

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**ESTUDO DO CONFORTO TÉRMICO, DESEMPENHO ANIMAL E
RACIONALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM UMA
INSTALAÇÃO SUINÍCOLA NA REGIÃO DE BOITUVA-SP**

Juliana Sarubbi

CAMPINAS
JANEIRO DE 2005

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

**ESTUDO DO CONFORTO TÉRMICO, DESEMPENHO ANIMAL E
RACIONALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM UMA
INSTALAÇÃO SUINÍCOLA NA REGIÃO DE BOITUVA-SP**

Dissertação de mestrado, submetida à banca
examinadora para obtenção do título de mestre
na área de concentração de Construções Rurais
e Ambiência.

JULIANA SARUBBI

ORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ ANTONIO ROSSI

CAMPINAS
JANEIRO DE 2005

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

Sarubbi, Juliana
Sa77e Estudo do conforto térmico, desempenho animal e
racionalização de energia elétrica em uma instalação de
suínos na região de Boituva – SP / Juliana Sarubbi. --
Campinas, SP: [s.n.], 2005.

Orientador: Luiz Antonio Rossi.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Suíno - Criação. 2. Suíno - Confinamento. 3. Energia
elétrica - Conservação. 4. Conforto térmico. 5. Indústria
animal. 6. Animais domésticos – Aspectos ambientais. I.
Rossi, Luiz Antonio. II. Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

Titulo em Inglês: Study of the thermal comfort, animal performance and
energy savings in a swine barn in Boituva – SP - Brazil

Palavras-chave em Inglês: Pig Industry, Energy savings, Animal Comfort,
Animal welfare e Thermal comfort

Área de concentração: Construções Rurais e Ambiência

Titulação: Mestre em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Daniella Jorge de Moura, Celso Eduardo Lins de
Oliveira

Data da defesa: 25/01/2005

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado a todos que amo...

*A Deus... por tudo que sou, tudo que estou, tudo que tenho, tudo que sinto... por se fazer
tão presente em cada momento de minha existência.*

Aos meus pais, João e Vera...

Aos meus irmãos Felipe e Sueli...

Ao meu noivo, Rafael...

*Palavras e mais palavras, abraços e mais abraços, beijos e mais beijos seriam, certamente,
insuficientes para expressar o amor e gratidão que sinto por vocês.*

*E como não poderia deixar de ser, dedico este trabalho aos suínos, seres tão importantes na
minha vida e para a humanidade e razão de todo o meu esforço dos últimos anos.*

Por tudo, dedico e agradeço!

AGRADECIMENTOS

Ao meu querido orientador, Luiz Antonio Rossi, pela paciência, pela compreensão e por todos os ensinamentos. Obrigada!

Ao meu sempre professor Mateus Florio Neto, gerente da Granja Palmeiras, por todo o auxílio e confiança.

Aos Tios Fernando Sebastiani e Ovídio Sebastiani, proprietários da Granja Palmeiras, pelo apoio em todos os momentos de minha carreira e créditos neste trabalho.

Aos técnicos Edson Caíres e Túlio Assunção P. Ribeiro por todo o suporte técnico a este trabalho.

Aos amigos Evandro Laranjeira, Leda Gobbo de Freitas Bueno, Nina Miglioranza Velloso, Ronan Barboza, Fabiana M. G. Lima, Miwa Miragliota, Silvia Regina L. de Souza e Adriana Rocha sem os quais este trabalho não teria sido realizado.

Ao professor Ueliton França Ribeiro pela amizade e apoio na realização deste trabalho.

Aos professores Irenilza de Alencar Nääs e Ernesto Brossard pela colaboração e ensinamentos.

Aos meus amigos Jean Cláudio C. Espelho, Carolina Dinten e Prof. Kil Jin Park pela amizade, conselhos e apoio nos momentos difíceis.

À equipe da Comissão de Pós-Graduação da FEAGRI: Ana Paula Montagner, Rosangela Gomes, Marta Vechi e demais funcionários que tanto colaboraram para o meu crescimento acadêmico.

À FAEP, ao CNPq e à CPG pelo apoio financeiro à esta pesquisa.

À empresa Big Dutchman, na pessoa do gerente de vendas, Sr. Fernando Villar, pelo auxílio na aquisição de equipamentos necessários a este trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS.....	X
RESUMO	XI
ABSTRACT	XII
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 FATORES QUE INFLUENCIAM NA PRODUTIVIDADE DA SUINOCULTURA	3
2.2 RELAÇÃO SUÍNO-AMBIENTE	4
2.2.1 <i>O ambiente do suíno brasileiro</i>	5
2.2.2 <i>Conforto térmico dos suínos</i>	6
2.2.3 <i>O ambiente e o desempenho do suíno</i>	8
2.2.4 <i>O ambiente e as doenças respiratórias</i>	9
2.2.5 <i>O bem-estar na suinocultura</i>	11
2.3 SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO ARTIFICIAL NA SUINOCULTURA.....	13
2.4 A ENERGIA ELÉTRICA E A SUINOCULTURA.....	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 LOCAL.....	19
3.2 PERÍODO DO EXPERIMENTO	20
3.3 TRATAMENTOS.....	20
3.3.1.1 S1	22
3.3.2 <i>Tratamento S1 – acionamento automático e ventiladores antigos</i>	29
3.3.3 <i>Tratamento S2 – acionamento automático e ventiladores novos</i>	30
3.3.4 <i>Tratamento S3 – acionamento manual e 1 ventilador antigo</i>	32
3.3.5 <i>Tratamento S4 – sistema de climatização natural</i>	33
3.4 COLETA DOS DADOS.....	33
3.4.1 <i>Coleta de dados produtivos</i>	33
3.4.2 <i>Coleta de dados para a monitoração da condição sanitária do plantel</i>	34
3.4.3 <i>Coleta dos parâmetros climáticos</i>	35
3.4.3.1 Temperatura e umidade relativa do ar.....	35
3.4.3.2 Velocidade do ar	36
3.4.3.3 Índice de Conforto Térmico.....	37
3.4.3.4 Entalpia	38
3.4.4 <i>Coleta das variáveis elétricas</i>	38
3.4.4.1 Consumo diário do lote	39

3.4.5	<i>Sistema de aquisição de dados</i>	39
3.5	ANÁLISE DAS VARIÁVEIS PRODUTIVAS, DE CONFORTO TÉRMICO E ENERGIA ELÉTRICA	42
3.5.1	<i>Eficiência energética de instalações e equipamentos</i>	42
3.5.1.1	Consumo Específico de energia de cada tratamento (sistema de climatização) – Ces	42
3.5.1.2	Fator de Carga da Instalação Elétrica dos Galpões de Criação de Suínos.....	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1	MAPEAMENTO DOS VENTOS.....	44
4.2	LOTES ESTUDADOS	46
4.2.1	<i>Dados produtivos</i>	47
4.2.2	<i>Dados relativos à saúde do plantel</i>	52
4.2.3	<i>Análise estatística das variáveis climáticas</i>	53
4.2.4	<i>Variáveis elétricas</i>	60
4.2.4.1	Demanda máxima registrada por dia.....	60
4.2.4.2	Consumo diário dos equipamentos.....	67
4.2.4.3	Fator de potência	75
4.2.5	<i>Índice de eficiência energética para cada sala</i>	79
4.3	RECOMENDAÇÕES PARA A GRANJA ESTUDADA.....	80
5	CONCLUSÕES	81
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. VISTA LATERAL DO GALPÃO A.	22
FIGURA 2. DESENHO ESQUEMÁTICO DO GALPÃO A.	24
FIGURA 3. DETALHE INTERNO DO GALPÃO A, MOSTRANDO UMA LINHA DE NEBULIZAÇÃO.	25
FIGURA 4. VISTA EM DETALHE DE UMA DA SALA 3.	26
FIGURA 5. VISTA EM CORTE DA SALA 3.	27
FIGURA 6. VISTA DO GALPÃO B.	27
FIGURA 7. VISTA EM CORTE DO GALPÃO B.	28
FIGURA 8. VISTA LATERAL DO GALPÃO B.	28
FIGURA 9. CONTROLADOR AUTOMÁTICO DE CLIMATIZAÇÃO.	29
FIGURA 10. ESQUEMA INDICANDO A DISPOSIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DO TRATAMENTO S1.	30
FIGURA 11. VISTA INTERNA DO TRATAMENTO S2.	31
FIGURA 12. ESQUEMA INDICANDO A DISPOSIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DO TRATAMENTO S2.	31
FIGURA 13. ESQUEMA INDICANDO A DISPOSIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS E PILAR NO TRATAMENTO S3.	32
FIGURA 14. DETALHE INTERNO DE UMA DAS SALAS DO GALPÃO A.	33
FIGURA 15. MARCAÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO DE VELOCIDADE DE VENTO.	37
FIGURA 16. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA A AQUISIÇÃO AUTOMÁTICA DOS DADOS.	40
FIGURA 17. ESQUEMA GERAL DE LIGAÇÃO DO FIELD LOGGER E HX 600 AO COMPUTADOR.	41
FIGURA 18. MAPEAMENTO DOS VENTOS NA SALA S1.	44
FIGURA 19. MAPEAMENTO DOS VENTOS NA SALA S2.	45
FIGURA 20. MAPEAMENTO DOS VENTOS DA SALA S3.	45
FIGURA 21. DEMANDA MÁXIMA REGISTRADA POR DIA PARA OS VENTILADORES ACIONADOS AUTOMATICAMENTE - SALAS S1 E S2 – LOTE 1.	61
FIGURA 22. DEMANDA MÁXIMA REGISTRADA POR DIA DOS VENTILADORES ACIONADOS AUTOMATICAMENTE - SALAS S1 E S2 – LOTE 2.	61
FIGURA 23. DEMANDA MÁXIMA REGISTRADA POR DIA PARA A BOMBA DE 1 (CV) ACIONADA AUTOMATICAMENTE - SALAS 1 E 2 JUNTAS – LOTE 1.	61
FIGURA 24. DEMANDA MÁXIMA REGISTRADA POR DIA PARA A BOMBA DE 1 (CV) ACIONADA AUTOMATICAMENTE - SALAS 1 E 2 JUNTAS – LOTE 2.	62
FIGURA 25. DEMANDA MÁXIMA REGISTRADA POR DIA PARA A BOMBA DE 1 (CV) ACIONADA AUTOMATICAMENTE PARA UMA SALA (S1 OU S2) – LOTE 1.	63
FIGURA 26. DEMANDA MÁXIMA REGISTRADA POR DIA PARA A BOMBA DE 1 (CV) ACIONADA AUTOMATICAMENTE PARA UMA SALA (S1 OU S2) – LOTE 2.	63
FIGURA 27. DEMANDA MÁXIMA REGISTRADA POR DIA PARA O VENTILADOR ANTIGO ACIONADO MANUALMENTE – SALA S3 – LOTE 1.	64
FIGURA 28. DEMANDA MÁXIMA REGISTRADA POR DIA PARA O VENTILADOR ANTIGO ACIONADO MANUALMENTE – SALA S3 – LOTE 2.	64

FIGURA 29. DEMANDA TOTAL MÁXIMA REGISTRADA POR DIA PARA A BOMBA DE 3 (CV) ACIONADA MANUALMENTE – LOTE 1.....	65
FIGURA 30. DEMANDA TOTAL MÁXIMA REGISTRADA POR DIA PARA A BOMBA DE 3 (CV) ACIONADA MANUALMENTE – LOTE 2.....	66
FIGURA 31. DEMANDA MÁXIMA REGISTRADA POR DIA PARA A BOMBA DE 3 (CV) ACIONADA MANUALMENTE PARA A SALA S3 –LOTE 1.	66
FIGURA 32. DEMANDA MÁXIMA REGISTRADA POR DIA PARA A BOMBA DE 3 (CV) ACIONADA MANUALMENTE PARA A SALA S3 – LOTE 2.	66
FIGURA 33. CONSUMO DIÁRIO DOS VENTILADORES ACIONADOS AUTOMATICAMENTE – SALAS 1 E 2 – LOTE 1.....	67
FIGURA 34. CONSUMO DIÁRIO DOS VENTILADORES ACIONADOS AUTOMATICAMENTE - SALAS S1 E S2 – LOTE 2. ...	67
FIGURA 35. CONSUMO DIÁRIO DA BOMBA DE 1 (CV) ACIONADA AUTOMATICAMENTE - SALAS S1 E S2 – LOTE 1....	68
FIGURA 36. CONSUMO DIÁRIO DA BOMBA DE 1 (CV) ACIONADA AUTOMATICAMENTE -SALAS S1 E S2 - LOTE 2.	68
FIGURA 37. CONSUMO DIÁRIO DA BOMBA DE 1 (CV) ACIONADA AUTOMATICAMENTE PARA UMA SALA (S1 OU S2) – LOTE 1.....	69
FIGURA 38. CONSUMO DIÁRIO DA BOMBA DE 1 (CV) ACIONADA AUTOMATICAMENTE PARA UMA SALA (S1 OU S2) – LOTE 2.....	69
FIGURA 39. CONSUMO DIÁRIO DO VENTILADOR ACIONADO MANUALMENTE – SALA 3 – LOTE 1.....	69
FIGURA 40. CONSUMO DIÁRIO DO VENTILADOR ANTIGO ACIONADO MANUALMENTE - SALA 3 – LOTE 2.....	70
FIGURA 41. CONSUMO TOTAL DIÁRIO DA BOMBA DE 3 (CV) ACIONADA MANUALMENTE – SALA 3 – LOTE 1	71
FIGURA 42. CONSUMO TOTAL DIÁRIO DA BOMBA DE 3 (CV) ACIONADA MANUALMENTE - SALA 3 – LOTE 2.....	72
FIGURA 43. CONSUMO DIÁRIO DE NEBULIZAÇÃO PARA SALA 3 – LOTE 1.....	72
FIGURA 44. CONSUMO DIÁRIO PARA NEBULIZAÇÃO DA SALA 3 – LOTE 2.....	72
FIGURA 45. COMPARAÇÃO ENTRE AS SALAS CLIMATIZADAS COM RELAÇÃO AO CONSUMO TOTAL DE ENERGIA ELÉTRICA DURANTE O LOTE 1.	73
FIGURA 46. COMPARAÇÃO ENTRE AS SALAS CLIMATIZADAS COM RELAÇÃO AO CONSUMO TOTAL DE ENERGIA ELÉTRICA DURANTE O LOTE 2.....	73
FIGURA 47. FATOR DE POTÊNCIA DOS VENTILADORES ACIONADOS AUTOMATICAMENTE - SALAS S1 E S2 – LOTE 1.75	
FIGURA 48. FATOR DE POTÊNCIA DOS VENTILADORES ACIONADOS AUTOMATICAMENTE - SALAS S1 E S2 - LOTE 2.75	
FIGURA 49. FATOR DE POTÊNCIA DA BOMBA A AUTOMATICAMENTE- SALAS S1 E S2 -LOTE 1.	76
FIGURA 50. FATOR DE POTÊNCIA DA BOMBA ACIONADA AUTOMATICAMENTE- SALAS S1 E S2- LOTE 2.....	76
FIGURA 51. FATOR DE POTÊNCIA DOS VENTILADORES ACIONADOS MANUALMENTE – SALA S3 –LOTE 1.....	77
FIGURA 52. FATOR DE POTÊNCIA DOS VENTILADORES ANTIGOS ACIONADO MANUALMENTE - SALA S3 –LOTE 2. ...	77
FIGURA 53. FATOR DE POTÊNCIA DA BOMBA ACIONADA MANUALMENTE – SALA 3 – LOTE 1.....	78
FIGURA 54. FATOR DE POTÊNCIA DA BOMBA DE 3CV ACIONADA MANUALMENTE - SALA 3.–LOTE 2.....	78

