em gestação, um ambiente favorável ao conforto térmico, enquanto que o sistema sem resfriamento esteve com uma amplitude térmica maior ($\Delta T_Bs = 2^\circ C$) entre os tratamentos.
- Quanto ao desempenho reprodutivo das porcas, as conclusões podem ser divididas em duas etapas, a parte de resultados fisiológicos e as respostas na maternidade. As respostas fisiológicas indicaram que o maior conforto das matrizes alojadas, se deu no tratamento com resfriamento controlado, apresentando menor temperatura de pele e menor frequência respiratória. Quanto às respostas na maternidade, o uso

de resfriamento controlado somente indicou melhores índices no número de leitões mumificados (1,7 versus 1,3) e no peso ao desmame dos leitões (100g).

- Os índices diminuíram com o uso do resfriamento com ventilação controlada, tanto o IBUTG (24,2 *versus* 26,3) como o CTR (476 *versus* 483), favorecendo o ambiente interno da instalação, a partir justamente do horário onde houve maior incidência de calor, que foi 11:00h.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSEN, I.L.; BOE, K.E.; HOVE, K. Behavioural and physiological thermoregulation in groups of pregnant sows housed in a kennel system at low temperatures. **Canadian Journal of Animal Science**. 1999.
- ASHRAE **Handbook of Fundamentals**. American Society of Heating and refrigerating and Air- conditioning Engineers Atlanta. 1985.
- BACCARI, F.Jr.; GAYÃO, A.L.B.A.; NUNES, J.R.V. **Effect of winter cooling on growth rate of Large White-Landrace gilts during thermal stress**. Livestock Environmental Symposium IV. ASAE. p. 889-894. 1993.
- BAÊTA, F.C.; MEADOR, N.F.; SHANKLIN, M.D. Equivalent temperature index at temperatures above thermoneutral for lactating dairy cows. St Joseph, MI: ASAE, 1987, 21p.

- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais – conforto térmico**. Editora UFV. Viçosa, MG, 1997. 246p.
- BANHAZI, T.; CARGILL, C.; HARPER, Z.; WEGIEL, J.; GLATZ, P. 2000. The effects of adverse environmental and drinking water temperatures on pig production. Final report to PRDC Canberra, Australia.
- BANHAZI, T.; GLATZ, P.; CARGILL, C. Air quality, housing and environment research projects in the Australian pig industry. **Proceedings AgriBuilding 2001**, Campinas, Brasil. p 29-41.
- BAXTER, S. **Intensive Pig Production: environmental management and design**. 1984, 588p.
- BECKER, A.B.; KLIR, J.J.; MATTERI, R.L.; SPIERS, D.E.; ELLERSIEK, M.; MISFELDT, M.L. Endocrine and thermoregulatory responses to acute thermal exposures in 6-month-old pigs reared in different neonatal environments. **J. therm. Biol.** v.33, n.2, p.87-93, 1997.
- BLACK, J.L.; CAMPBELL, R.G.; WILLIAMS, I.H.; JAMES, K.J.; DAVIES, G.T. Simulation of energy and amino acid utilization in the pig. *Research and Development in Agriculture*. V.3, n.3, p. 121-145, 1986.
- BOE, K.E; ANDERSEN, I.L. Pregnant sows housed in kennel systems at low temperatures. **Proceedings of the 6th International Symposium - ASAE**. 2001.
- BOND, T.E. **Environmental control in poultry production**. London. Oliver & Boyd, 1968, 423p.
- BOND, T.E.; KELLY, C.F. The globe thermometer in agricultural research. **Transactions of the ASAE**, v.36, n.7, p.251-255, 1955.

- BROWN-BRANDL, R.A.; EIGENBERG, J.A. Acute heat stress effects on total heat production, respiration rate, and core body temperature in growing-finishing swine. The American Society Agricultural Engineers, Milwaukee, Wisconsin, 2000 – ASAE, St Joseph.
- BRUCE ,J. M.; CLARK, J. J. Models of heat production and critical temperature for growing pigs. **Animal Production**. v.28, p. 353-369,1979.
- BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO AROCHO, A.; CANTON, G.H. PITT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. **Trans. ASAE**, St. Joseph, MI, v.24, n.3, p.711 – 714, 1981.
- BULL, R.P.; HARRISON, P.C.; RISKOWSKI, G.L.; GONYOU, H.W. Preference among cooling systems by gilts under heat stress. *Journal-of-Animal-Science*. 1997, v.78, n. 8, p. 2078-2083.
- CAVALCANTI, S.S. Estudo da natimortalidade em suínos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**. v.1, n.3, p.9-19, 1973.
- CHAGNON, M.; D'ALLAIRE, S.; DROLET, R. A prospective study of sows mortality in breeding herds. **Can. J. Vet. Res.** 1991, v.55, p 180-184.
- CHRISTOPHERSEN, E. Ventilationstekniske maalinge. SBI- Anvisning 102, Statens Byggeforskningsinstitut, 1976.
- CIGR, **Climatization of animal housing**. 2nd Report of Working Group. Comission Internacionale du Génie Rural. 1989. 128p.
- CIGR, **Handbook of agricultural engineering** 2nd – Animal production e Aquacultural Engineering. 1999. 359p.
- CLARK, J.A. **Enviromental Aspects of Housing for Animal Production**. London: Butterworths,1981.

- CULVER, A.A.; ANDREWS, F.N.; CONRAD, J.H.; NOFFSINGER, T.L. Effectiveness of water sprays and a wallow on the cooling and growing of swine in a normal summer environment. *Journal-of Animal- Science*, 1960, v.19, p.421-433.
- CURTIS, S.E. **Environmental management in animal agriculture**. Ames, Iowa: Iowa State University Press. 1983.
- CURTIS, S.E.; BACKSTROM, L. Housing and environment: influence on production. In: LEMANN. A.D., STRAW, B.E.; MENGELING, W.L.; D' ALLAIRE, S.; TAYLOR, D.J. Disease of swine. Ames: Iowa State University Press, 1992, p. 884-900.
- DEDE, T.I.; ODOH, J.E.; AKPOKODJE, J.U.; ODILI, P.I. Thermal adaptability of large white pigs to the tropical environment II. Histometric observation on the ovaries, adrenals and thyroid glands of stressed gilts. **Bull-Anim-Helth-Prod-Afr**. Hoirobi: Inter-African Bureau For Animal Resources. 1989. v.37,n. 3, p. 261-266.
- DERIVAUX, J. **Reprodução dos animais domésticos**. Editora: Acribia. Zaragoza. 1989. 435p.
- DERNO, M.; JENTASCH, W.; HOFFMANN, L. Effect of long time exposure to different environment temperatures on heat production of growing pigs. **Livestock-Production-Science**. 1995, v. 43, n. 2, p. 149-152.
- EDWARDS, R.L. Reproductive performance of gilts following heat stress prior to breeding and in early gestation. **Journal of Animal Science**. v.27, p. 1634-37, 1968.
- EINARSSON, S.; MADEJ, A.; TSUMA, V. The influence of stress on early pregnancy in the pig. **Animal Production Science**, 1996, v. 42. P. 165-172.
- ESMAY, M.L. **Principles of animal Environment**. Textbook Edition. Westport: Avi Publishing Company, Inc., 1982. 325p.
- FAO. **Quarterly Bulletin of Statistic**. 2000. v. 7, n. 1.

- FEHR, R.L.; PRIDDY, K.T.; McNEILL, S.G.; OVERHULTS, D.G. Limiting swine stress with evaporative cooling in the southeast. **Transactions of the ASAE**, v.26, n.4, p. 542-545, 1993.
- FIALHO, F.B.; BUCKLIN, R.A.; ZAZUETA, F.S.; MEYER, R.; BOTTCHEER, R.W.; HOFF, S.J. Simulation model of heat balance in swine. *Livestock environment* 5, Vol. 2, **Proceedings Of the Fifth International Symposium**, Bloomington, Minnesota, 1997, p. 1040-1046.
- FIALHO, E.T. Influência da temperatura sobre a utilização de proteína e energia em suínos em crescimento e terminação.. **In: Simpósio Latino Americano de Nutrição de Suínos**, São Paulo-SP, 1994. Anais.....São Paulo, CBNA, p. 63-83.
- FULLER, A.; MITCHELL, G.; MITCHELL, D. Non thermal signals govern selective brain cooling in pigs. *J. Comp.Physiol, B. Biochen. Syst. Environ. Physiol.* Berlin. Germany. 1999, v.169, n. 8, p. 605-611.
- GRZEGORZAK, A.; KOLACZ, R.; DYKIEL, W.; HILLIGER, H.G. The relationship between the thermoregulatory indices in pregnant sows and bioclimatic parameters under conditions of high temperatures. **Proceedings, V. Internationaler Kongress fur Tierhygiene**, Hannover, 1985. p.115-120.
- GWAZDAUSKAS, F.C.; THATCHER, W.W.; WILCOX, C.J. 1972. **J. Diary Sci.**, v.55, p. 1165
- HAFEZ, E.S.E. **Adaptación de los Animales Domesticos**. Barcelona: Editorial Labor., 1973. 563p.
- HEITMAN, H.J.; HUGHES, E.H. The effects of air temperature and relative humidity on the physiological well being of suine. **Journal of Animal Science** 1949, v. 8, p. 171-181.