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. CONDIÇÕES AMBIENTAIS ÓTIMAS PROPOSTAS PARA A ESPÉCIE SUÍNA.	6
TABELA 2. RESUMO DOS MECANISMOS EFETORES NA REGULAÇÃO DA TEMPERATURA CORPORAL.	7
TABELA 3. DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS ESTUDADOS.	22
TABELA 4. CARACTERÍSTICAS DOS MOTORES UTILIZADOS NA CLIMATIZAÇÃO DO GALPÃO A.	25
TABELA 5. DADOS PRODUTIVOS DOS LOTES 1 E 2.	48
TABELA 6. CLASSIFICAÇÃO DOS VALORES DE CONVERSÃO ALIMENTAR OBTIDOS NOS LOTES 1 E 2.	50
TABELA 7. CLASSIFICAÇÃO DOS VALORES DAS TAXAS DE GANHO DE PESO OBTIDOS NOS LOTES 1 E 2.	50
TABELA 8. CLASSIFICAÇÃO DOS VALORES DAS TAXAS DE MORTALIDADE OBTIDOS NOS LOTES 1 E 2.	51
TABELA 9. ÍNDICES DE TOSSE E ESPIRRO PARA OS LOTES 1 E 2.	52
TABELA 10. MÉDIA DIÁRIA DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS DURANTE O PERÍODO EXPERIMENTAL DO LOTE 1.	1. 54
TABELA 11. MÉDIA DIÁRIA DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS DURANTE O PERÍODO EXPERIMENTAL DO LOTE 2.	2. 54
TABELA 12. MÉDIAS DE TEMPERATURA E UMIDADE ADQUIRIDAS NAS SALAS E NO AMBIENTE EXTERNO.	55
TABELA 13. FREQUÊNCIA, EM PORCENTAGEM, DOS VALORES DE ITU NAS SALAS DURANTE O PERÍODO DE EXPERIMENTO DO LOTE 1.	58
TABELA 14. FREQUÊNCIA, EM PORCENTAGEM, DOS VALORES DE ITU NAS SALAS DURANTE O PERÍODO DE EXPERIMENTO DO LOTE 2.	58
TABELA 15. CORRELAÇÃO ENTRE O AMBIENTE EXTERNO E OS TRATAMENTOS	59
TABELA 16. COMPARAÇÃO DA DEMANDA DA SITUAÇÃO SIMULADA DA SALA 3 COM A SALA 1.	64
TABELA 17. COMPARAÇÃO DO CONSUMO DA SITUAÇÃO SIMULADA DA SALA 3 COM A SALA 1.	70
TABELA 18. VALOR MONETÁRIO EMPREGADO NO SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO PARA CADA UM DOS TRATAMENTOS NO PERÍODO DE 1 MÊS.	74
TABELA 19. ÍNDICES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA POR SALA DO LOTE 1.	79

RESUMO

Um grande desafio na suinocultura é a definição de um modelo de edificação capaz de proporcionar melhor conforto térmico para os animais. As maiores perdas na produção ocorrem em virtude dos dias muito quentes e das grandes variações térmicas, que são características do clima tropical. Uma alternativa para minimizar estas perdas é a utilização de sistemas diversos de climatização. No entanto, estes equipamentos apresentam custos de implantação, funcionamento e manutenção variáveis que podem interferir na lucratividade do empreendimento. A utilização de um sistema de controle, por exemplo, pode reduzir os custos de funcionamento dos equipamentos. Este trabalho objetivou avaliar a eficiência de diferentes instalações suinícolas, considerando os aspectos do desempenho dos animais, do conforto térmico e da utilização de energia elétrica. Foram comparadas quatro salas de criação de suínos nas fases de crescimento e terminação em uma granja comercial. As salas estudadas são diferentes sob os pontos de vista de construção e climatização (idade dos equipamentos, número de ventiladores, forma de controle da climatização). Os parâmetros utilizados para a comparação entre as edificações foram o desempenho dos animais, condição sanitária do plantel, variáveis climáticas (temperatura e umidade), entalpia e índice de conforto térmico (ITU), variáveis elétricas (consumo, demanda e fator de potência) e índices de eficiência energética dos tratamentos. A utilização de dois ventiladores novos e sistema de nebulização, ambos com acionamento automático, foi capaz de proporcionar melhor conforto térmico aos animais, embora este resultado não tenha sido suficiente para agregar maior produção. Os ventiladores mais novos consumiram menor quantidade de energia elétrica que os antigos e apresentaram melhor fator de potência. O tratamento que contou com sistema de nebulização e um ventilador, acionados manualmente, que forneceu a pior condição em termos de conforto térmico, porém apresentou as melhores condições de consumo específico (kg produzido/ kWh consumido). De acordo com a análise dos índices de eficiência energética (fator de carga), os ventiladores com acionamento automático foram melhores utilizados ao longo do tempo. Assim, concluiu-se que a utilização de controle automático de equipamentos de climatização foi capaz de melhorar as condições ambientais e da utilização de energia elétrica.

Palavras-chave: construções rurais, ambiência animal, suinocultura, conforto térmico, conservação e uso racional de eletricidade.

ABSTRACT

A great challenge in the swine production is the definition of a construction model capable of bringing a better thermal comfort to the animals. The greatest losses on production occur due very hot days and great thermal variation, which are the chief characteristics of the tropical weather. An alternative to minimize these losses is the use of diverse climate systems. Nevertheless, these equipment present variable implementation, functioning and maintenance costs that may interfere in the business lucrativity. The use of a control system, for instance, may reduce the equipment functioning costs. This work's main goal is the evaluation on performance of two different swine buildings, considering the animal performance, thermal comfort and electric energy consumption. Four rooms placed on two different swine structures were compared. It all happened on growing and finishing phases, in a commercial pigsty. These rooms are different under building and acclimatization systems (equipment's age, numbers of fans and climate control). The parameters used for the comparison between the buildings were the animal performance, group sanitary condition, climate variables (temperature and humidity), enthalpy, thermal comfort index (THI), electric energy variables (electric energy consumption, power factor, demand) and energetic efficiency. The use of two new fans and evaporative cooling system, both with automatic startup, was able to bring a better thermal comfort to the animals, however this result was not enough for bringing higher production. The newer fans consume less electric energy than the older fans and showed the best power factor. The use of an evaporative cooling and only one fan, without automatic control, was able to bring the worst thermal comfort, the worst utilization electrical energy index and showed the best specific consumption. Therefore, we may conclude that the use of an automatic control system to the climate equipment is capable of improving the environmental conditions and the use of electric energy.

KEYWORDS: pig production, rural buildings, thermal comfort, energy saving

1 INTRODUÇÃO

O clima tropical é caracterizado por dias muito quentes e grandes amplitudes térmicas. Assim, os suínos criados em países com estas características climáticas estão comumente expostos a temperaturas acima das requeridas para seu conforto térmico. Estas condições, aliadas à elevada produção de calor endógeno, podem afetar de forma significativa o desempenho dos animais.

O desconforto, gerado por um ambiente inadequado, implica em estresse, em função do esforço realizado pelo animal com a finalidade de manter sua temperatura corporal constante. Esta condição de estresse reflete-se em queda de imunidade, doenças, altas taxas de mortalidade, diminuição dos índices de produtividade, perda da qualidade da carne e, conseqüentemente, em prejuízos para o produtor.

Em decorrência do estresse calórico ocorre o aumento do consumo de energia elétrica, pois os equipamentos para climatização artificial das instalações passam a funcionar com maior frequência, consumindo maior quantidade de energia elétrica. Se estes forem antigos e, por esta razão, perderem em eficiência, o consumo de energia elétrica torna-se ainda maior. A climatização, portanto, pode ser responsável, num primeiro momento, por um aumento no custo do produto final. Porém, através do uso racional deste artifício, pode-se obter benefícios no decorrer do processo produtivo.

A rápida incorporação de novas tecnologias provenientes de outros países, especialmente as tecnologias para melhorar o ambiente para animais, reflete diretamente na relação benefício/custo da atividade agrícola. Desta forma, é necessário julgar esta situação sob dois aspectos. Primeiramente, deve-se considerar o fato de não se dispor de informações precisas sobre o desempenho e eficiência destas tecnologias importadas, pois, muitas vezes, a assistência técnica no Brasil para este produto é ineficiente. Um segundo aspecto a ser ponderado, é o fato de, na maioria das vezes, importar-se soluções para climatização arquitetadas para climas diferentes do brasileiro. Com isso, o risco de resultados negativos para a produtividade é maior.

O uso inadequado de tecnologias pode acarretar prejuízos à saúde animal e excessivo consumo de energia elétrica. Em contrapartida, a boa utilização dos equipamentos de

climatização pode melhorar a eficiência energética dos mesmos, assim como as condições para estabelecer o conforto térmico para os animais.

Uma outra questão é o fato de que, no Brasil, muitas edificações suinícolas seguem o padrão construtivo internacional, não sendo necessariamente o ideal para este país. Esta parece ser mais uma razão para os produtores brasileiros investirem em climatização. É necessário, portanto, que se encontre a forma de tornar estas edificações mais eficientes para o controle do clima interior.

Seguindo a tendência exportadora da agropecuária brasileira, deve-se atentar às exigências dos países importadores, europeus, principalmente, para o bem-estar animal. A população europeia parece cada vez mais exigir uma produção de animais criados sob condições de conforto. Com a implantação da rastreabilidade, urge esta necessidade de primar pelo bem-estar da produção, já que a cadeia produtiva passará a ser totalmente controlada. Assim, o cuidado com o conforto térmico do suíno torna-se imprescindível.

O estabelecimento de uma relação benefício/custo, baseada na análise da eficiência de instalações suinícolas, irá verificar a importância da climatização para os lucros do produtor. A climatização em instalações para suínos torna-se viável economicamente quando ponderados aspectos do desempenho animal, do conforto térmico e do consumo de energia elétrica. Deve ser utilizada de maneira racional, incorporando, por exemplo, o auxílio de controladores automáticos para o acionamento dos equipamentos, determinado em função do clima local.

Assim, foram objetivos desta pesquisa:

- Avaliar eficiência das instalações sob os aspectos do conforto térmico, desempenho e saúde do animal e racionalização do uso dos equipamentos de climatização
- Diagnosticar as instalações elétricas sob ponto de vista do uso racional da energia elétrica, apontando desperdícios e oportunidades para conservação de eletricidade
- Avaliar e comparar edificações suinícolas diferentes quanto aos aspectos construtivos de climatização e tecnologias

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fatores que influenciam na produtividade da suinocultura

A suinocultura trabalha incessantemente na busca de melhores índices zootécnicos. Para tanto, investe-se cada vez mais em genética, sanidade, manejo e nutrição. Sabe-se que estes fatores encontram-se interligados e são responsáveis pelo bom desempenho do suíno.

De acordo com SOBESTIANSKY et al. (2001b), houve acentuado desenvolvimento tecnológico no setor de suinocultura na última década, tanto na área de melhoramento genético, como nas instalações, no manejo, na nutrição e nos métodos de diagnóstico e alternativas de controle das doenças. Dentro desse contexto, os suínos modernos são mais precoces e recebem uma nutrição que é voltada para a exploração de seu máximo potencial zootécnico.

Os avanços conseguidos exigem que os suínos modernos, criados em confinamento, sejam submetidos a técnicas adequadas de manejo e a ambientes que forneçam condições de conforto, para que a saúde do rebanho seja mantida e os animais possam expressar seu potencial.

É comprovado que um fator que influencia o desempenho do animal é o ambiente. Sem um ambiente adequado, o animal é incapaz de demonstrar seu máximo potencial genético, de manter sua higidez (estado de perfeita saúde) e de nutrir-se de forma adequada (tanto do ponto de vista de consumo, como de aproveitamento, uma vez que sua energia é desviada para a manutenção de sua temperatura corporal). A manutenção do conforto do animal é, portanto, complementar e fundamental para o bom desempenho dos animais confinados.

O ambiente térmico influencia ainda o consumo de ração, a taxa de eficiência e o ganho de peso dos suínos, provocando, inclusive, modificação na composição de sua carcaça.

O ambiente inadequado ao animal é potencialmente estressante, causando transtornos no metabolismo do animal. Com o objetivo de realizar a termorregulação, de forma a aumentar a troca de calor latente, o animal lança mão de um mecanismo denominado hiperpnéia (aumento da frequência respiratória). Como consequência deste mecanismo, o animal pode desenvolver um quadro denominado alcalose respiratória. O aumento da

freqüência respiratória pode causar alterações metabólicas por modificações no pH sanguíneo. Quando aumenta a freqüência respiratória, a concentração sanguínea de CO₂ reduz e, assim, o sangue torna-se mais básico por aumento do bicarbonato. Com o objetivo de ajustar a velocidade e a profundidade da respiração, os centros de controle respiratório e os pulmões são capazes de regular o pH sanguíneo minuto a minuto. Estes distúrbios geram grande ansiedade e espasmos musculares (SCHIMIDT-NIELSEN, 1996).

O ambiente inadequado à sobrevivência, principalmente no que se refere às altas temperaturas e as grandes amplitudes térmicas, é ainda considerado como portador de fatores de risco às doenças respiratórias, que trazem muitos prejuízos à suinocultura brasileira. De acordo com SOBESTIANSKY et al. (2001a), a rinite atrófica e a pneumonia causam prejuízos econômicos significativos aos produtores, pois nem sempre são percebidas, devido à cronicidade destas doenças.

2.2 Relação suíno-ambiente

Considerando que o ambiente interno do animal é influenciado pela somatória de ocorrências ambientais externas, quaisquer variações que interfiram na homeostasia do animal podem interferir em seu desempenho, conforto térmico, saúde e bem-estar de forma geral.

Apesar do fato de muitos animais parecerem viver confortavelmente em seus ambientes, a maioria dos habitats é, na verdade, muito hostil às células do animal. (RANDALL et al, 2000). Em ambientes confinados, esta hostilidade toma ainda maiores proporções.

As alterações ambientais que atuam sobre o animal causariam sérios transtornos metabólicos no organismo animal se não fossem alguns mecanismos de controle fisiológicos. Estes mecanismos têm a função de manter as condições relativamente estáveis dentro do organismo animal para que este continue a viver sem (ou com o mínimo) prejuízo à sua saúde. Esta tendência do organismo a manter uma estabilidade interna é chamada *homeostasia* ou *homeostase*.

A homeotermia refere-se ao processo por meio do qual o animal mantém a temperatura do núcleo corporal aproximadamente constante, por meio de processos de aumento e dissipação de taxas de calor, mediante as flutuações ocorridas no ambiente externo. (BAÊTA & SOUZA, 1997).

Os mamíferos utilizam mecanismos bioquímicos, fisiológicos, comportamentais e outros para regular seu meio interno sobre uma ampla variação de alteração do ambiente externo (RANDALL et al., 2000). Esta alteração pode ser de temperatura, umidade, qualidade do ar, qualidade microbiológica do ambiente etc.

2.2.1 O ambiente do suíno brasileiro

A criação de suínos no Brasil encontra desafios climáticos que podem interferir na produtividade. As altas temperaturas ambientais e as grandes amplitudes térmicas, características do clima tropical, fazem com que o suíno, com seu pouco eficiente sistema de termorregulação, tenha dificuldades em manter a sua homeotermia.

A tendência para a criação de suínos em edificações cada vez mais fechadas, sem a necessária adequação às características climáticas de cada região e às exigências de conforto dos animais, trouxe como consequência um significativo aumento dos problemas de acondicionamento ambiental (especialmente, temperatura e ventilação), favorecendo com isto a maior incidência de doenças respiratórias, estresses e outros.

As limitações climáticas podem ser amenizadas a partir de um projeto de instalação adequado em conjunto com alimentação e manejo racional, bem como técnicas de modificações térmicas ambientais (CURTIS, 1983).

As instalações suinícolas geram despesas cujo retorno não é tão rápido. O planejamento prévio evitará construções mal dimensionadas e não apropriadas aos animais (NÄÄS, 2000).

Muitos dos modelos de instalações implantados resultaram de inovações introduzidas por técnicos e criadores, oriundos muitas vezes de sua própria experiência ou da absorção de tecnologias importadas. Sem a devida avaliação para sua adaptação, estas tecnologias nem sempre se revelaram adequadas às características de clima predominantemente quente do país, onde o rigor do inverno é pouco acentuado e se faz sentir mais especificamente na região sul, por um curto período de tempo (PERDOMO e NICOLAIEWSKY, 1986a).

Dados levantados pela EMBRAPA–CNPSA junto a produtores do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, revelaram problemas com relação à eficiência das instalações da região (pé-direito baixo e ventilação insuficiente) (PERDOMO et al., 1988). Outros

trabalhos desta instituição revelaram que a maioria dos sistemas implantados é pouco eficiente, resultando em ônus para o produtor (PERDOMO e NICOLAIEWSKY, 1986b).

2.2.2 Conforto térmico dos suínos

Os suínos são animais homeotermos, isto é, mantêm a sua temperatura corporal dentro de certos limites, independente da flutuação da temperatura ambiente. Podem apresentar seu máximo potencial genético quando se encontram na zona de conforto térmico (temperatura ótima), que compreende a faixa de temperatura ambiente efetiva (apresentada na Tabela 1), na qual o calor produzido durante o processo de manutenção (manutenção) e de produção animal é igual ao calor perdido para o ambiente térmico, sem a necessidade de aumentar a taxa de produção de calor metabólico (HANNAS, 1999). A Tabela 1 apresenta as condições ambientais ótimas propostas para o interior das edificações de suínos em crescimento e terminação.

Tabela 1. Condições ambientais ótimas propostas para a espécie suína.

FASE	ZONA DE CONFORTO TÉRMICO		VELOCIDADE DO AR (m/s)
	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	
Crescimento/terminação			
35-60 kg	18 - 22	60-70	0,2 - 0,3
Mais 60 kg	15-18	60-70	0,2 - 0,5

Fonte: Adaptado de SILVA et al. (1999); ESMAY (1982).

É importante considerar que atualmente, em virtude dos trabalhos de melhoramento genético, as diferentes linhagens desenvolvidas por empresas genéticas apresentam diferentes zonas de termoneutralidade. O melhoramento genético para melhorar o desempenho envolve trabalhos para seleção de animais mais resistentes a altas temperaturas e altas amplitudes térmicas. Além de outras razões, como melhorar a qualidade de carcaça, prolificidade etc., buscam-se animais mais rústicos com relação à resistência ao ambiente.

As características dos animais e das plantas são transmitidas de geração para geração através de pequenas partículas denominadas genes. Estes, por sua vez, localizam-se nos cromossomos, encontrados no núcleo das células. A rigor, a produção dos animais depende dos seus genes, das condições em que são criados (manejo, alimentação, sanidade etc) e de interações entre fatores genéticos e de meio ambiente. Suínos cruzados ou mestiços resultam do acasalamento de machos e fêmeas de raças ou linhas diferentes e são recomendados para a produção de animais para abate (IRGANG et al., 1992). Estes animais são melhorados, inclusive para que as condições climáticas brasileiras sejam compatíveis com sua vida, produção e reprodução.

Em virtude do melhoramento genético, a empresa genética (AGROCERES-PIC), da qual os animais do experimento são oriundos, preconiza que seus animais de crescimento e terminação sejam mantidos em uma faixa de temperatura de 18 a 25°C. Consideram que o animal sente calor em temperatura acima de 26°C. Ou seja, a exigência dos animais da genética em questão foi alterada, quando comparada à literatura, como consequência de alterações nos genes, que possibilitou zonas de termoneutralidade mais amplas e animais com tolerância à temperaturas mais elevadas. Estas informações foram fornecidas pelos técnicos da empresa.

Para manter a temperatura corporal constante, os suínos lançam mão de alguns artifícios fisiológicos, caso estejam sendo submetidos à temperaturas que estejam fora de sua zona de termoneutralidade. Estes artifícios estão resumidos na Tabela 2.

Tabela 2. Resumo dos mecanismos efetores na regulação da temperatura corporal.

Situação	Mecanismo
	<i>Estimulado pelo frio</i>
Diminuição da perda do calor	vasoconstrição periférica redução área da superfície resposta comportamental aumento tônus muscular
Aumento da produção de calor	termogênese e aumento da atividade voluntária aumento na secreção de hormônio da tireóide aumento do apetite
	<i>Estimulado pelo calor</i>
Aumento da perda de calor	vasodilatação periférica aumento na perda de calor – respiração respostas comportamentais
Diminuição da perda de calor	diminuição tônus muscular e atividade voluntária diminuição na secreção do hormônio tireóide diminuição do apetite

Adaptado de HANNAS (1999).

Considerando as peculiaridades dos suínos, tais como, aparelho termorregulador deficiente e dificuldades de transpiração, justifica-se uma especial atenção para os itens que levam ao seu conforto (NÄÄS, 2000). Quando perde calor excedente para o ambiente – por condução, convecção ou radiação – experimenta esta sensação de conforto térmico (NÄÄS, 1990).

O conforto térmico animal é dependente de muitas variáveis climáticas, sendo a temperatura e a umidade as mais importantes (TEIXEIRA et al, 1996).

Nas regiões tropicais, os suínos estão freqüentemente expostos a temperaturas acima das requeridas para seu conforto térmico, que aliadas à elevada produção de calor endógeno, podem afetar substancialmente sua produtividade (TEIXEIRA et al, 1996). De acordo com NÄÄS (2000), as condições ambientais inadequadas no interior das instalações, que são uma resposta direta do clima externo, afetam consideravelmente a produção e a reprodução nos suínos.

2.2.3 O ambiente e o desempenho do suíno

O desempenho dos suínos e dos demais homeotermos é influenciado pela variabilidade do clima, cuja amplitude, em determinadas estações do ano, ultrapassa os limites das condições de conforto animal. O ambiente térmico influencia ainda o consumo de ração, a taxa de eficiência e o ganho de peso dos suínos, provocando, assim, modificação na composição de sua carcaça. Em períodos nos quais ocorrem altas temperaturas, os suínos reduzem o consumo de ração, como forma de diminuir a produção de calor gerado pelos processos metabólicos e, conseqüentemente, a ser dissipada para o ambiente (FERREIRA, 2000).

PAULO et al. (2003), ao compararem o piso de concreto com cama sobreposta, encontraram baixo consumo e baixo ganho de peso em suínos em crescimento e terminação submetidos a altas temperaturas (média de 31°C), quando criados sob piso de concreto.

TAVARES et al. (2000), ao estudarem suínos machos, dos 30 aos 60kg, submetidos a altas temperaturas (32°C), verificaram redução no consumo diário de ração, no ganho de peso diário e piora na taxa de conversão alimentar.

De acordo com MULLER (1989), suínos em crescimento, mantidos durante 8 semanas a 35°C, apresentaram extremidades mais longas e menor quantidade de pêlos, que animais mantidos a 25°C.

LEFAUCHER, J et al (1991), encontraram que suínos submetidos a temperaturas acima de 28°C têm seu crescimento prejudicado.

2.2.4 O ambiente e as doenças respiratórias

As doenças respiratórias provocam prejuízos econômicos que recaem tanto sobre o produtor com perdas de animais por morte, gastos em medicamentos e redução do desenvolvimento corporal como sobre a indústria pela condenação de carcaças de animais afetados pelas doenças. É bom salientar que estas afecções, sendo doenças crônicas, muitas vezes, não apresentam manifestação clínica evidente e, não induzindo à morte, são ignorados pelo produtor, que desconhece o problema e não tem controles contabilizados (SOBESTIANSKY et al., 1987b; DALLA COSTA et al., 2000).

A intensificação da criação de suínos em confinamento implica num aumento populacional de suínos por área e, em muitas ocasiões, um manejo inadequado. Por exemplo, a superpopulação das instalações, associada a um ambiente adverso, gera condições favoráveis à exacerbação das doenças respiratórias. As doenças respiratórias são consideradas doenças multifatoriais porque a sua frequência e grau de severidade dependem não somente da(s) característica(s) do(s) agente(s) e da imunidade do rebanho, mas também das condições ambientais em que são criados os animais (SOBESTIANSKY et al., 2001a).

As criações brasileiras possuem muitos fatores de risco. Grande parte destes fatores devem-se à má utilização das edificações. De acordo com DALLA COSTA et al. (2000), entende-se por fator de risco uma característica de um indivíduo ou de seu ambiente, que uma vez presente em um sistema de produção aumenta a probabilidade de aparecimento e/ou agravamento de determinado problema patológico.

Ainda para estes autores, algumas características ambientais podem ser consideradas como fatores de risco para doenças respiratórias, tais como: volume de ar disponível menor do que 3,0 m³/suíno; amplitude térmica ambiental ao primeiro mês de alojamento superior a 8°C em mais de 80% dos dias (verificada com termômetros de temperatura máxima e mínima

instalados no centro da sala, cerca de 1,7 m de altura), umidade relativa média do ar no interior da sala superior a 73% ou inferior a 65%.

De acordo com PIFFER e BRITO (1993), outros fatores ambientais de risco para as pneumonias e para a rinite atrófica, doenças respiratórias importantes na suinocultura, são os seguintes: terminações com lotação superior a 500 animais e lotação das baias superior a 1,00 animal/m² na terminação.

Quando se refere ao *status* imunológico, quer-se dizer o quão preparado está o sistema imunológico do ser vivo para defender-se de uma infecção. Este *status* é dependente de vários fatores, como por exemplo, o nível de estresse em que se encontra o animal, se este está se restabelecendo de uma infecção ocorrida recentemente etc.

Após sofrer um estresse prolongado, condição antagônica ao bem-estar, aumenta a concentração de corticóides na corrente sanguínea do animal, lançado pela glândula adrenal. Altas doses deste corticóide (condição fisiologicamente anormal) deprimem a concentração de leucócitos circulantes e inibe a síntese de imunoglobulinas, reduzindo, portanto, a imunidade do animal. Estas altas doses também são capazes de deprimir a inflamação, fazendo com que a infecção consiga se estabelecer, uma vez que a resposta inflamatória é uma forma de defesa do organismo (CURTIS, 1983).

As doenças respiratórias mais freqüentemente diagnosticadas nos sistemas convencionais de produção de suínos são a rinite atrófica, pneumonia micoplásmica e a pleuropneumonia.

Os animais afetados por pneumonias têm dificuldade respiratória, que pode ser acompanhada de tosse com catarro (tosse produtiva) ou sem catarro (tosse não produtiva, seca). Alguns animais tosse mesmo quando em repouso enquanto outros somente após serem movimentados (PIFFER & BRITO, 1993).

A rinite atrófica dos suínos (RA) é uma doença infecto-contagiosa, de evolução progressiva e crônica, que se mantém de maneira insidiosa, sem mortalidade, porém com impacto econômico elevado, devido à redução no ganho de peso e piora na conversão alimentar (SOBESTIANSKY, 1999). Está amplamente disseminada por todas as regiões produtoras. Os animais afetados apresentam, normalmente, espirros, corrimento ocular, desvio ou engrossamento do focinho e secreção nasal persistente (PIFFER & BRITO, 1993).

As doenças se mantêm no plantel, mesmo quando não há sinais clínicos evidentes e, se não controladas, podem causar grandes prejuízos.

2.2.5 O bem-estar na suinocultura

Para se obter um bom desempenho dos animais é necessário fornecer-lhes bem-estar. De acordo com SOBESTIANSKY et al. (2001b), o confinamento expõe certas regras de comportamento aos suínos, os quais têm liberdade de escolher sobre o ambiente que proporciona maior conforto. Quanto mais intensivo for o sistema de produção, menor o número de opções que o suíno dispõe, tornando-se imperativo conhecer as suas necessidades e colocá-las em prática. Ao mencionar a idéia anteriormente exposta, os autores referem-se especialmente às doenças respiratórias. No entanto, ela pode ser aplicada a outros aspectos aos quais a falta de bem-estar pode ser prejudicial, como o ganho de peso, por exemplo.

Manter o animal sem estresse pode ser importante no sentido de mantê-lo em condições de se defender de doenças.

Diante de uma situação anormal, o efeito do estresse é maior na primeira semana. Após este período o animal é capaz de se adaptar (CURTIS, 1983). No entanto, na criação de suínos, o animal permanece em um ambiente onde a intensidade dos agentes estressores é variável, por serem dependentes de outros fatores, tais como: temperatura e umidade do ar, manejo, higiene, edificação etc. Assim, o estresse assume um papel importante na incidência de doenças dentro do criatório, uma vez que, de acordo com CURTIS (1983), qualquer ambiente estressante pode debilitar o sistema de defesa do animal contra desafios microbianos.

Retirar por completo a pressão do estresse ambiental sobre os animais confinados, em condições de campo, é algo praticamente impossível. Deve-se, portanto, trabalhar no sentido de minimizá-lo em prol da saúde do plantel.

O estresse também pode ser prejudicial à quantidade e qualidade da carne produzida. A produção de carne está diretamente ligada ao ganho de peso do animal.

Conforme anteriormente exposto, o estresse térmico é capaz de prejudicar o ganho de peso do animal. Em climas quentes, outros fatores climáticos indiretos fazem com que a temperatura e umidade dos países tropicais sejam prejudiciais ao desempenho animal, como a maior incidência de ecto e endoparasitas, alimentos com baixa qualidade nutricional etc. A ausência de conforto térmico é apenas um dos aspectos importantes para conferir bem-estar.