- HELLICKSON, M.A.; WALKER, J.N. **Ventilation of Agricultural Structures**. St Joseph: ASAE. 1983. 371p.
- HENKEN, A.M.; HEL, W. –van-der; VERSTEGEN, M.W.A. Heat balance characteristics of limit-fed growing pigs of several breeds kept in groups at and below thermal neutrality. **J-anim-sci**. Champaign, III.: American Society of Animal Science. 1991 v.69, n. 6, p. 2434-2442.
- JOHN, A.; GEORGE, P.E. Practical evaluation of ventilation system performance, The American Society of Agriculture Engineers – ASAE, 1992.
- JOHNSON, H.D.; GOMES, W.R. Effect of elevated ambient temperature on lipid levels and cholesterol metabolism in the ram tests, **Journal of Animal Science**. v.29, p. 469-75, 1969.
- JOHNSTON, L.J.; ELLIS, M.; LIBAL, G.W.; MAYROSE, V.B.; WELDON, W.C. Effect of room temperature and dietary amino acid concentration on performance of lactating sows. **J-anim-sci**. Savoy, IL: American Society of Animal Science. 1999 v.77, n. 7, p. 1638-1644.
- KOLACZ, R.; DOBRZANSKI, Z. Thermoregulatory reactions and activity of aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase and creatine kinase in pregnant sows during heat stress. **Medycyna – Weterynaryjna**. 1987, 43:12, p.745-748.
- KOLACZ, R.; HILLIGER, H.G. Effectiveness of various cooling methods of pregnant sows under conditions of high temperatures. Proceedings, V. Internationaler Kongress für Tierhygiene, Hannover, 1985, p. 109-114.
- KOLB, E. **Fisiologia Veterinária**. 4ª edição. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1984. 612p.

- LE DIVIDICH, J.; NOBLET, J.; HERPIN, P.;VAN MILGEN, J.; QUINIOU, N.
Thermoregulation. Progress in Pig Science/ Thrumpton, Nottingham: Nottingham University Press. C1998, p. 229 – 263.
- LEE, D.H.K.; PHILLIS, R.W. Assesment of the adaptability of livestock to climatic stress.
Journal of Animal Science. v.7, n.4, p.391-425, 1948.
- LINDLEY, J.A.; WHITAKER, J.H. Ventilation systems. Agricultural Buildings and Structures – ASAE. 1996 p. 315 – 345.
- LOPEZ, J.; GOODBAND, R.G.; ALLEE, G.L.; JESSE, G.W.; NELSSSEN, J.L.; TOKACH, M.D.; SPIERS, D.; BECKER, B.A. The effects of diets formulated on an ideal protein basis on growth performance, carcass characteristics, and thermal balance of finishing gilts housed in a hot, diurnal environment. **Journal-of-Animal-Science.** 1994. v. 72, n. 2, p. 367-379.
- LORVELEC, O.; DEPRES, E.; RINALDO, D.; CHRISTON, R. Effects of season on reproductive performance of Large White pig in intensive breeding in the tropics.
Journees-de-la-Reserche- Porcine-en-France. 1996, v. 28, p. 279-286.
- MANGOLD, D.W.; HAZEN, T.E.; HAYS, V.W. Efect air temperature on performance of growing - finishing swine. **Transaction of the ASAE.** St. Joseph, MI, v.10, n.3, p.370-375, 1967.
- MARQUES, D. Calor: conhecimentos e cuidados para minimizar seus efeitos sobre os frangos. Amparo: CASP. 1992. 11p
- MARTA FILHO, J. Métodos quantitativos de avaliação de edificações para animais, através da análise do mapeamento dos índices de conforto térmico. Botucatu, 1993. Tese (Doutorado/ Faculdade de Ciências agrônômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita/ UNESP).

- MARTINS, C. Palestra no IV encontro Sul-Americano de Suinocultores. Vitória-ES, Abril 1999.
- McLEAN, J.A. The environmental needs of farm animals and their output. **Journal of J.I.H.V.E.** v.37, Hannah Dairy Institute. Ayr Inglaterra. 1969.
- MENDES, J. T. G. Consumo de carne no Brasil é baixo. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 9 de agosto de 1995. Suplemento Agrícola, p.5.
- MONTHEITH, J.L.; MOUNT, L.E. **Heat Loss from Animals and Man**. London: Butterworths. 1974.
- MOURA, D.J.; NÄÄS, I. A. Estudo comparativo de índices de conforto térmico na produção de animais. In: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE EMGEMHARIA AGRÍCOLA, Ilhéus, 1993, **Anais**. Ilhéus: SBEA; CEPLAC, 1993, v.1, p. 42-46.
- MÜLLER, P.B. **Bioclimatologia Aplicada aos Animais Domésticos**. 2^a ed. Posto Alegre: Sulina, 1982. 183p.
- NÄÄS, I. A. LAGANÄ, C.; MOURA D. J.; LALONI, L. A. AGUIAR, M. A.; REIS, R.L. S. **P. Instrumentação auxiliar em medidas de conforto térmico**. In: XII Congresso Brasileiro de Engenharia Avicultura, Brasília-DF, 1993. **Anais**. p.85-91.
- NÄÄS, I. A. **Princípios do Conforto Térmico na Produção Animal**. São Paulo: Editora Icone, 1989. 183p.
- NOBLET, J.; DOURMAD, J.Y.; ETIENNE, M.; LE DIVIDICH, J. 1997. Energy metabolism in pregnant sows and newborn pig. **Journal of Animal Science**. v. 75, p 2708-2714.
- OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. Effect of environmental temperature on performance and on physiological and hormonal parameters of gilts fed at different levels of digestible energy. **Animal Feed Science and Technology**. 1999. v.81, p. 319-331.

- OMTVEDT, I.T.; NELSON, R.E.; EDWARDS, R.L.; STEPHENS, D. F .; TURMAN,E.J.
Influence of heat stress during early, mid and late pregnancy of gilts. J. Anim. Sci.
32:312. 1971.
- PERDOMO, C. C. **Avaliação de sistemas de ventilação sobre o condicionamento ambiental e o desempenho de suínos na fase de maternidade.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. Porto Alegre. 1995. Tese de doutorado.
- PERDOMO, C.C. **Análise de diversos tipos de construções para suínos, utilizadas no Sul do Brasil.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. Porto Alegre. 1984. Tese de Mestrado.
- PERDOMO, C.C.; NICOLAIEWSKY, S. Comportamento ambiental de diferentes modelos de edificações para suínos, durante a estação quente. **Comunicado técnico EMBRAPA,** 1986, p. 1-2.
- PIVA, J.H. Aspectos não nutricionais que afetam o desempenho de suínos. In: **Boletim Informativo Agroceres PIC,** Patos de Minas, MG, 1993. 109p.
- PRUNIER, A.; MESSIAS DE BRAGANÇA, M.; LE DIVIDICH, J. Influence of high temperature on performance of reproductive sows. **Livestock Production Science,** 1997, v.52, p 123-133.
- QUINIQU, N.; GAUDRE, D.; RAPP, S.; GUILLOU, D. Effect of ambient temperature and diet composition on lactation performance of primiparous sows. 2000, **Journées Rech. Porcine en France,** v. 32, p. 275-282.
- RAY, D.E.; HLBACH, T.J.; ARMSTRONG, D.V. **Season and lactation number effects on milk production and reproduction of dairy cattle in Arizona.** J. Dairy Sci. 75:2976. 1993.

- SARTOR, V.; BAÊTA, F.C.; TINÔCO, I.F.F. Efeito do resfriamento evaporativo na conforto térmico ambiental de verão em instalações para terminação de suínos. XXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2000: Fortaleza, Ceará.
- SEVEGNANI, K.B. Avaliação de tinta cerâmica em telhados de modelo em escala reduzida, simulando galpões para frango de corte. Campinas, 1997. 64p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.
- SIGNORET, J.P.; VIEUILLE, C. Effectiveness and limitations of physiological versus ethological criteria to assess the welfare of pigs in relation to the housing system. **Pig News and Information**, 1996, v.17,n.4, p 115 – 121.
- SYNDESTRICKER, K. V. **Análise de Lantermin em edificações para suínos, através de Modelos em escala**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1993.69p.tese (Mestrado em Engenharia Agrícola).
- TAVARES, S.L.S.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.; FERREIRA, A.S. Influence of environment temperature on the performance and the physiological traits of barrows frm 30 to 60 kg. **Revista-Brasileira-de-Zootecnia**. 2000, v.29, n.1, p. 199-205.
- TERLOUW, E.M.C.; LAWRENCE, A .B.; ILLIUS, A .W.; COCHRAM, M.C. Relationship between post-feeding stereotypic behaviour and plasma cortisol in sows. *Applied-Animal-Behaviour-Science*. 1991, v. 30, n 1-2, p. 175-176.
- WAN, S.S.; HENNESSY, D.P.; CRANWELL, P.D. Seasonal infertility, stress and adrenocortical responsiveness in pigs. **Animal-Reproduction-Science**. 1994, v.34, n. 3-4, p.265-279.
- WATSON, H. Insulation southern hog building. *National hog Farmer*. F10. 5p 1971.

- WENDT, M.; EICKHOFF, K.; KOCH, R. Measuring of the skin temperature as a method to detect pigs with elevated body temperature. **Deutsche-Tierarztliche-Wochenschrift**. 1997, v. 104, n. 1, p. 29-33.
- WETTEMANN, R.P.; BAZER, F.W. **Influence of environmental temperature on prolificacy of pigs**. J. Reprod. Fertil. Suppl. 33:199. 1985.
- WHITE, C.E.; WETTEMANN, R.P.; McDOWELL, L.R. Use of concrete wallows and water sprinklers to improve reproductive fertility of boars in a warm humid climate. International- Journal- of- Animal- Sciences. 1998, v.13, n.2, p. 149-156.
- WILLIAMSON, P.; HENNESSY, D.P.; CUTLER, R. 1980. The use of progesterone and oestrogen concentrations in the diagnosis of pregnancy, and in the study of seasonal infertility in sows. Aust. J. Agric. Res., v. 31, p. 233-238.
- WITTE, D.P.; ELLIS, M.; MCKEITH, F.K.; WILSON, E.R. Effect of dietary lysine level and environment temperature during the finishing phase on the intramuscular fat content of pork. **J-anim-sci**. Savoy, IL: American Society of Animal Science. 2000 v.78, n. 5, p. 1272-1276.
- YAN, P.S; YAMAMOTO, S. Relationship between thermoregulatory responses and heat loss in piglets. **Animal-Science -Journal**. 2000, v. 71, n. 10, p. 505-509.
- YOUSEF, M.K. Stress physiology in livestock. Vol 1. Basic principles. 1985, 217p.

ANEXOS

Tabela 1 - Análise de variância para frequência respiratória.

CV	GL	SQ	QM	F	P
Trat. Est.	3	1552,73	517,58	97,58**	0,00
Fator 1	1	80,81	80,81	14,96**	0,00
Fator 2	1	1469,99	1469,99	272,18**	0,00
Interação 1x2	1	17,1	17,1	3,23NS	0,075
Erro	121	658,9	5,4		
Total	124	3779,53			

CV = causas de variação

GL = graus de liberdade

SQ = soma de quadrados

QM = quadrado médio

F = valor do teste F

P = probabilidades

Fator 1 = Sistemas de resfriamento (forçado e natural)

Fator 2 = Estações do ano (verão e inverno)

** = Altamente significativo ao nível de 1%

NS = Não significativos ao nível de 5%

Tabela 2 - Análise de variância para temperatura da pele.

CV	GL	SQ	QM	F	P
Tratamento	3	435,87	145,2	190,82**	0,00
Fator 1	1	3,78	3,78	4,96*	0,028
Fator 2	1	431,2	431,2	566,51**	0,00
Interação 1x2	1	1,96	1,96	2,58NS	0,111
Erro	121	92,13	0,76		
Total	124	964,94			

CV = causas de variação

GL = graus de liberdade

SQ = soma de quadrados

QM = quadrado médio

F = valor do teste F

P = probabilidades

Fator 1 = Sistemas de resfriamento (forçado e natural)

Fator 2 = Estações do ano (verão e inverno)

** = Altamente significativo ao nível de 1%

* = Significativo ao nível de 5%

NS = Não significativos ao nível de 5%

Tabela 3 - Análise de variância para espessura do toucinho.

CV	GL	SQ	QM	F	P
Tratamento	3	88,7	29,6	2,89*	0,038
Fator 1	1	20,21	20,21	1,97NS	0,163
Fator 2	1	53,86	53,86	5,25*	0,024
Interação 1x2	1	14,63	14,63	1,42NS	0,236
Erro	121	1250,49	10,25		
Total	124	1427,89			

CV = causas de variação

GL = graus de liberdade

SQ = soma de quadrados

QM = quadrado médio

F = valor do teste F

P = probabilidades

Fator 1 = Sistemas de resfriamento (forçado e natural)

Fator 2 = Estações do ano (verão e inverno)

** = Altamente significativo ao nível de 1%

* = Significativo ao nível de 5%

NS = Não significativos ao nível de 5%

Tabela 4 – Análise de variância para peso médio a desmama

CV	DL	SQ	QM	F	P
Sistema	1	2,83	2,99	3,81	0,052*
Espécie	1	1,40	1,09	1,39	0,239 NS
Estação	1	0,28	0,15	0,20	0,659 NS
n-partos	1	1,71	1,70	2,17	0,142 NS
Erro	610	480,39	0,79		
Total	614	486,61			

CV = causas de variação

GL = graus de liberdade

SQ = soma de quadrados

QM = quadrado médio

F = valor do teste F

P = probabilidades

Sistema = Sistemas de resfriamento (forçado e natural)

Espécie = Dalland e não Dalland

Estação = Estações do ano (verão e inverno)

n-partos = múltiparas e primíparas

* = Significativo ao nível de 10%

NS = Não significativos ao nível de 10%

Tabela 5 – Análise de variância para número de leitões mumificados

CV	DL	SQ	QM	F	P
Sistema	1	3,90	3,40	3,74	0,055*
Espécie	1	0,43	1,57	1,73	0,19 NS
Estação	1	0,15	0,32	0,35	0,55 NS
n-partos	1	5,19	5,19	5,71	0,02 NS
Erro	151	137,33	0,91		
Total	155	147,00			

CV = causas de variação

GL = graus de liberdade

SQ = soma de quadrados

QM = quadrado médio

F = valor do teste F

P = probabilidades

Sistema = Sistemas de resfriamento (forçado e natural)

Espécie = Dalland e não Dalland

Estação = Estações do ano (verão e inverno)

n-partos = múltiparas e primíparas

* = Significativo ao nível de 10%

NS = Não significativos ao nível de 10%

Figura 1 - Médias de temperatura da pele no sistema natural de ventilação

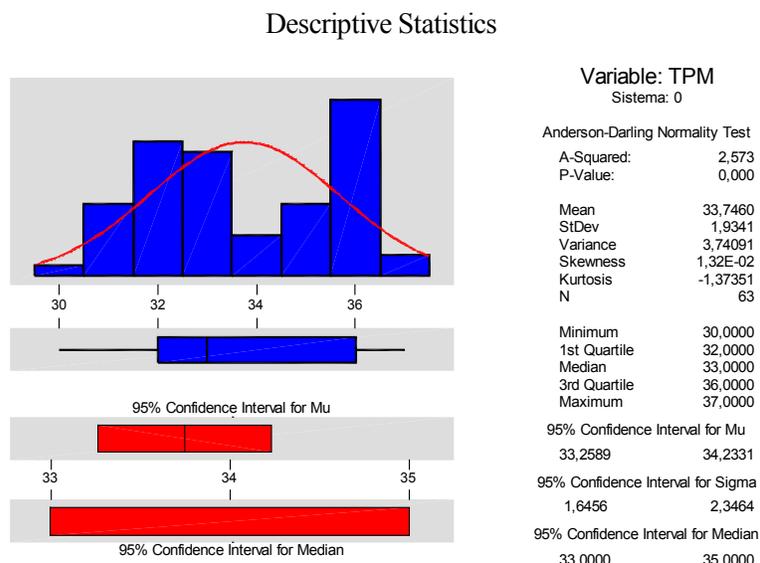


Figura 2 - Médias de temperatura da pele no sistema forçado de ventilação

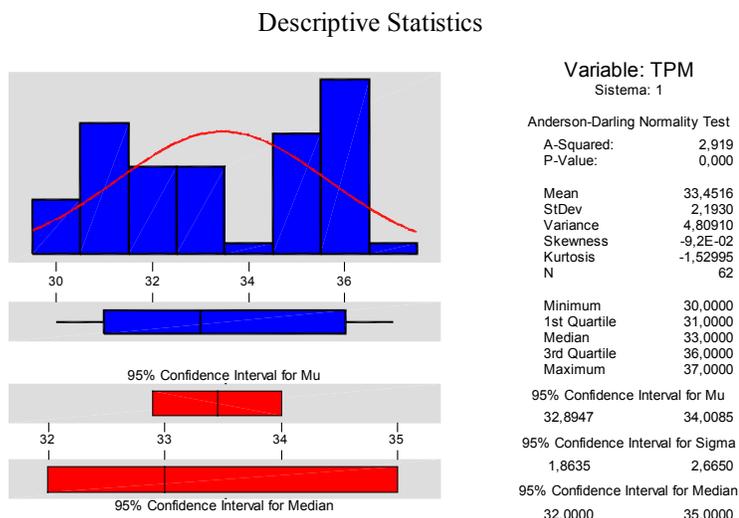


Figura 3 - Médias de espessura do toucinho no sistema forçado de ventilação.