A alteração da conformação corporal causada pelas temperaturas elevadas, também pode ser significativa no desempenho do animal, quando se pensa em área para deposição de carne. Pode-se afirmar, desta forma, que as altas temperaturas contrariam a produção animal moderna, a qual procura animais com maior capacidade para a produção de carne.

O estresse também pode ser responsável por problemas com relação à qualidade da carne.

A carne PSE (Pale, Soft e Exsudative) – Pálida, Macia e Exsudativa, por exemplo, caracteriza-se por apresentar propriedades funcionais indesejáveis, como cor pálida e baixa capacidade de retenção de água. Estas particularidades refletem em produtos de pouco rendimento na produção industrial e baixa aceitação pelos consumidores. Sabe-se que as carnes PSE são originadas de animais que sofreram estresse no manejo pré-abate, em decorrência da rápida glicólise post-mortem, sendo que a correta manipulação dos animais nas horas que precedem o abate é indispensável para obtenção de produtos com qualidade.

A carne DFD (Dark, Firm, Dry) – Escura, Firme e Seca também pode ocorrer em virtude da queda do pH ocasionado pelo estresse pré-abate. Estas denominações que indicam falta de qualidade ocorrem geralmente no pré-abate. Pode-se estudar procedimentos que minimizem todo tipo de estresse que o animal possa vir a sofrer. Nestes casos, o estresse térmico, ou ambiental, pode influenciar juntamente com outros fatores estressantes de grande importância, como o transporte pré-abate, por exemplo (FIALHO et al., 2001). Desta forma, manter um ambiente confortável ao animal nos dias que antecedem o abate é fundamental à qualidade da carne.

Altas temperaturas são associadas à redução no desempenho devido a diminuição no consumo de alimento e ao custo energético associado à dissipação do calor. No caso da espécie suína, animais que apresentam altas taxas de deposição de carne magra são os mais prejudicados pelas altas temperaturas ambiente. O calor adicional produzido por suínos com alta deposição de tecido magro, em crescimento, aumenta a dificuldade para a manutenção da homeotermia em ambientes amenos ou quentes. Esta dificuldade faz com as novas linhagens de suínos sejam bem mais susceptíveis ao estresse calórico, apesar do melhoramento genético que visa a rusticidade dos animais com relação ao clima (FIALHO et al., 2001; BROWN-BRANDL et al., 2001).

Juntamente com as questões ambientais e a segurança alimentar, o bem-estar animal vem sendo considerado entre os três maiores desafios confrontando a agropecuária nos anos vindouros. As pessoas desejam consumir carne com “qualidade ética” e o estresse tem sido o principal mecanismo de medida ou de avaliação do bem-estar animal (MACHADO FILHO & HÖTZEL, 2000).

2.3 Sistemas de climatização artificial na suinocultura

O aquecimento de um ambiente construído ocorre por causa da incidência dos raios solares. Um dos meios de amenizar o desconforto aos habitantes desse ambiente é provocar o deslocamento das massas de ar quente. Isso significa renovar o ar por meio de formas adequadas de ventilação (BAÊTA & SOUZA, 1997). Há outros objetivos para a utilização da ventilação como, por exemplo, eliminar o excesso de água do ambiente, liberado pela respiração do animal e dejetos, reduzir a temperatura ambiente, renovar o ar e aumentar a dissipação de calor e por radiação e convecção pelos animais. Além de retirar os gases tóxicos liberados pelos dejetos (BAÊTA & SOUZA, 1997; VAQUERO, 1981; CURTIS, 1983).

Para minimizar as adversidades climáticas geradas pelo clima tropical e instalações deficientes e, conseqüentemente, o estresse indesejável, usam-se equipamentos de climatização artificial.

Uma ventilação adequada controla a umidade e os fenômenos de condensação, proporciona melhor conforto térmico e retira os gases tóxicos, gerados pela degradação do material orgânico, que podem afetar a saúde e o desempenho dos animais (PERDOMO et al., 1988).

Objetivando determinar a eficiência do modelo de ventilação mecânica comumente utilizado pelos criadores na maternidade, foi conduzido um experimento comparativo na EMBRAPA–CNPSA, abrangendo cinco taxas de renovação do ar e três épocas de observação (verão, verão-outono e outono). Não foram encontradas diferenças estatísticas entre as diferentes taxas de renovação do ar para ganho de peso médio diário, consumo alimentar médio diário e taxa de mortalidade dos leitões. Ainda neste trabalho, foi observada, também, má distribuição do fluxo de ventilação em todos os tratamentos estudados. Sendo que esta inadequação tende a crescer com a elevação da capacidade de renovação do sistema. A

velocidade média do ar mais próxima da faixa de conforto dos animais foi apresentada pelos tratamentos de 47,0 e 67,5 m³/minuto (PERDOMO et al., 1988).

SARTOR et al. (2000) ressalta que nem sempre a ventilação forçada é eficiente para reduzir a temperatura do ar. Assim, uma das formas de resfriamento do ar é o sistema de nebulização associado à ventilação forçada, que assegura a evaporação rápida, maior superfície de abrangência e evita a precipitação de água.

O Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo tem sido usado em regiões de clima quente e seco, para promover a redução da temperatura interna em construções agrícolas.

SARTOR et al. (1999) realizando um experimento com o objetivo de verificar o efeito da ventilação forçada e de sistema de resfriamento evaporativo no desempenho de matrizes lactantes e suas leitegadas, concluiu que o sistema de resfriamento evaporativo proporcionou uma redução significativa na temperatura retal e na frequência respiratória de matrizes, além de um aumento de aproximadamente 25% no consumo de ração das matrizes e de aproximadamente 30% no ganho de peso dos leitões. Tais resultados foram em virtude das melhores condições térmicas ambientais para matrizes lactantes nestas salas.

SARTOR et al. (2003), ao estudarem um sistema de resfriamento evaporativo para suínos em terminação, com a utilização de ventilação e nebulização, perceberam que houve melhoria das condições climáticas do ambiente, melhor (menor) conversão alimentar (2,88 contra 3,27) e uma tendência para melhor ganho de peso diário (1,02 kg contra 0,97) para este sistema quando comparado à criação de suínos, da mesma fase, sem a utilização de equipamentos para a climatização.

SOUSA (2002) concluiu que o uso de sistema de ventilação controlada durante o verão, indicou melhores índices no número de leitões mumificados e no peso ao desmame dos leitões (100g).

A dificuldade para se atingir a lucratividade parece ser o funcionamento inadequado dos equipamentos, principalmente os utilizados para climatização. Quando isto ocorre, pode haver problemas à saúde dos animais, conseqüentemente ao seu desempenho, e, ainda, um excessivo consumo de energia.

A importação de tecnologias, o desconhecimento das necessidades de conforto do animal e a falta de treinamento dos operadores, entre outros fatores, podem acarretar problemas neste sentido.

2.4 A energia elétrica e a suinocultura

A energia elétrica é um fator a ser considerado no preço final do suíno. Com o incremento dos sistemas de climatização, visando o bem-estar do animal e maior produtividade, houve um aumento no consumo desta energia. Há necessidade de se estudar se o aumento no consumo final da granja é compensatório ou viável economicamente, ao considerarmos o aumento da produtividade.

A energia elétrica, utilizada nos galpões para alimentação, iluminação e, principalmente, manutenção do conforto térmico animal, tem extrema importância dentro de uma quantificação de custos, com total atenção aos equipamentos que estão sendo utilizados e a sua relação benefício/custo, no que diz respeito ao consumo de energia elétrica. De acordo com GIROTTO e PROTAS (1994) citados por GIROTTO e TALAMINI (1998), o consumo médio da energia elétrica por suíno terminado no Brasil é de 2,03 kWh/animal terminado.

Adequar o sistema elétrico de uma empresa, buscando conservar e racionalizar, significa contribuir para a melhoria e qualidade do uso de energia elétrica, com conseqüente redução dos custos operacionais e tarifários, mantendo, outrossim, o conforto e os benefícios que ela proporciona (SALES e TEIXEIRA, 2003).

Não é tão recente a preocupação em se reduzir o consumo de energia elétrica. Muito embora, os trabalhos sejam mais amplos na avicultura que na suinocultura. PERDOMO et al. (1989) concluíram que aquecimento com o uso de lâmpadas comuns no escamoteador para leitões, utilizando termostato, possibilita uma economia de energia elétrica muito superior aos demais tratamentos (luz infravermelha e resistência elétrica), sem que haja danos ao desempenho dos animais. SOBESTIANSKY et al. (1987a) realizaram um trabalho para redução do consumo energético com a utilização de termostato. A utilização da fonte de aquecimento controlada por termostato permite manter a temperatura na faixa de conforto dos leitões e reduz o consumo de energia elétrica. Hoje, esta preocupação continua, dentre outros fatores, em razão da necessidade de se reduzir o custo do produto final.

O termostato é um instrumento que permite corrigir as deficiências de manejo da fonte de calor e mantém o ambiente sempre estável, com economia de energia de 30 a 50% em relação ao sistema sem sua utilização (BONETT et al., 1997). TURCO et al. (1998) realizaram um trabalho objetivando estudar o consumo de energia elétrica, a relação velocidade do ar/consumo de energia elétrica e os custos operacionais de conjuntos motor-ventilador utilizados em instalações de frangos de corte no Brasil. Foram medidos, nas mesmas condições ambientais, o consumo de energia elétrica (kWh) e a velocidade do ar (m s^{-1}). Também, calcularam o custo operacional de treze diferentes conjuntos motor-ventilador. Os resultados desta avaliação demonstraram que o conjunto que apresentou melhor eficiência na relação velocidade média do ar/consumo de energia elétrica, consumiu em média 27,12% menos energia elétrica do que os outros conjuntos analisados, representando, relativamente, uma economia de até 48,9%.

FERREIRA & TURCO (2000) analisaram o consumo e custo de energia elétrica para uma instalação de frangos de corte, em dois ciclos de criação em estações do ano diferentes. Foram realizadas medidas do consumo energético de ventiladores, nebulizadores, iluminação e comedouros durante o manejo dos animais. Os resultados demonstraram que havia diferenças significativas no consumo de energia elétrica ativa dos equipamentos.

PANDORFI (2002), ao estudar diferentes sistemas de aquecimento para leitões em maternidade, concluiu que a lâmpada incandescente e a resistência elétrica são as fontes mais adequadas do ponto de vista térmico, porém, os leitões frequentaram mais os escamoteadores com piso aquecido. As análises técnico-econômicas realizadas pelo autor possibilitam concluir que há diferenças de rendimento das fontes no verão e no inverno. O piso térmico mostrou-se mais viável no verão e a lâmpada incandescente no inverno. Desta forma, é possível fazer o uso racional das fontes de aquecimento de acordo com a estação do ano.

Em pleno inverno, na maior parte do Sudeste qualquer corte de uso de energia elétrica na fase inicial de criação de aves e suínos, que precisa de aquecimento, significa redução de plantel. Os dois segmentos vivem uma fase de aumento das exportações, que tem exigido ampliação de alojamento de animais e, portanto, aumento nos gastos de energia. (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA, 2001)

Apesar de todo empenho dos produtores em elevar o grau de tecnificação do setor, adotando as melhores técnicas, o que se observa é que estes vêm ao longo dos anos obtendo

sucessivos prejuízos com a atividade. Assim, fazem-se necessários estudos sobre a evolução do progresso tecnológico do setor, sobre a rentabilidade da atividade, tendo o produtor que internalizar esses custos (TELES, 2001).

Os maiores responsáveis pelos dos gastos com energia elétrica de uma propriedade são os motores elétricos. Uma alternativa é substituí-los, na medida do possível, pelos chamados motores de alto rendimento. Sua utilização pode significar economia de até 30% no consumo de energia elétrica. No entanto, esse tipo de equipamento só deve ser usado em aplicações nas quais o número de horas anuais de uso seja longo. Isso para que se possa amortizar o investimento em um período menor, já que eles têm preço mais elevado que o de motores convencionais. Deve-se procurar fazê-los funcionar sempre próximos da plena carga, adequando a potência do modelo à do equipamento com o qual ele será utilizado (ENERGIA, 2001).

Outra alternativa são os variadores de velocidade, que podem ser acoplados aos motores comuns para alternar sua velocidade e com isso reduzir o consumo de energia elétrica, proporcionando sensível diminuição dos gastos. O uso de lâmpadas econômicas também pode reduzir o consumo (ENERGIA, 2001).

A produção do setor avícola tem se tecnificado nos últimos anos com o objetivo de aumentar a produtividade, estando um passo a frente da suinocultura. Nesse sentido, a automação e a adoção de novos equipamentos têm contribuído para a atividade com altos índices de produção (ABREU e ABREU, 2001).

Automação é o processo através do qual são implantados sistemas para garantir maior rendimento e produtividade, com qualidade, a custos compatíveis com o mercado. Nos últimos anos, os sistemas de controle automático têm adquirido grande importância em todos os campos da avicultura. As aplicações dos sistemas de controle cobrem um amplo domínio e continuamente aparecem novas aplicações para o controle automático. (ABREU e ABREU, 2001). A suinocultura, aos poucos, também vem adotando estas inovações.

WANGENBERG e VERMEY (2001) estudaram um sistema de extração de ar por exaustão central, geralmente utilizado no oeste europeu, com a utilização de controladores, em instalações de suínos em crescimento e terminação. Concluíram que há uma redução de 30% do consumo de energia elétrica, quando comparado ao sistema convencional de ventilação,

sem a utilização de controladores; embora o custo anual por animal alojado tenha atingido níveis superiores aos custos do sistema ao qual foi comparado.

Deve-se considerar que é possível conseguir uma melhoria do conforto térmico e do acondicionamento ambiental através de técnicas construtivas simples e racionais: uso de telha de barro, com inclinação adequada (40 - 60%), pé direito com altura apropriada (dependendo da largura média do galpão), aumentar espaços destinados aos animais de acordo com a fase de criação, janelas de tamanho adequado à fase, de forma a propiciar boa circulação de ar, utilização de forros, orientação da edificação no sentido leste-oeste etc. Estas foram recomendações feitas por PERDOMO e NICOLAIEWSKY (1986a), PERDOMO e NICOLAIEWSKY (1986b).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Com o objetivo de melhorar as condições térmicas ideais no interior de instalações suinícolas, para proporcionar conforto térmico para os animais com custo mínimo de materiais, equipamentos e energia elétrica, foram efetuados ensaios em 4 salas de 2 diferentes galpões de suínos nas fases de crescimento e terminação. Foram realizadas 2 repetições. Das seis salas do galpão A, foram usadas 3 salas e do galpão B apenas uma de duas. Os galpões são diferentes construtivamente e em termos de climatização. Estas instalações serão descritas posteriormente.

3.1 Local

O trabalho experimental foi realizado em galpões de uma granja suinícola, localizada na região do município de Boituva, estado de São Paulo. A granja situa-se a 547 metros acima do nível do mar, na latitude 23°12'13,4" S e longitude 47°40'39,8" W. Possui criação intensiva confinada, ciclo completo e organização semanal da produção.