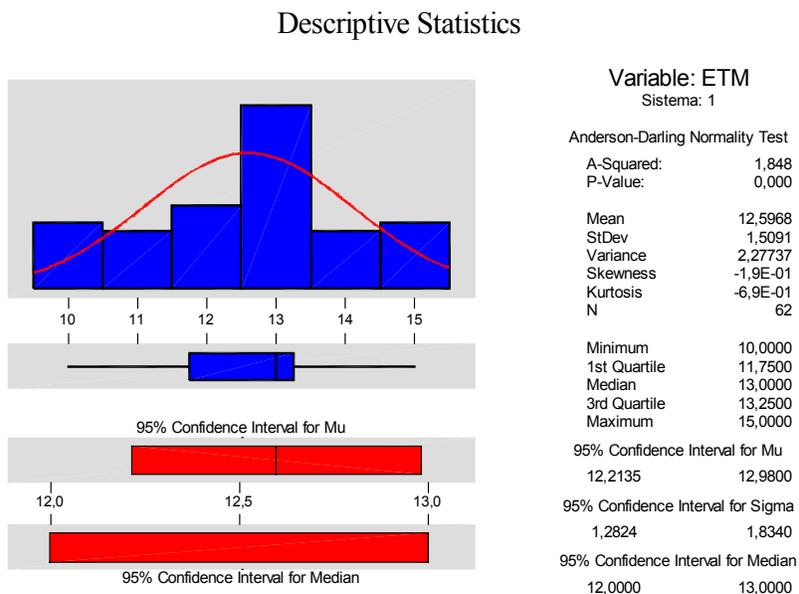


Figura 4 - Médias de espessura do toucinho no sistema natural de ventilação.

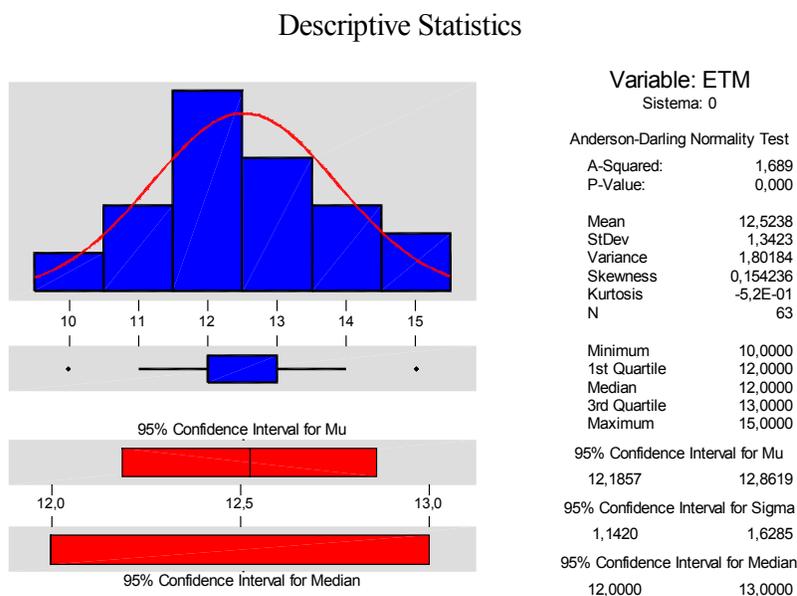


Figura 5 - Médias de frequência respiratória no sistema natural de ventilação.

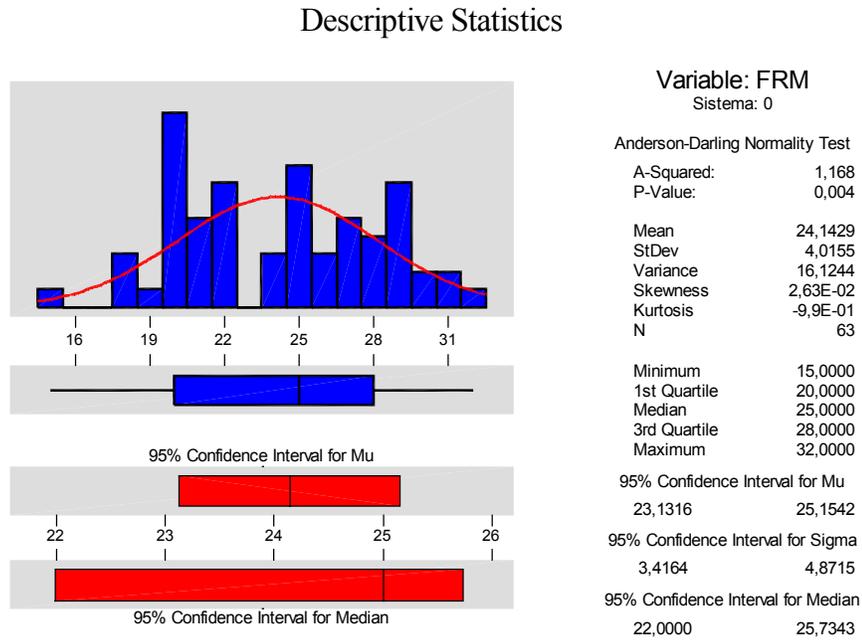


Figura 6 - Médias de frequência respiratória no sistema forçado de ventilação.

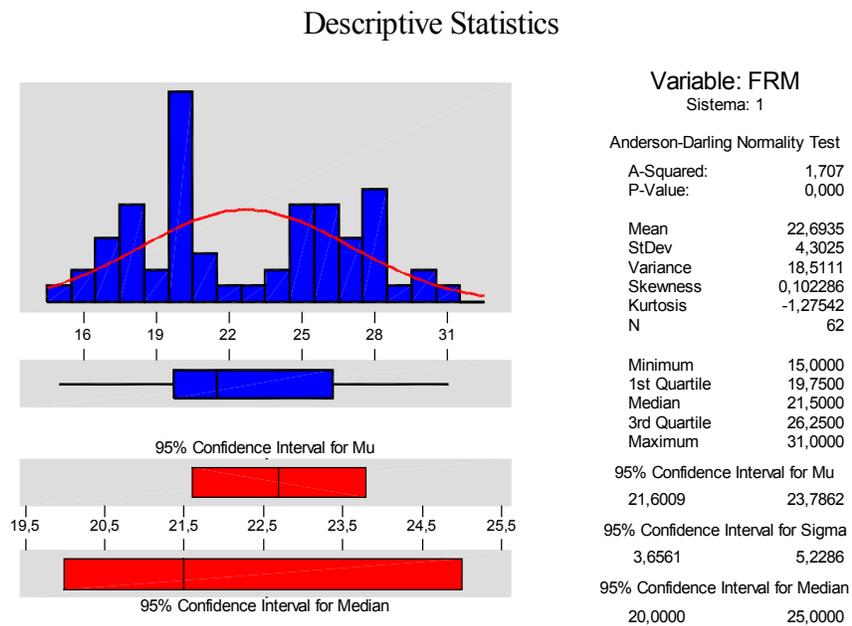


Figura 7 – Médias do número de leitões nascidos vivos no sistema de ventilação natural.

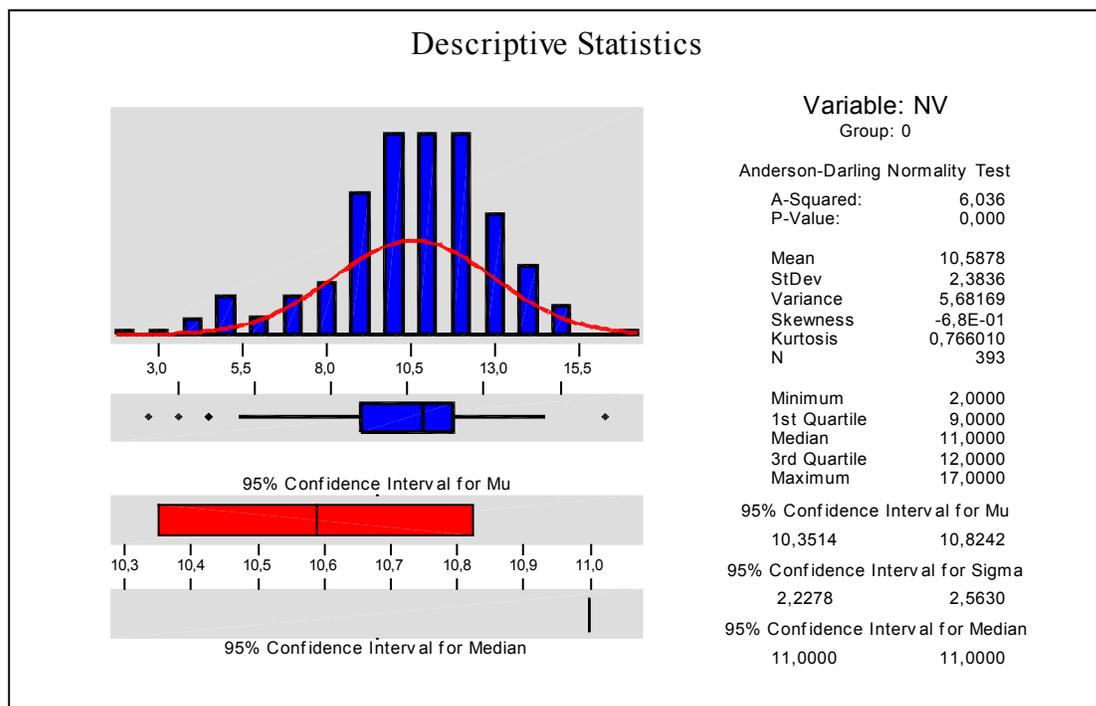


Figura 8 - Médias do número de leitões nascidos vivos no sistema de ventilação forçado.

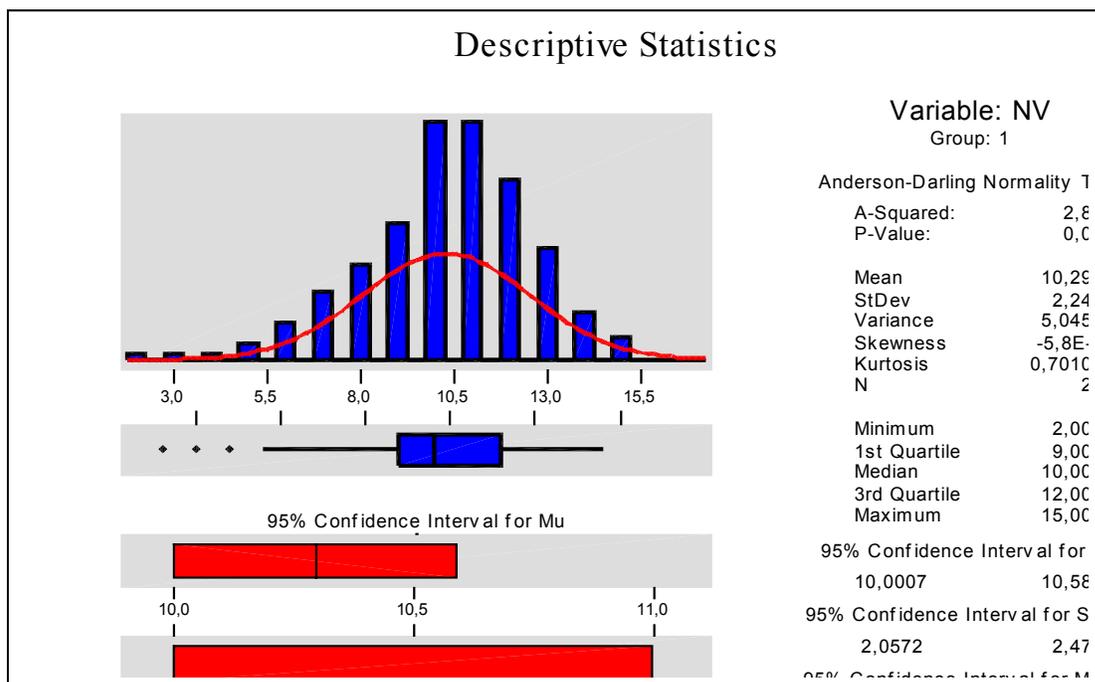


Figura 9 - Médias de leitões mumificados no sistema de ventilação natural.

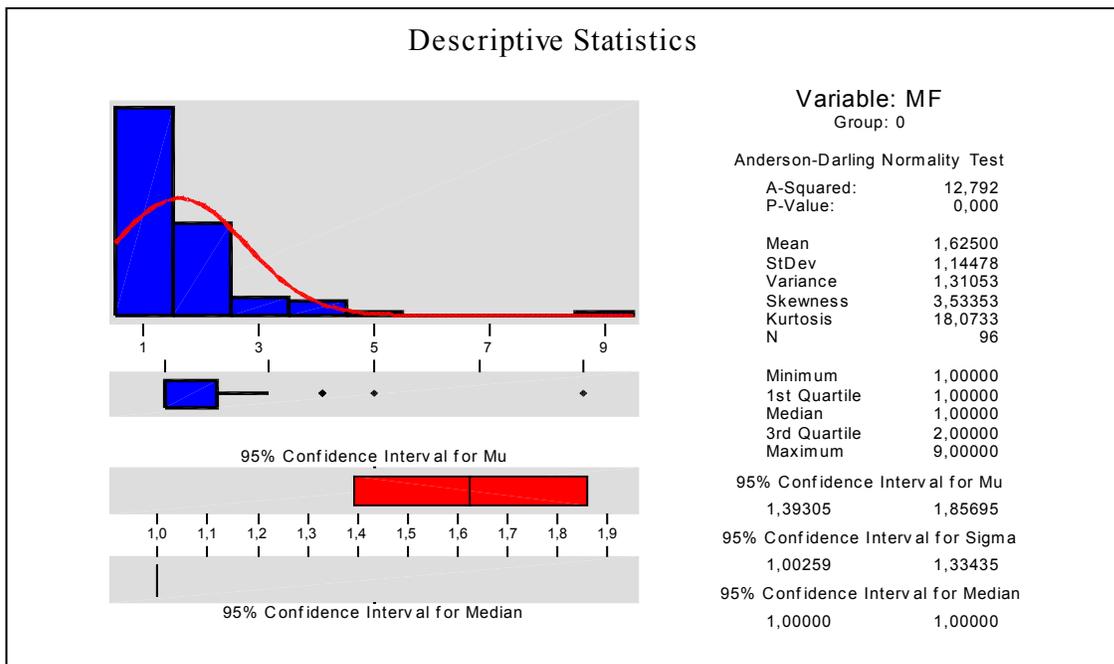


Figura 10 - Médias do número de leitões mumificados no sistema de ventilação forçado.

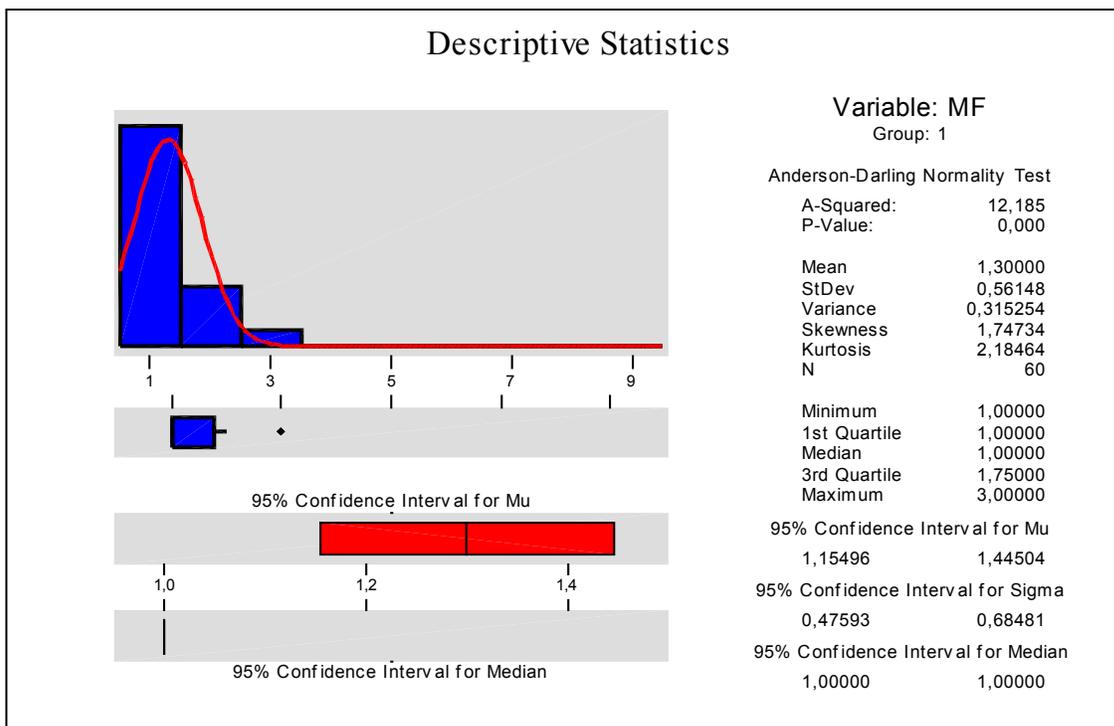


Figura 11 - Médias do total de leitões nascidos no sistema de ventilação natural.

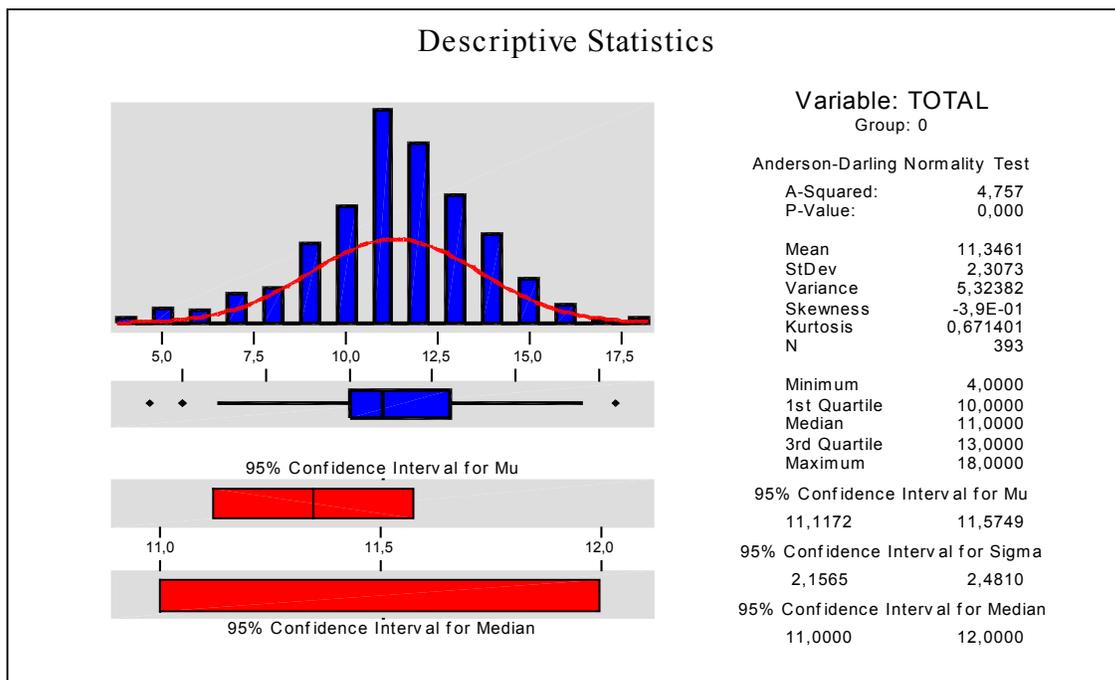


Figura 12 – Médias de total de leitões nascidos no sistema de ventilação forçado.