A unidade suinícola possui 900 matrizes suínas, de linhagens genéticas provenientes da AGROCERES – PIC (avós - Camborough 15) com a produção de matrizes próprias. Os machos são de linhagens comerciais também oriundos da mesma empresa genética.

A ração utilizada é balanceada de acordo com o NRC (National Research Council, 1998), através de programas computacionais para auxílio do balanceamento dos nutrientes. Este balanceamento é realizado de acordo com as exigências da espécie e categoria animal a ser trabalhada. A nutrição é também direcionada aos requerimentos nutricionais da genética utilizada na granja, para permitir que os plantéis expressem todo seu potencial genético. A composição nutricional e física, além das condições de manejo da ração, não varia de acordo com diferentes estações do ano, embora se reconheça que existe a necessidade destas mudanças em virtude do menor consumo de ração sob altas temperaturas. Todos os tratamentos receberam a mesma ração. Por estas razões, nutrição foi considerada uma variável sob controle. A água é fornecida aos animais à vontade. Os animais do experimento foram criados sob as mesmas condições de manejo e instalações.

O desmame é realizado precocemente. A idade ajustada para este manejo é de 19 dias. O sucesso deste desmame é um dos vários indícios do alto nível sanitário da granja, além

do alto índice de leitões nascidos vivos e desmamados, pouca utilização de medicamentos, etc.

A propriedade possui controle do fluxo de pessoas, veículos e animais e são tomadas outras medidas visando manter a biossegurança da unidade de produção. Os programas de biossegurança visam evitar a entrada de agentes que possam causar doenças no plantel. O abate dos animais é realizado ao redor de 90 kg de peso vivo, por características dos consumidores regionais aos quais a carne é destinada.

Existe o comprometimento do técnico agrícola, responsável pela granja já por mais de 10 anos, em manter o experimento sob controle, sem alterações que prejudiquem seu bom andamento, por julgar que este é importante para a granja e para a suinocultura em geral.

Não há qualquer treinamento dos funcionários para acionamento dos equipamentos de climatização.

3.2 Período do Experimento

Foram realizados dois lotes experimentais. O Lote 1 ocorreu durante o período de 01 de fevereiro a 08 de março e o Lote 2 de 20 de setembro a 14 de outubro de 2004. O número de dias dos lotes foi dependente de problemas na logística da propriedade e variações do preço do suíno no mercado, com conseqüente atraso de inserção dos animais nas fases de crescimento e terminação e da retirada dos animais da propriedade.

3.3 Tratamentos

Os galpões diferenciam-se quanto às edificações e sistemas de climatização, conforme será descrito nos próximos itens. Todas as instalações foram construídas respeitando a orientação Leste-Oeste, recomendada pelos princípios da bioclimatologia, para que haja menor incidência de raios solares no interior das edificações.

Quatro salas foram modificadas, estabelecendo, assim, quatro diferentes tratamentos, visando encontrar qual o melhor sistema de climatização com relação ao consumo de energia elétrica, conforto térmico e desempenho dos animais.

Para monitorar os índices de conforto térmico dos animais presentes nesta sala, foi alocado, em cada uma das quatro salas, um sensor que detecta a temperatura e umidade do ar. Em duas das salas do Galpão A, salas S1 e S2, onde estão sendo realizados os testes, o sistema

de climatização é acionado por controlador automático, sendo que o sensor deste controlador está na sala S2. Desta forma, pretende-se racionalizar o uso de energia elétrica e reduzir a possibilidade de erros humanos no acionamento dos equipamentos.

Anteriormente às modificações realizadas para o início do experimento, foi verificado se os equipamentos estavam funcionando de maneira adequada (ventiladores com taxa de ventilação apropriada, instalações elétricas corretas, acionamento dos ventiladores de forma coerente, etc.). De acordo com os resultados desta verificação, foram realizadas adequações para um melhor aproveitamento do sistema. Algumas providências foram tomadas, tais como: a limpeza dos bicos da linha de nebulização, colocação de bóia na caixa d'água que abastece a nebulização para prevenção contra a ocorrência de erros humanos e correta vedação desta caixa para evitar a entrada de sujidades e luz, que contribui para a proliferação de fungos, entupindo os bicos da nebulização. Detectou-se um problema de fornecimento de energia elétrica por parte da concessionária, que estava fornecendo energia elétrica em voltagem inferior à requerida pelo sistema (220 V). Esta falha estava causando prejuízos ao bom funcionamento dos equipamentos elétricos utilizados na granja, que estavam operando em uma faixa de tensão aquém da necessária.

As salas foram comparadas entre si com relação ao desempenho dos animais (ganho de peso diário, ganho de peso final, peso ao abate, consumo de ração, conversão alimentar e mortalidade) e quanto aos aspectos da saúde do animal (através da utilização de medicamentos, do estado clínico geral do plantel e testes de tosse e espirro).

Também foram comparadas as variáveis climáticas e gastos com os equipamentos de climatização, principalmente considerando os aspectos de consumo de energia elétrica.

Para o experimento, foram realizadas algumas alterações, especialmente na estrutura de climatização do galpão A. A tabela 3 apresenta os tratamentos estudados.

Tabela 3. Descrição dos tratamentos estudados.

Sala	Galpão	Construção	Equipamentos climatização	Número ventiladores	Condição dos ventiladores	Acionamento
S1	A	Inadequada	Ventiladores e nebulizadores	2	Antigos	Automático
S2	A	Inadequada	Ventiladores e nebulizadores	2	Novos	Automático
S3	A	Inadequada	Ventiladores e nebulizadores	1	Antigos	Manual
S4	B	Adequada	Nenhum	0	Não se aplica	Nenhum

- Galpão A

Este galpão aloja os tratamentos S1, S2 e S3. A figura 1 mostra a vista lateral do galpão. Esta instalação possui 6 salas independentes. Cada sala possui área de 450 m².



Figura 1. Vista lateral do Galpão A.

Na figura 2, está esquematizado todo o galpão A. Estão também esquematizadas as posições dos ventiladores, bombas e linhas de nebulização para cada um dos tratamentos deste galpão. As salas que foram utilizadas para controle do desempenho, das condições sanitárias e onde foram instalados os equipamentos para a monitoração do conforto térmico são indicadas pelas letras A, B e C.

A escolha das salas se deu em virtude da logística da granja, para que fosse respeitada a ordem de entrada dos animais nas salas, embora seja reconhecida a importância da utilização de salas próximas. A cada semana, um novo tratamento (sala) era povoado. Apenas o povoamento das salas nesta ordem (S4, S3, S1, S2) foi capaz de proporcionar que os animais estudados nos diferentes tratamentos tivessem idades próximas. Os animais de S4 eram quatro semanas mais velhos que os de S2.

As salas, onde foram monitoradas as variáveis elétricas, serão denominadas como salas S1, S2 e S3. A sala S3 é, na realidade, representada por quatro salas. Isto se deve pelo fato de que estas não podem ser separadas, uma vez que o monitoramento do consumo de energia elétrica não pode ser medido em uma sala isolada, em virtude do acionamento conjunto do sistema de climatização. Porém, os dados produtivos, climáticos e relativos à saúde, foram apenas coletados na sala S3.

Para minimizar os problemas construtivos deste galpão, utilizou-se sistema de climatização artificial.

O telhado do galpão é composto de telhas de cimento amianto, com pé-direito médio de 2,4 m. As instalações possuem lâmina d'água. Estes detalhes podem ser mais bem visualizados na figura 5.

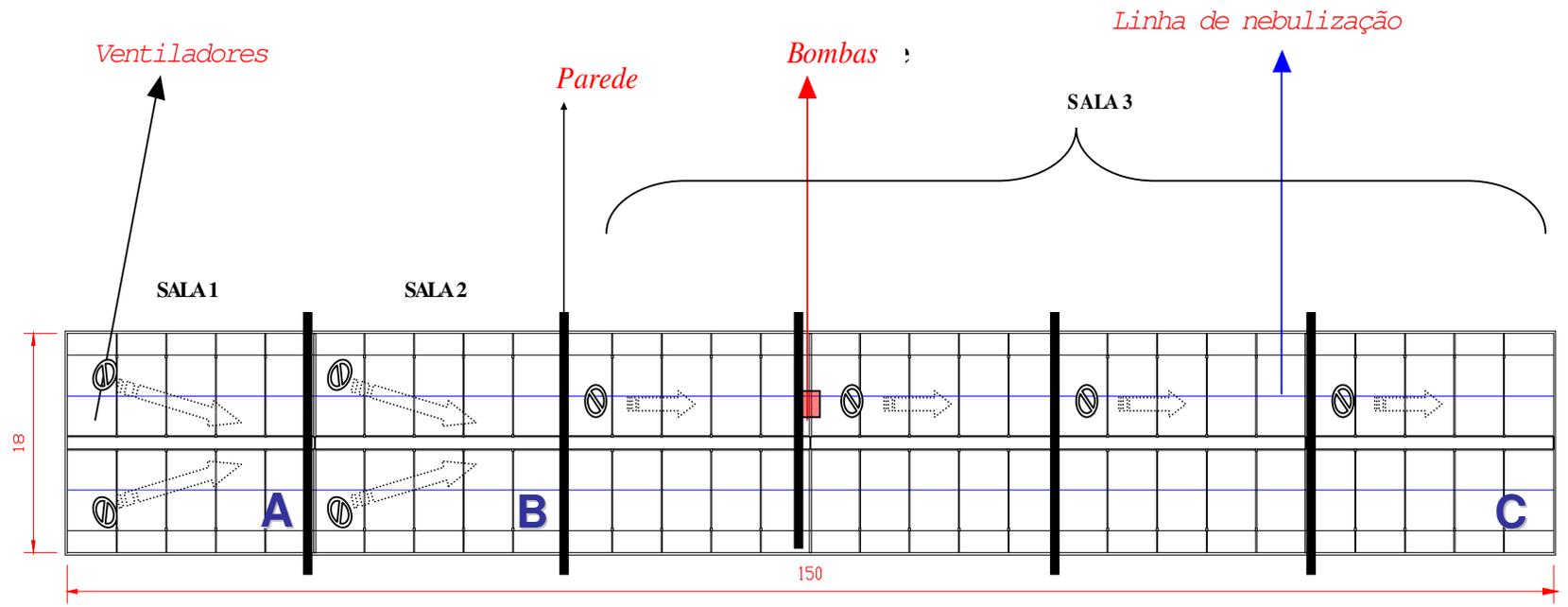


Figura 2. Desenho esquemático do Galpão A.

As especificações técnicas dos motores utilizados no sistema de climatização do Galpão A estão apresentadas na tabela 4.

Tabela 4. Características dos motores utilizados na climatização do Galpão A.

Equipamento	Quantidade	Salas atendidas	Potência (CV)	Voltagem (V)	Fases	Fator de Potência	Rendimento (%)	Rotação (RPM)
Ventilador	8	TODAS	0,5	220	3	0,62	60	1120
Bomba 1 cv	1	2*	1	220	3	0,88	68,0	3420
Bomba 3 cv	1	4**	3	220	3	0,82	78,0	3500

Tratamentos S1 e S2** Tratamento S3

O sistema de fornecimento de água para a nebulização foi dividido em duas vias. Desta forma, as salas 1 e 2 (Tratamentos S1 e S2) recebem água oriunda do bombeamento de uma bomba de 1 cv (tabela 4). Já as salas que representam o tratamento S3, recebem água de uma bomba de 3 cv (tabela 4). A figura 3 mostra a linha de nebulização do Galpão A.

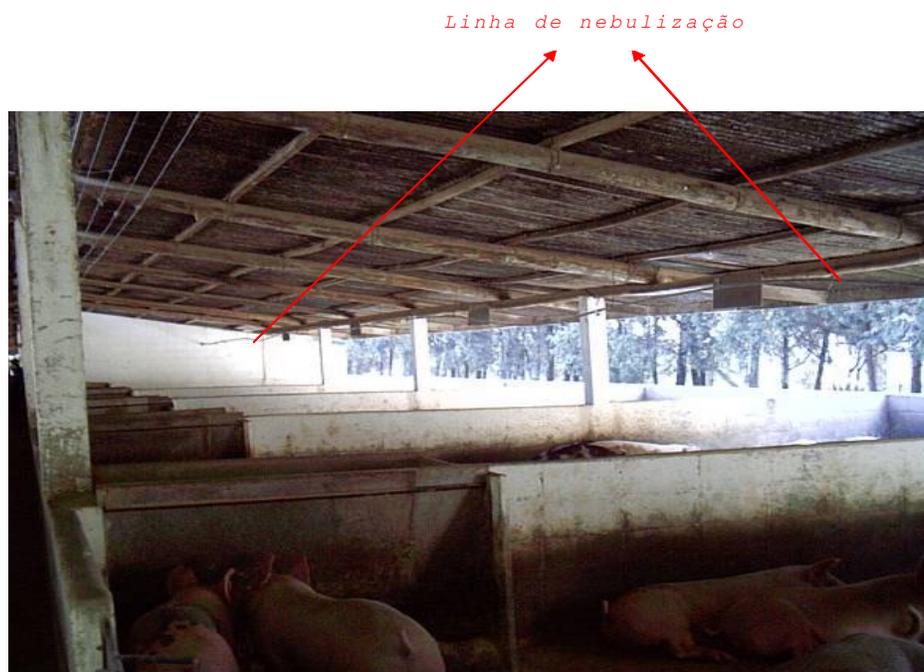


Figura 3. Detalhe interno do Galpão A, mostrando uma linha de nebulização.

A figura 4 apresenta a vista, em detalhe, de uma das salas do Galpão A. A sala representada possui o esquema de posicionamento de ventilador, idêntico ao da sala 3. Esta sala possui a configuração original das salas, antes das modificações para o início dos experimentos. A sala S3 permaneceu com esta configuração sendo a testemunha.