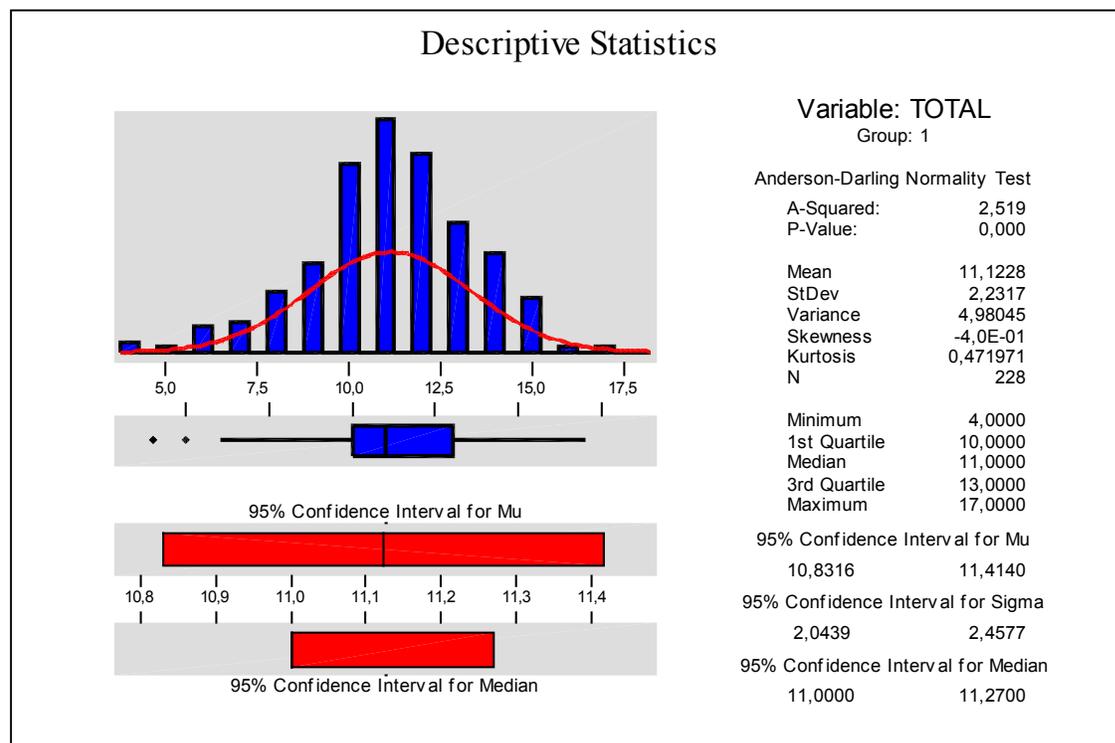


Figura 13 – Médias de leitões natimortos no sistema de ventilação natural.

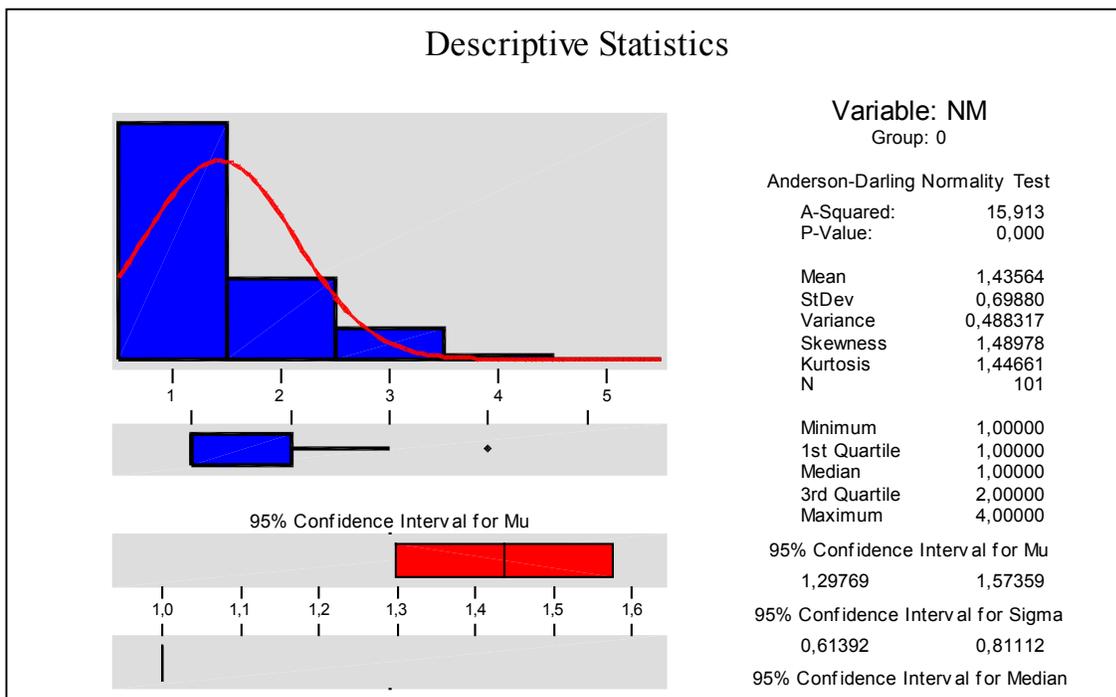


Figura 14 – Médias de leitões natimortos no sistema de ventilação forçado.

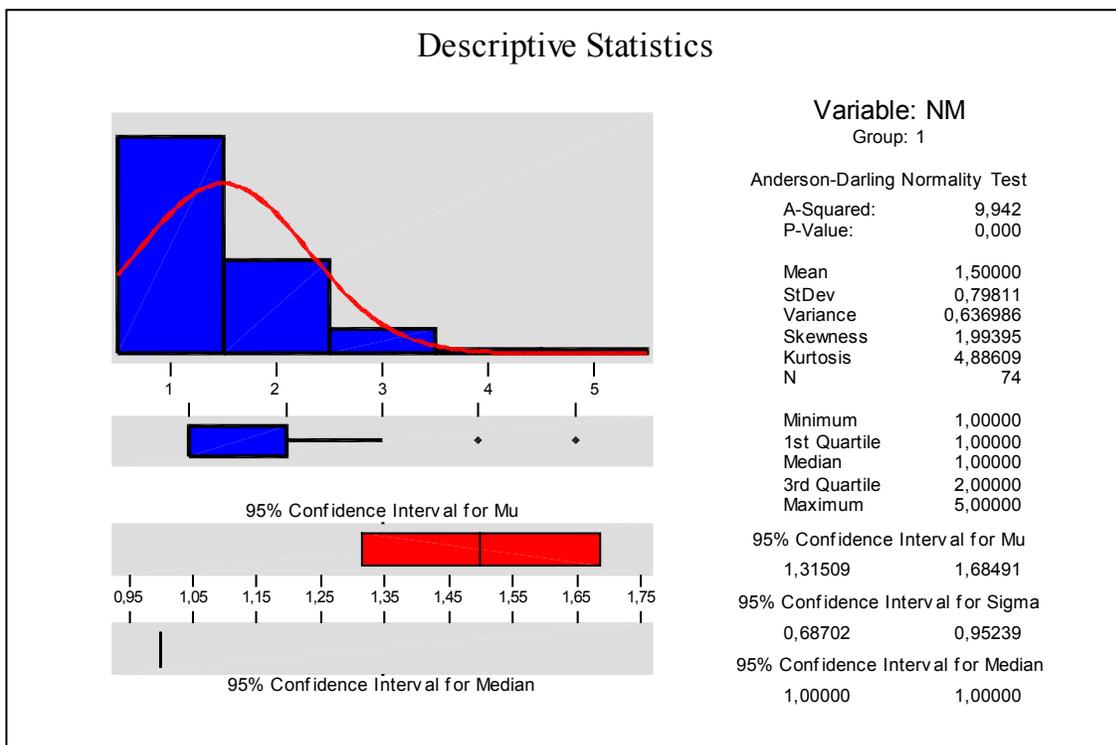


Figura 15 – Médias de peso dos leitões nascidos no sistema de ventilação natural.

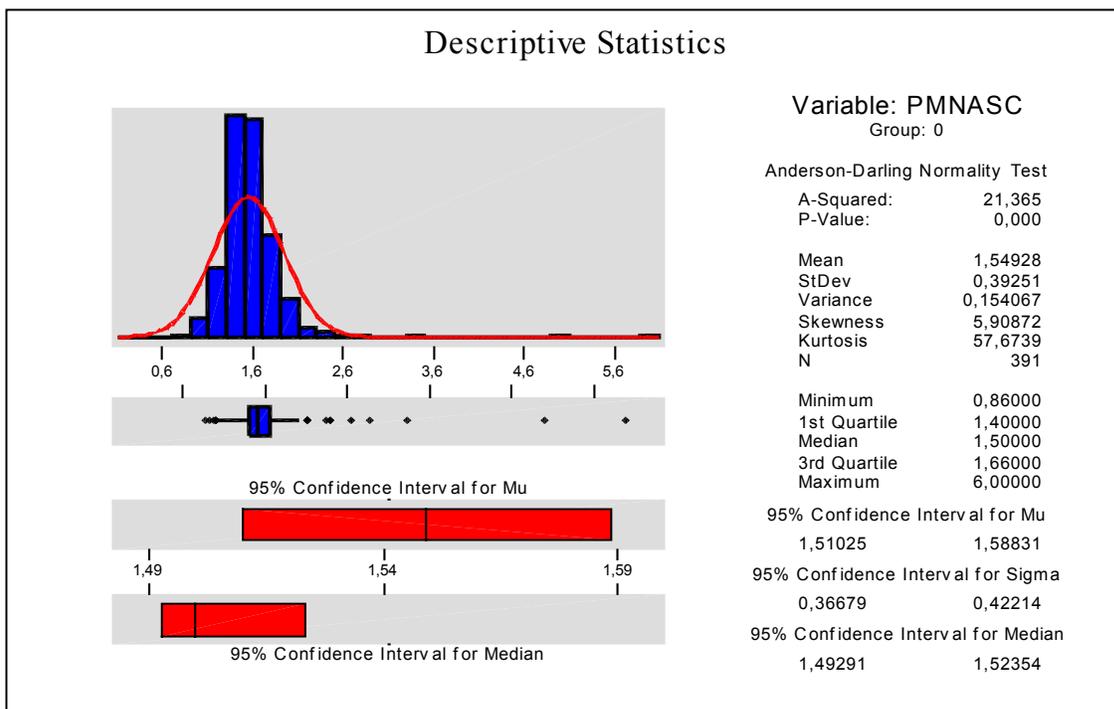


Figura 16 – Médias de peso dos leitões nascidos no sistema de ventilação forçado.

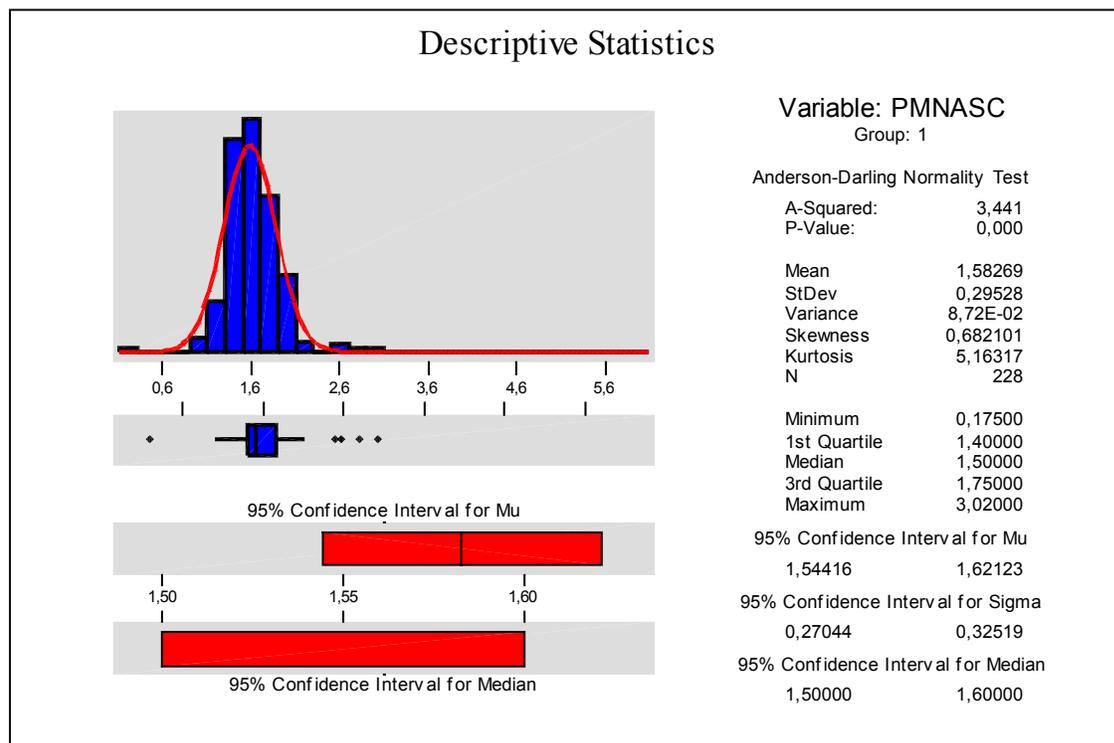


Figura 17 – Médias de leitões desmamados no sistema de ventilação natural.

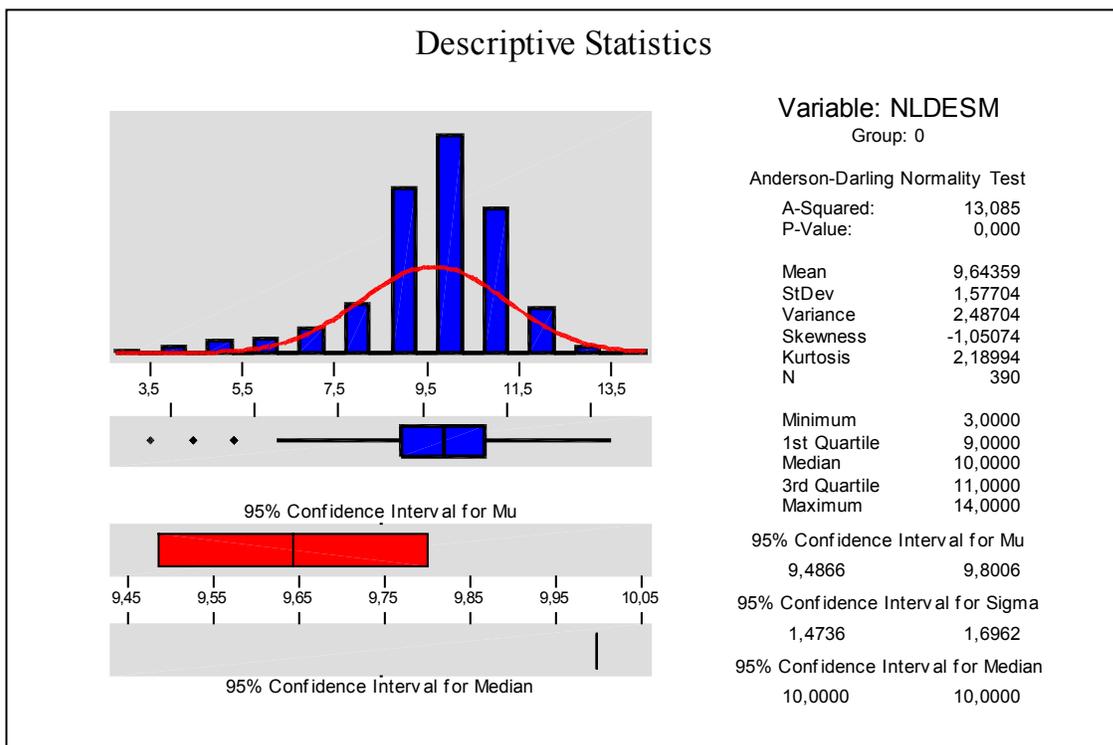


Figura 18 – Médias de leitões desmamados no sistema de ventilação forçado.

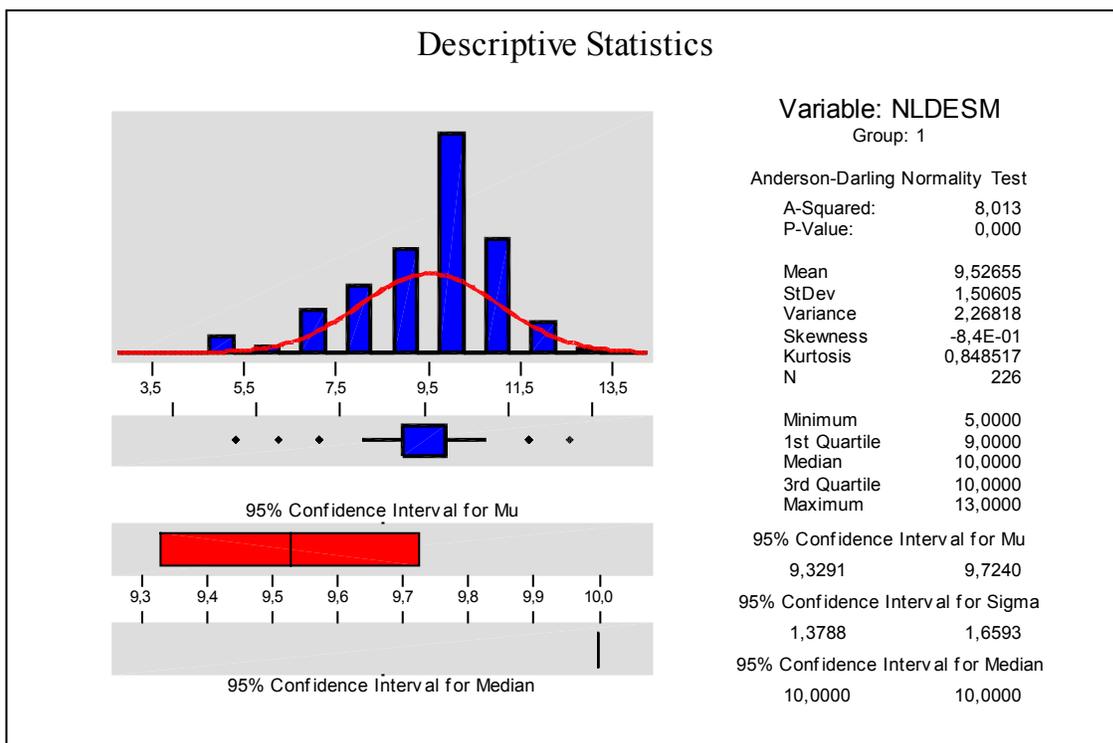


Figura 19 – Médias de peso ao desmame dos leitões no sistema de ventilação natural.