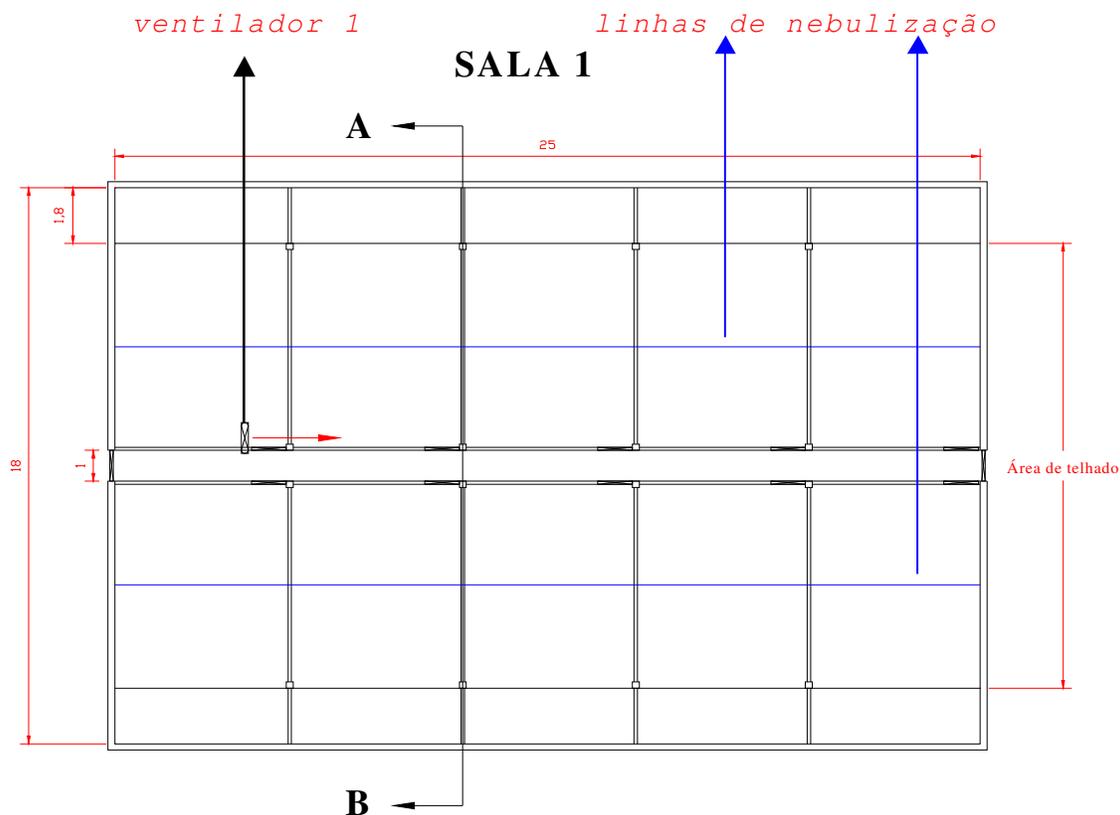


Figura 4. Vista em detalhe de uma da sala 3.

A figura 5 apresenta um corte do galpão, para melhor visualização da área coberta pelo telhado, da lâmina d'água, do ventilador e do lanternim.

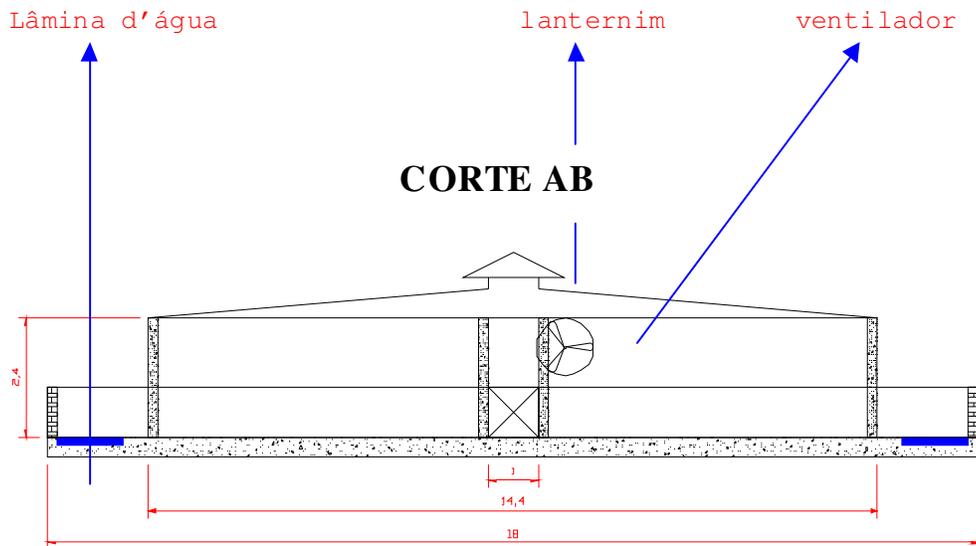


Figura 5. Vista em corte da sala 3.

- Galpão B

Este galpão aloja o tratamento S4. A instalação possui 2 salas de 450 m² cada. Apenas uma das salas será utilizada para o tratamento. A figura 6 indica onde será sediado o tratamento S4, que será descrito posteriormente.

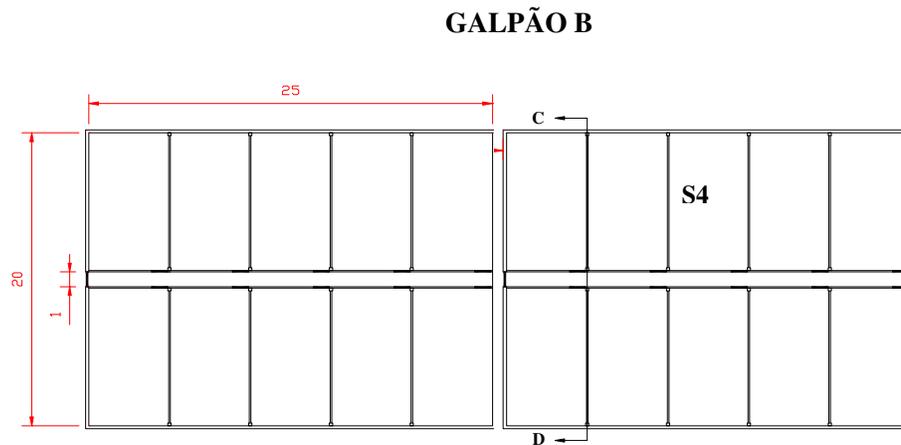


Figura 6. Vista do Galpão B.

Este galpão dispõe de lâmina d'água, de acordo com o detalhado no corte da figura 7. Não possui sistema climatização artificial.

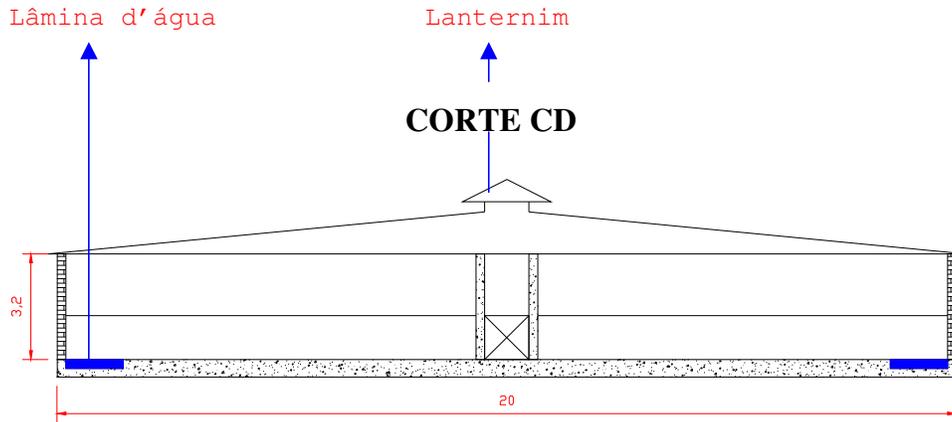


Figura 7. Vista em corte do Galpão B.

As telhas são de barro, conforme mostrado na figura 8, pé-direito de 3,2 m e sua área de telhado é capaz de abranger todo o galpão. Partiu-se do princípio de que este galpão é construtivamente mais adequado que o Galpão A. Para os experimentos, apenas uma das salas será utilizada.



Figura 8. Vista lateral do Galpão B.

3.3.2 Tratamento S1 – acionamento automático e ventiladores antigos

Para o tratamento S1, foi utilizada a sala 1 do Galpão A. Este tratamento conta com 2 ventiladores dispostos em posições que evitem a obstrução do fluxo de ar por colunas da edificação. Primeiramente, objetivou-se realizar o aproveitamento do ar externo ao galpão para a ventilação. Em segundo lugar, teve-se a intenção de fazer com que houvesse incidência do vento sobre a linha de nebulização, objetivando que as gotículas de água demorassem mais para alcançar o chão e os animais e, assim, tendo mais tempo para resfriar o ambiente. Estes ventiladores são equipamentos utilizados nas instalações originais da granja, ou seja, são motores mais antigos (há 8 anos na propriedade) e desprovidos de manutenção periódica. Possuem 0,5 cv de potência, acionamento por partida direta (tabela 4). O sistema de climatização desta sala é acionado pelo controlador automático do tipo Humitech II, fabricado pela Full Gauge (figura 9).



Figura 9. Controlador automático de climatização.

Os ventiladores são acionados pelo controlador quando a temperatura ambiente do galpão atinge 25°C. Atingidos 27°C, é também acionado o sistema de nebulização, que é abastecido por uma bomba de 1 cv. A bomba atende, além deste, o tratamento S2. No entanto, o sistema é desligado quando a umidade relativa do ar atinge 85%. Os valores que determinam o acionamento dos equipamentos de climatização estão acima dos recomendados pela literatura, para suínos em crescimento e terminação, porém, foram assim determinados, após a observação do acionamento dos equipamentos e observação das médias de temperatura atingidas durante a permanência do lote piloto nas instalações. Se fossem mantidas as temperaturas recomendadas, os equipamentos poderiam ficar acionados o dia todo. Este fato inviabilizaria economicamente a utilização do sistema preconizado nos tratamentos que possuem a automatização.

Também, conforme já mencionado anteriormente, em virtude dos grandes avanços em melhoramento genético e em resultados produtivos, acredita-se que estes valores de termoneutralidade considerados pela literatura estejam ultrapassados.

A posição dos equipamentos para monitoração do conforto térmico dos animais (sensores para monitoração da temperatura e da umidade do ar) e a nova disposição dos ventiladores estão indicadas na figura 10.

Figura 10. Esquema indicando a disposição dos equipamentos do tratamento S1.

O posicionamento dos ventiladores foi determinado após mapeamento dos ventos no interior das instalações (detalhado adiante), visando melhor distribuir a ventilação por toda a sala.

Os sensores foram posicionados o mais próximo dos animais, porém a uma altura tal que os animais não eram capazes de alcançar. Estavam a, aproximadamente, 1m do chão.

3.3.3 Tratamento S2 – acionamento automático e ventiladores novos

Para o tratamento S2, foi utilizada a sala 2 do Galpão A, conforme apresentado na figura 2. Este tratamento conta com 2 ventiladores dispostos na mesma posição que os pertencentes ao tratamento S1. A figura 11 mostra a posição em que se encontram os ventiladores novos.

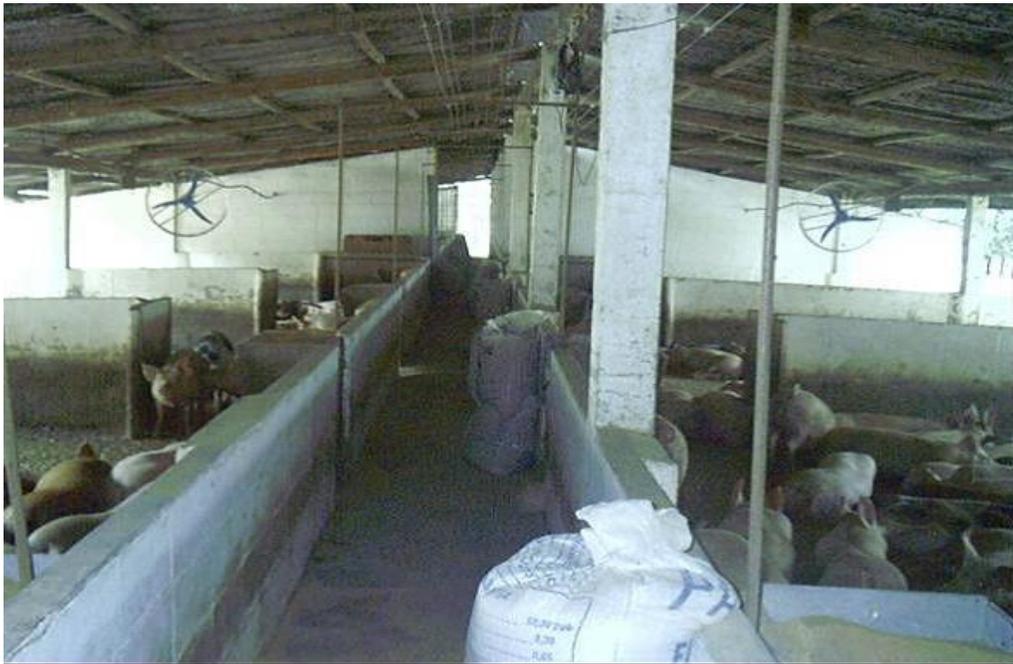


Figura 11. Vista interna do tratamento S2.

A figura 12 representa um esquema da posição dos ventiladores, do sensor de controle para acionamento do sistema de climatização artificial para este tratamento e dos sensores de monitoramento de temperatura e umidade. Estes ventiladores foram adquiridos recentemente, especialmente para o experimento, ou seja, são motores novos. São do tipo Climax, da empresa Big Dutchman[®], axial, tufão, com três pás, motor de 0,5 cv, diâmetro de 91,4 cm, com rotação de 1120 RPM e vazão de 5 m³/s. As especificações técnicas foram apresentadas na tabela 4.

O sistema de climatização desta sala é acionado pelo controlador automático da mesma forma que no tratamento S1.

Figura 12. Esquema indicando a disposição dos equipamentos do tratamento S2.

O posicionamento dos ventiladores foi determinado da mesma forma que para o tratamento S1.

3.3.4 Tratamento S3 – acionamento manual e 1 ventilador antigo

Este tratamento foi representado por 4 salas idênticas (quanto aos aspectos construtivos, de climatização etc.) que não sofreram modificações a partir da estrutura original da granja e será denominado S3. No entanto, os dados de conforto térmico, saúde do plantel e desempenho, estão sendo coletados apenas em uma das salas (sala C da figura 2). Esta decisão de juntar as 4 salas em apenas 1 tratamento foi tomada, pois os dados das variáveis elétricas não podem ser coletados em separado em virtude da ligação em paralelo dos equipamentos de climatização deste tratamento.

A figura 13 indica a posição dos ventiladores nestas salas de S3. Estes ventiladores estão situados atrás de um pilar da estrutura do galpão (figura 5) e a uma altura próxima ao telhado.

O tratamento S3 está sendo utilizado como testemunha das alterações realizadas.

Figura 13. Esquema indicando a disposição dos equipamentos e pilar no tratamento S3.

Cada sala do tratamento S3, conta com um ventilador e sistema de nebulização. Da mesma forma que nos tratamentos S1, estes ventiladores estão em uso na propriedade há aproximadamente 8 anos, possuem 0,5 cv de potência, acionamento por partida direta conforme já mencionado anteriormente e exposto na tabela 4. Estão dispostos em apenas um lado das salas, sendo que cada sala possui 1 ventilador. Estes equipamentos, da mesma forma que no tratamento S1, não contam com manutenção periódica.

A figura 14 mostra o interior do tratamento S3, no qual se pode ver o modelo de ventilador utilizado na granja.



Figura 14. Detalhe interno de uma das salas do Galpão A.

3.3.5 Tratamento S4 – sistema de climatização natural

Para o tratamento S4, será utilizada uma sala do galpão B. A figura 6 indica onde está situado este tratamento. O sensor de monitoração de temperatura e umidade relativa do ar foram colocados dentro da sala, na mesma posição que os outros tratamentos.

3.4 Coleta dos dados

3.4.1 Coleta de dados produtivos

Para verificar o desempenho dos animais, levou-se em conta a taxa de mortalidade, taxa de ganho de peso e a conversão alimentar (índices zootécnicos).

A mortalidade foi computada diariamente, bem como o consumo de ração para o cálculo da taxa de conversão alimentar. Para o cálculo da taxa de ganho de peso, os animais foram pesados individualmente ao entrarem no galpão, destinado às fases de crescimento e terminação, e ao saírem do galpão com destino ao embarque para o abate.

A verificação dos índices zootécnicos, que representam o desempenho do animal, foi utilizada para a comparação entre os tratamentos. Este procedimento de verificação de resultados é uma rotina da granja para uma maior eficiência em seu gerenciamento. Estes dados são freqüentemente registrados pelo programa computacional PigCHAMP[®], para gerenciamento da granja. O PigCHAMP[®] é um programa de gerenciamento de índices zootécnicos e econômicos de granjas suinícolas, usado em diversos países e desenvolvido pela Universidade de Minnesota nos Estados Unidos. É uma ferramenta que auxilia nas várias fases da granja: gestação e maternidade, creche, recria e terminação, além de contribuir para o gerenciamento de matéria prima para ração, entre outros. É também utilizado para a comparação dos índices zootécnicos entre as granjas que o utilizam, como forma de manter parâmetros para a produtividade.

3.4.2 Coleta de dados para a monitoração da condição sanitária do plantel

Partindo do princípio de que o ambiente é um grande responsável pelo aumento da incidência de doenças nos suínos, julgou-se interessante a coleta de informações que acompanhem o estado sanitário do plantel.

Não foi realizado qualquer procedimento invasivo (como coleta de sangue, por exemplo) para que a contenção e procedimento não interferissem no estado normal fisiológico do animal, resultando em estresse e interferindo na coleta de dados.

Foram utilizados os índices de tosse e espirro (SOBESTIANSKY, J. et al., 1998; MORÉS et al., 1999; MORÉS et al., 2001), avaliações freqüentemente utilizadas a campo. Estes métodos possuem baixa precisão quando comparados com testes laboratoriais. No entanto, são de baixo custo e interpretação objetiva. O índice de tosse e espirro foi considerado também pelo fato de que as doenças respiratórias têm alta incidência no plantel brasileiro.

Para a determinação do índice de tosse e espirro, foram feitas três contagens consecutivas, de um minuto cada, após movimentação dos animais por dois minutos e mais um minuto antes do início da contagem. Acessos de tosses ou espirros em seqüência, pelo mesmo animal, foi computado como um acesso. O procedimento foi realizado uma vez a cada lote considerado. Esta decisão foi embasada no fato de que MORÉS et al (2001) não encontrou diferenças estatísticas entre 4 quatro contagens realizadas em diferentes épocas (30, 50 e 80 dias após alojamento e 1 a 3 dias antes do abate).

Os dados encontrados foram avaliados pelas relações 1 e 2:

$$\text{Frequência de tosse (\%)} = \frac{\text{média de 3 contagens}}{n^{\circ} \text{ de animais presentes}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Frequência de espirros (\%)} = \frac{\text{média de 3 contagens}}{n^{\circ} \text{ de animais presentes}} \times 100 \quad (2)$$

Estas avaliações foram realizadas, não apenas para serem comparadas entre os galpões, relacionando sanidade ao ambiente, mas também como forma de considerar a sanidade como um fator que pode influenciar fortemente nos resultados finais. Sob este prisma, a sanidade pode ser considerada como uma variável não controlável, embora haja preocupação com o controle sanitário da granja, por parte do responsável e demais técnicos ligados a esta.

Foram observados também a frequência de utilização de medicamentos e o estado clínico geral do plantel.

3.4.3 Coleta dos parâmetros climáticos

Foram coletadas e analisadas as temperaturas e umidade relativa do ar no interior do galpão. Com estes dados, foi possível calcular os índices de conforto térmico dos animais.

3.4.3.1 Temperatura e umidade relativa do ar

A temperatura de bulbo seco e a umidade relativa do ar foram monitoradas através da utilização de sensores de temperatura e umidade da marca NOVUS[®], colocados em pontos estratégicos do galpão (indicados nas figuras 10, 12 e 13). Para estas determinações, sensores de temperatura e umidade foram conectados a um acumulador de dados (*data logger*) para registro e armazenamento contínuo de dados. Através deste sistema, obtiveram-se dados a cada 15 minutos. Estes dados foram organizados pelo programa computacional *Field Chart*.

Com a preocupação de calibrar os sensores, utilizou-se um termômetro de mercúrio de bulbo seco e um de bulbo úmido. Desta forma, obteve-se quatro pontos de comparação entre a temperatura medida pelos termômetros de mercúrio e os sensores.

A intenção era que com a utilização dos dados da altitude do local, precisada pelo GPS, poder-se-ia utilizar as informações da carta psicrométrica, para a elaboração de uma equação de ajuste dos valores fornecidos pelos sensores. Realizou-se este procedimento três vezes, tendo em vista que os experimentos foram realizados em um ambiente com excesso de poeiras e gases, condições que podem contribuir para a descalibração dos sensores. No entanto, a diferença entre o termômetro de mercúrio e bulbo úmido (transformando-se também os valores da umidade relativa) e os sensores não ultrapassou 1,2°C, o que garantiu a precisão dos sensores e confiabilidade dos dados obtidos.

A partir de todos estes registros de temperatura, umidade relativa do ar, o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e a Entalpia foram calculados.

Para o segundo lote, foi adquirido um equipamento para a medição da temperatura e umidade do ambiente externo. O equipamento modelo UMMI, marca BETHA ELETRÔNICA, possui um registrador e acumulador de dados (*data logger*) interno e, posteriormente os dados eram transferidos para o computador.

3.4.3.2 Velocidade do ar

Considerando a importância da velocidade do ar artificial nos processos de troca de calor animal e melhoria da sensação térmica, bem como para sua relação com o consumo de energia elétrica, esta variável foi mensurada cinco vezes durante os experimentos, através de um medidor portátil de velocidade de vento (anemômetro) colocado em 18 pontos estratégicos do galpão. A intenção foi realizar um mapeamento dos ventos no interior das salas. As medições foram realizadas em dias diferentes e sempre nos mesmos pontos. A partir das médias resultantes de seis medições foi traçado um perfil do comportamento dos ventos no interior das instalações.

Há também preocupação em se aferir a taxa de ventilação (ou pelo menos a velocidade), pelo fato de que taxas impróprias podem trazer conseqüências maléficas para a saúde do animal, principalmente no que se refere à concentração de gases e poeiras, afetando o seu desempenho.

Um mapeamento inicial dos ventos serviu como indicativo para o ajuste da posição dos ventiladores dos tratamentos S1 e S2, visando melhorar as condições de ventilação destas salas. A figura 15 mostra os pontos utilizados para o mapeamento dos ventos. As medições foram realizadas a uma altura de 0,8m do chão. Esta altura foi escolhida em virtude da altura das muretas que ali havia, as quais, antigamente, serviam para dividir a sala em baias. As muretas obstruíam a passagem do vento.

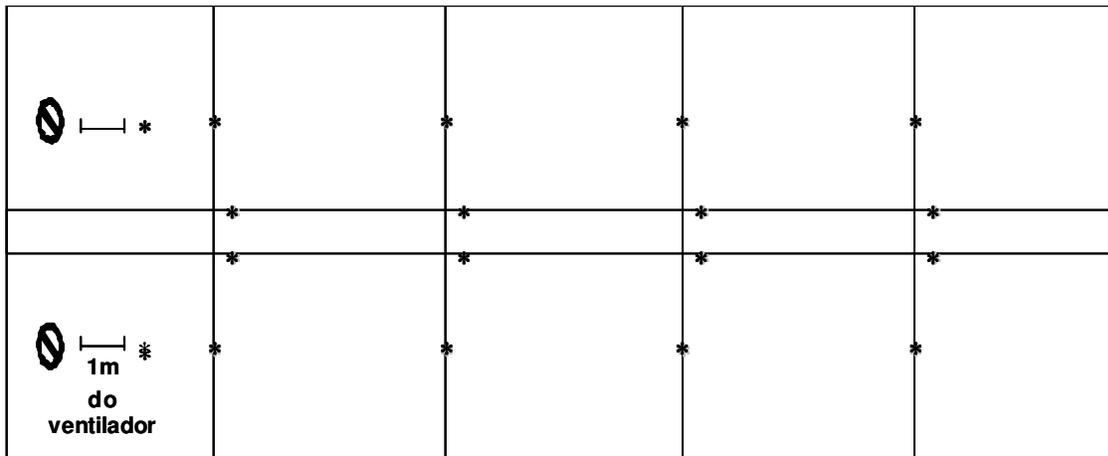


Figura 15. Marcação dos pontos de medição de velocidade de vento.

3.4.3.3 Índice de Conforto Térmico

- Índice de Temperatura e Umidade (ITU)

Segundo SILVA (2000), o índice de temperatura e umidade foi desenvolvido, originalmente por THOM (1958), como um índice para conforto térmico humano. Para esta finalidade, é empregado pelo U.S. Weather Bureau. Sua forma mais conhecida e que será utilizada neste trabalho é dada pela equação 3. Será calculado o índice de ITU.

$$ITU = T_s + 0,36 T_o + 41,2 \quad (3)$$

ITU = Índice de Temperatura e Umidade

Ts = temperatura do termômetro de bulbo seco, °C

To = temperatura do ponto de orvalho, °C

De acordo com HAHN (1985), citado por SILVA (2000), um ITU igual ou menor a 70 expressa uma condição de ambiente seguro para o animal. Um valor entre 71 e 78 é considerado crítico. Entre 79 e 83 a situação é de perigo. Acima de 83 é considerado um ambiente em condição de emergência.

3.4.3.4 Entalpia

A entalpia é a energia de ar úmido por unidade de massa de ar seco (kJ/kg de ar seco).

A temperatura considerada como referência é a temperatura de 0°C. A entalpia do ar úmido é a propriedade mais útil na quantificação de processos psicrométricos que envolvem trocas térmicas (ALBRIGHT, 1990).

A equação utilizada para o cálculo de entalpia foi a utilizada por PERISSINOTTO (2003):

$$H = 6,7 + 0,273 * t + \{UR / 100 * 10^{[(7,5 * t) / (237,3 + t)]}\} \quad (4)$$

Sendo:

H = entalpia (kcal/kg de ar seco)

t = temperatura de bulbo seco (°C)

UR = umidade relativa do ar (%)

3.4.4 Coleta das variáveis elétricas

As variáveis elétricas adquiridas foram a demanda, o fator de potência e o consumo de energia. O consumo foi a variável utilizada para a comparação entre os tratamentos e, por esta razão, será descrita adiante.

3.4.4.1 Consumo diário do lote

O consumo de energia elétrica dos equipamentos foi avaliado através cinco analisadores e medidores de energia multivariável, instalados nas caixas de distribuição de circuitos. Estes medidores foram acoplados a outro acumulador ou registrador de dados (*data logger*) específico, atendendo os padrões estabelecidos pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). Foi verificado o consumo de energia elétrica no mesmo instante em que se mediram os dados relativos à temperatura, à umidade relativa. Os registros foram realizados a cada 15 minutos. Os dados foram adquiridos 24 horas por dia durante todo o lote.

Os medidores de energia apresentam no visor digital um tempo programado de acordo com a necessidade de avaliação a ser feita. Este visor mostra a qualquer tempo os valores das grandezas elétricas que estarão sendo avaliadas, cuja finalidade é a quantificação do consumo de energia elétrica.

3.4.5 Sistema de aquisição de dados

Em um abrigo, entre os galpões A e B, está alojado o computador que armazena dados vindos dos seguintes *hardwares* (ou *data loggers*):

Field Logger: responsável pela aquisição dos dados de temperatura e umidade;

HX 600: concentra e direciona os dados de várias grandezas elétricas para o microcomputador.

A figura 16 mostra o *Field Logger*, HX 600 e o microcomputador utilizado para a aquisição dos dados coletados.

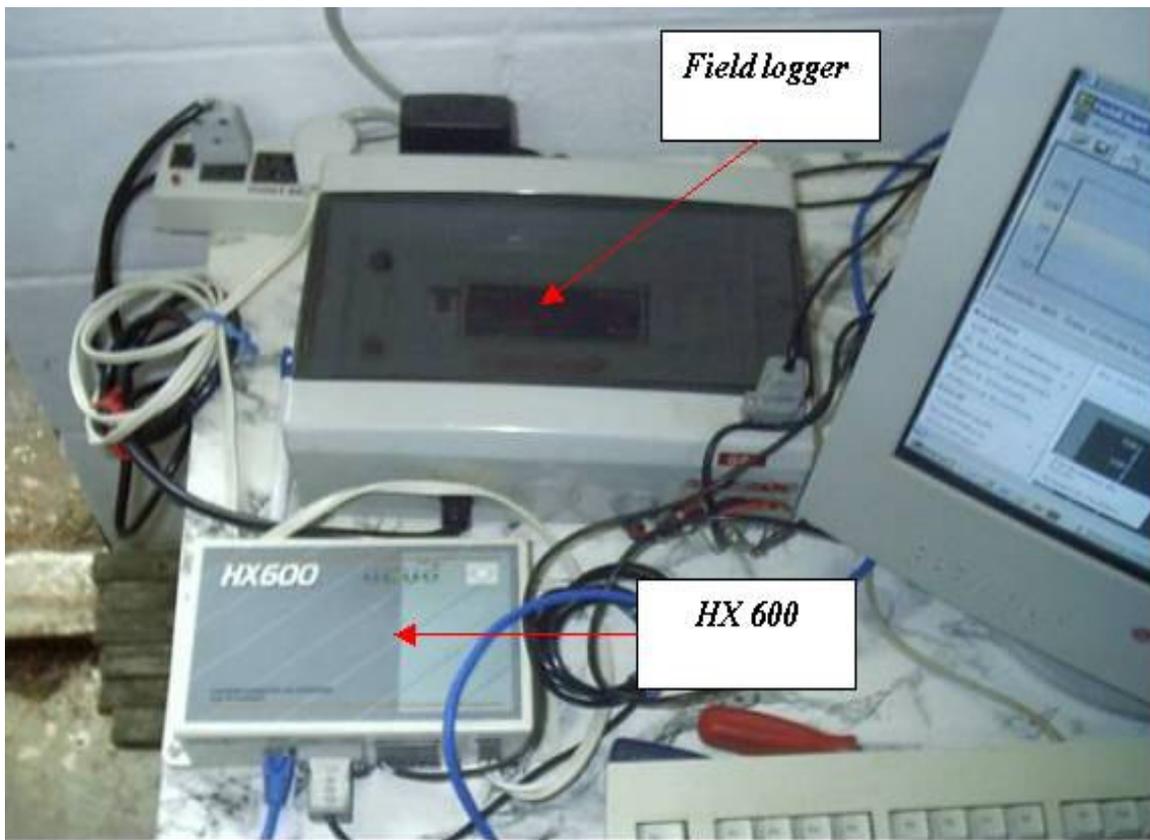


Figura 16. Equipamentos utilizados para a aquisição automática dos dados.