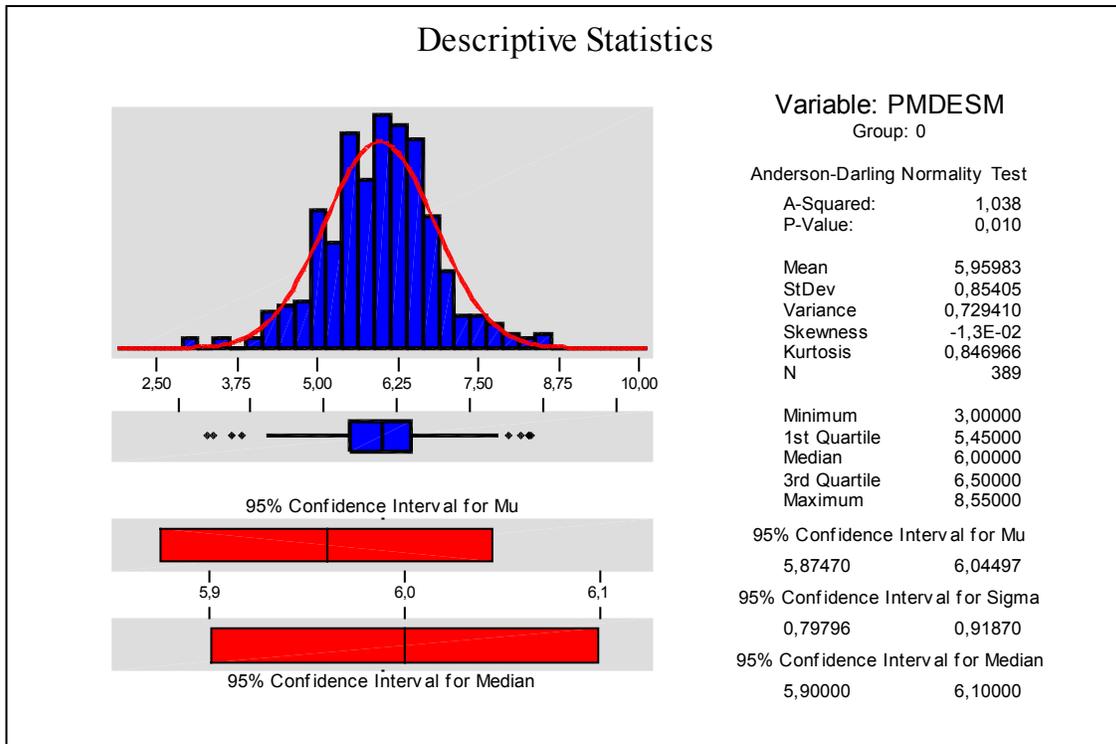


Figura 20 – Média de peso ao desmame dos leitões no sistema de ventilação forçado.

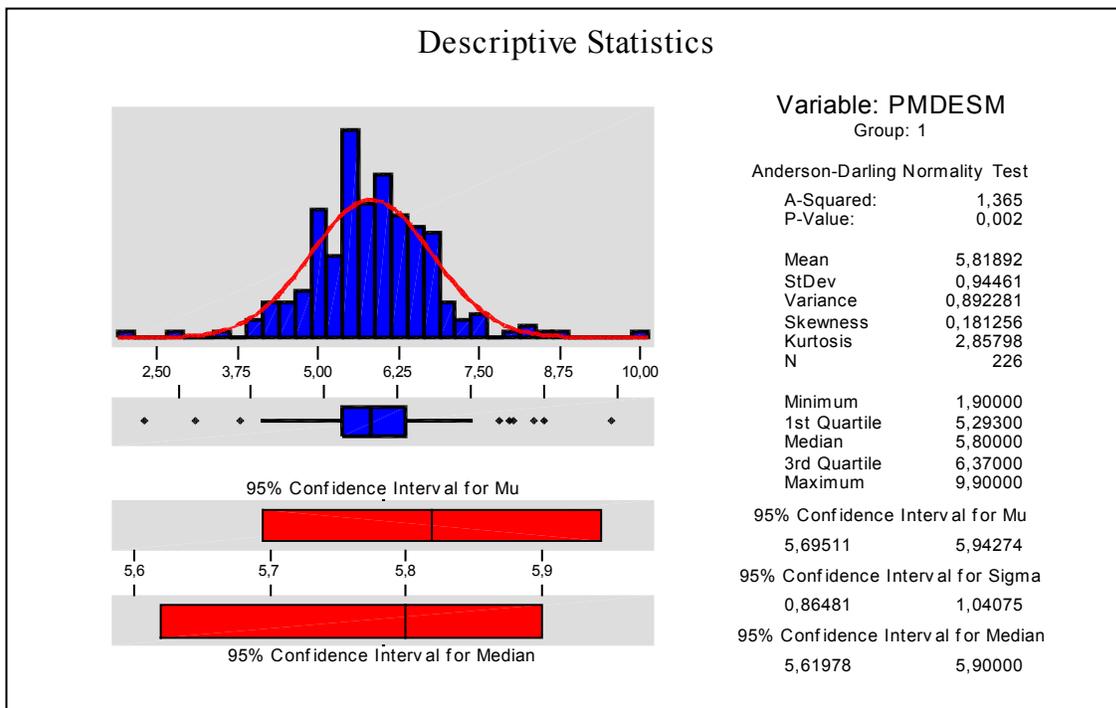


Figura 21 – Médias de ganho de peso dos leitões no sistema de ventilação natural.

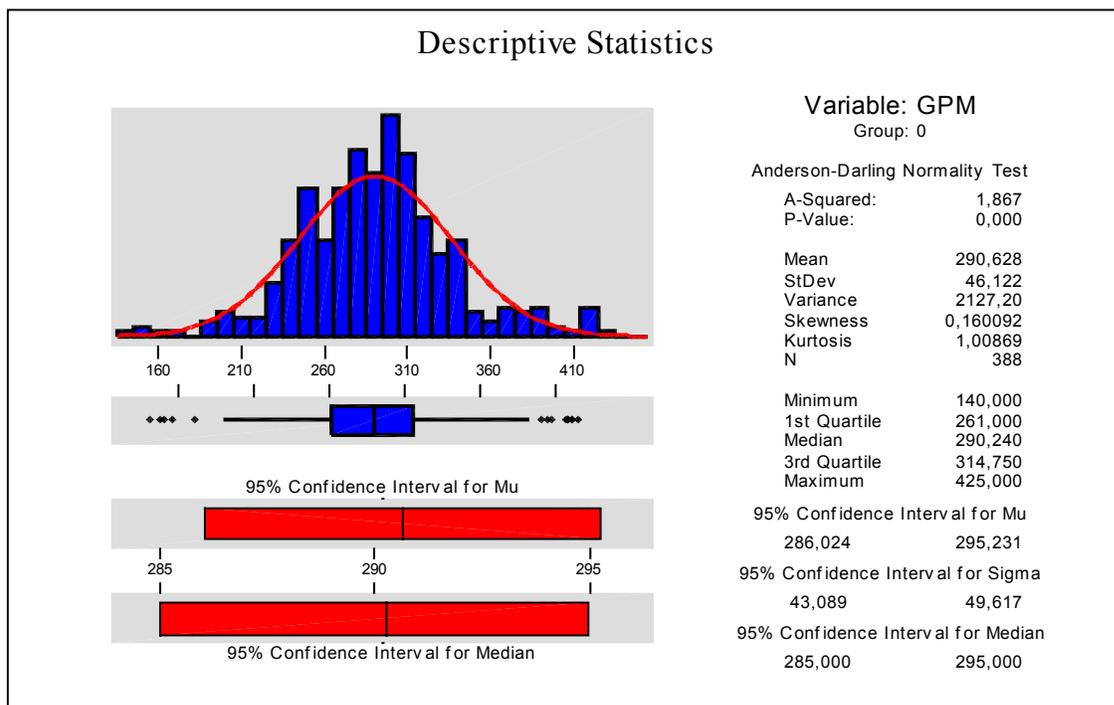


Figura 22 - Médias de ganho de peso dos leitões no sistema de ventilação forçado.