Todo o sistema foi alimentado através da rede elétrica disponível no local, juntamente com um sistema de emergência, composto por um *Nobreak* com 1 bateria que proporcionam autonomia de aproximadamente 2 horas.

A figura 17 mostra o esquema geral de instalação dos sensores de temperatura e umidade relativa do ar e dos medidores de energia elétrica, respectivamente aos *data loggers* *Field Logger* e HX 600.

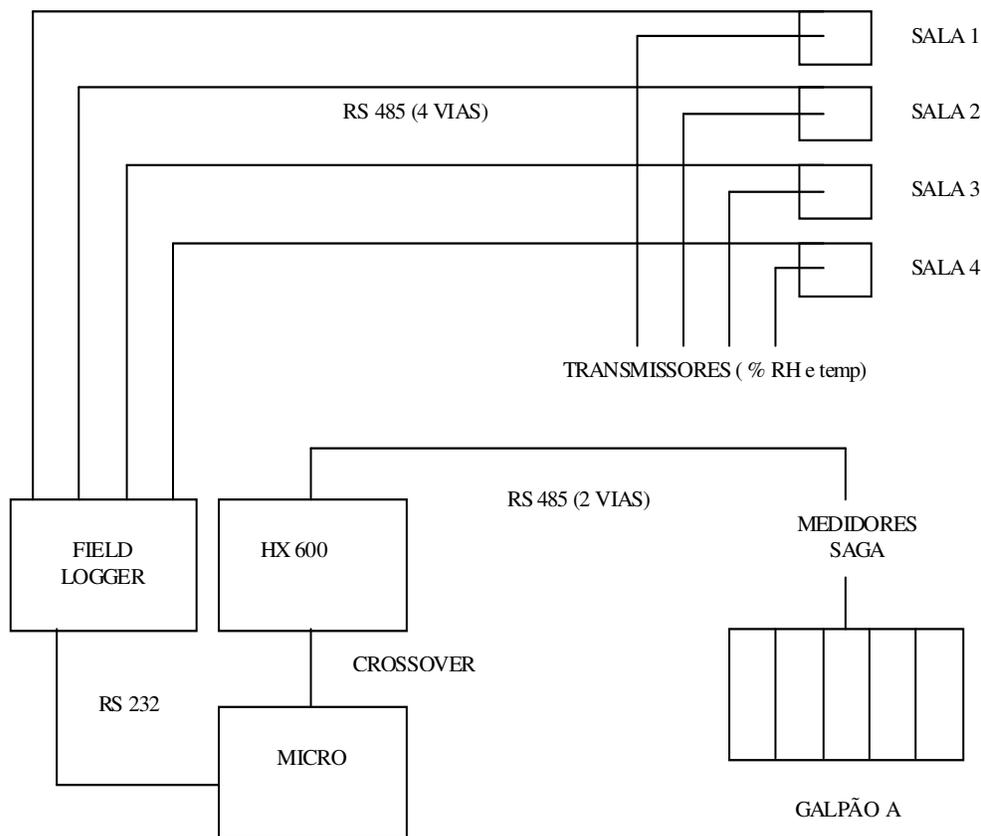


Figura 17. Esquema Geral de Ligação do Field Logger e HX 600 ao computador.

O *Field Logger* é um equipamento microprocessado de aquisição e registro de variáveis analógicas. Os canais de entrada universais tornam o *Field Logger* um instrumento muito versátil, o que possibilita sua utilização em inúmeras aplicações.

Sua configuração é feita através de um programa computacional de operação (*Field Chart*). Este programa acompanha o equipamento e opera sobre plataformas Windows 95, Windows 98 ou Windows NT.

O controlador HX 600 faz controle de demanda e fator de potência da energia elétrica utilizada. Ele é compatível com todos os registradores e medidores eletrônicos disponíveis no mercado. Pode também receber sinais de transdutores digitais via rede de comunicação serial RS 485 (protocolo Modbus RTU), sendo compatível com os instrumentos de medição modelo Saga 2300 e 2500, da marca ESB, os quais estão sendo utilizados no desenvolvimento desta pesquisa.

Este controlador analisa todas as grandezas elétricas necessárias e calcula todas as variáveis de controle ininterruptamente. A atuação sobre as saídas e o registro das grandezas pode ser feita e definida pelo usuário.

Para a monitoração ou programação do controlador, utilizou-se o programa computacional *Gwprog*. A comunicação entre o computador, em que o *Gwprog* foi instalado, e o controlador foi feita através da porta serial RS 232 (identificada por PROGR).

O microcomputador pode comunicar-se com o HX via rede TCP/IP (utilizada neste experimento) ou via serial RS 232. Pode-se ainda estabelecer esta comunicação via serial RS 485, com o auxílio de conversores RS 232/RS 485. O programa computacional STM (Sistema de Telemedição), que acompanha o controlador HX 600, foi uma ferramenta necessária para se conseguir um completo Sistema de Gerenciamento Energético através do microcomputador em ambiente Windows. Este programa também permite a operação remota de inúmeros controladores, efetuando a exibição de dados registrados pelos controladores e oferece capacidades gerenciais, visando proporcionar significativas economias de energia elétrica.

3.5 Análise das variáveis produtivas, de conforto térmico e energia elétrica

Realizou-se a comparação das médias horárias de consumo de energia elétrica, da temperatura média do ar e da umidade relativa dos tratamentos, através da realização da Análise de Variância e Teste de Médias (Tukey) a 5%.

3.5.1 Eficiência energética de instalações e equipamentos

Partindo do princípio de que a eficiência energética aumenta quando se consegue realizar um serviço e/ou produzir um bem com quantidade de energia inferior a que era usualmente consumida, pretende-se quantificá-la utilizando os indicadores de eficiência energética. Foram utilizados os seguintes:

3.5.1.1 Consumo Específico de energia de cada tratamento (sistema de climatização) – Ces

Será realizada a análise do consumo de energia (kWh) ou carga instalada (kW) em relação ao produto gerado. Assim, a relação será dada pela relação 5:

$$Ces = \frac{CAi}{QP_i} \quad (5)$$

Sendo:

CAi = Consumo de energia elétrica pelo lote em kWh/lote

QP_i = Quantidade de produto produzido no lote pela unidade consumidora (sala)

i = índice referente ao lote de criação de suínos obtido através de análise histórica dos dados.

3.5.1.2 Fator de Carga da Instalação Elétrica dos Galpões de Criação de Suínos.

O Fator de carga é um dos indicadores da eficiência, pois mostra como a energia está sendo utilizada ao longo do tempo. Quanto maior o fator de carga, menor o custo representado pelo kWh empregado. Um fator de carga próximo da unidade indica que as cargas elétricas foram utilizadas racionalmente ao longo do tempo. Por outro lado, um fator de carga baixo indica que houve concentração de consumo de energia elétrica em um curto período de tempo, determinando uma demanda elevada. Deste modo, será utilizada para o cálculo do fator de carga de cada sala estudada, a relação 6:

$$FCs = \frac{CAi}{hDR_i} \quad (6)$$

Sendo:

CAi = Consumo de energia elétrica pelo lote em (kWh/lote) na ponta e fora de ponta.

i = índice referente ao lote de criação de suínos obtido através de análise histórica dos dados.

h = 730 horas – número de horas no mês, considerado pela ANEEL

DR_i = Demanda registrada de máxima potência no lote de criação de suínos

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MAPEAMENTO DOS VENTOS

O mapeamento dos ventos, no interior de cada sala, foi realizado durante todo o período de experimentação para os dois lotes. Foram realizadas seis medições e calculadas as médias dos pontos medidos.

Nas figuras abaixo, estão esquematizados os mapeamentos dos ventos no interior de cada sala.

Figura 18. Mapeamento dos ventos na sala S1

Para facilitar a compreensão, a sala foi dividida em 10 partes, onde há divisões por parede, pois anteriormente a sala era dividida em baias. Cada baia foi nomeada por uma letra (de A a J).

Foi medida a velocidade do vento nos pontos acima apresentados. A medição foi realizada. Os pontos foram assim escolhidos, pois os ventiladores estavam ligeiramente inclinados para a linha de nebulização e, desta forma, o vento incidia sobre o corredor da instalação. Os ventiladores estão apenas esquematizados e, desta forma, não apresentam a inclinação.

De acordo com o esquema apresentado na figura 18, nota-se que nem toda a instalação é atendida pela ação dos ventiladores.

Os primeiros ajustes da inclinação dos ventiladores foram realizados com base nos mapeamentos de vento preliminares e na observação do comportamento dos animais.

A concentração de dejetos em um determinado local foi interpretada como se este fosse mais freqüentado pelos suínos. Pressupôs-se que os animais estavam buscando apenas as áreas que forneciam melhores condições para a troca de calor com o ambiente. Assim, buscou-se manter a ventilação da forma mais homogênea possível dentro da instalação. No entanto, de acordo com o observado na figura 18, não se atingiu o objetivo. As baias I e J não recebem ventilação dos ventiladores. Os valores de velocidade de vento recomendados para suínos em

crescimento e terminação vão de 0,2 a 0,3 m/s (PIFFER et al., 1998). Esta condição foi atendida apenas na baía E. Para melhorar as condições de conforto térmico dos animais, recomenda-se, então, que a granja trabalhe com maior número de ventiladores, a ser estudado. Ressalta-se aqui a importância do mapeamento dos ventos.

A ventilação pode contribuir de forma positiva, se bem realizada. Contribui para a renovação do ar; controle de gases; poeira e vapor d'água; além da função de realizar convecção contribuindo para o controle da temperatura corporal dos animais. No entanto, o excesso deste recurso pode contribuir para o acréscimo da poluição aérea, principalmente da poeira (NÄÄS, 2002). Desta forma, o excesso de ventilação em alguns locais da sala S1 pode prejudicar a saúde dos suínos ali produzidos.

A figura 19 mostra o mapeamento da sala S2. Nesta sala, estão alocados os ventiladores novos. Nota-se que a um metro do ventilador a velocidade apresentada segue as especificações do equipamento.

Percebe-se que a média das velocidades medidas a um metro dos ventiladores são maiores que as médias da sala S1. Isto pode ser explicado pelo fato de que os ventiladores da sala S1 são mais antigos e, portanto, desgastados e menos eficientes.

Figura 19. Mapeamento dos ventos na sala S2.

Nota-se, após a interpretação da figura 19, que houve melhor distribuição da ventilação na sala S2, quando comparada à sala S1. Apenas uma baía, representada nas figuras pela letra J, não recebeu ventilação. Em compensação, nenhuma das baias recebeu a velocidade de vento recomendada, apresentando valores sempre maiores ou menores que os entre 0,2 a 0,3 m/s.

A figura 20 esquematiza o mapeamento dos ventos da sala S3.

Figura 20. Mapeamento dos ventos da sala S3

Através da interpretação da figura 20, nota-se que a sala S3 não possui ventilação que atenda a todas as salas, pois, dentre outras razões que serão citadas adiante, possui apenas um ventilador.

A média da velocidade de vento, medida a um metro do ventilador, é também menor que a obtida nos ventiladores novos de S2. A sala S3 apresenta, ainda, mais dois agravantes com relação à eficiência do ventilador: O equipamento está posicionado atrás de um pilar, próximo ao telhado e em uma posição mais alta com relação aos ventiladores dos outros tratamentos. Isto faz com que a circulação do ar seja menos eficiente. Percebe-se que no próximo ponto de medição, a velocidade reduz muito, com relação à tendência de redução entre os mesmos pontos dos outros tratamentos. Esta redução é devida à barreira física (pilar) que o vento do ventilador encontra a aproximadamente 1,5m.

A sala S4 também foi mapeada, porém, os pontos de incidência de vento foram muito variáveis e, desta forma, acredita-se que, a confecção de médias simples disvirtuaria o mapeamento. Uma análise estatística das médias também não seria interessante, em virtude da pequena quantidade de repetições das medições nos pontos determinados.

De acordo com SOBESTIANSKY (1999) e muitos outros autores, as doenças respiratórias são multifatoriais e seus quadros clínicos podem ser desencadeados em virtude de ventilação incipiente. A ventilação recomendada para suínos em fase de crescimento e terminação é de 0,2 a 0,3 m/s. Condição pouco respeitada em boa parte das instalações estudadas.

As paredes entre as salas não possuem função sanitária ou logística. Assim, sugeriu-se ao produtor que fossem quebradas as paredes entre as salas, pois o aproveitamento da ventilação seria melhor, já que o ventilador de uma sala poderia servir de exaustor para a sala anterior. O espaçamento entre um ventilador e outro seria de, aproximadamente, 25 metros. Sugere-se que nas salas que possuem as condições da sala S3, sejam acrescentadas de mais um ventilador.

4.2 LOTES ESTUDADOS

A tomada de dados para os lotes 1 e 2, foi realizada nos períodos de 01 de fevereiro a 08 de março e de 20 de setembro a 14 de outubro de 2004, respectivamente.

4.2.1 Dados produtivos

Antes de efetuar a análise dos dados produtivos dos lotes, é importante ressaltar que, durante o transcorrer do lote 2, o rebanho foi acometido por uma enfermidade que foi responsável pelo aumento da taxa de mortalidade nas salas estudadas.

As salas nas quais houve maior taxa de mortalidade no lote 2 foram as salas S1 e S2. No entanto, as demais salas também foram prejudicadas. Em todas as salas estudadas, houve um atraso de, aproximadamente, 10 dias para que os animais atingissem o peso de abate, quando comparado ao Lote 1 e ao desempenho da granja nos últimos meses. Os animais entraram na fase de crescimento 5 a 6 kg mais leves que o normal para a granja, .

A enfermidade que acometeu os animais, a partir dos 63 dias de idade, teve como principal sinal clínico diarreia grave. De acordo com exames laboratoriais, a diarreia foi causada por uma amostra patogênica da bactéria intestinal *Escherichia coli*. A *E. coli* é um importante agente causador de enterite em leitões, sendo a infecção de difícil controle devido a elevada capacidade deste agente em desenvolver e disseminar mecanismos de resistência aos antimicrobianos utilizados para o tratamento da doença (BACARO et al., 2002).

Conforme anteriormente exposto, manter o animal sem estresse pode ser importante no sentido de mantê-lo em condições de se defender de doenças.

Diante de uma situação anormal, o efeito do estresse é maior na primeira semana. Após este período o animal é capaz de se adaptar (CURTIS, 1983). No entanto, na criação de suínos o animal permanece em um ambiente onde a intensidade dos agentes estressores é variável, por serem dependentes de outros fatores, tais como: temperatura e umidade do ar, manejo, higiene, edificação etc. Assim, o estresse assume um papel importante na incidência de doenças dentro do criatório, uma vez que, de acordo com CURTIS (1983), qualquer ambiente estressante pode debilitar o sistema de defesa do animal contra desafios microbianos. Neste sentido, o ambiente insalubre pode ter sido uma das contribuições para os animais terem se tornado susceptíveis à infecção. Embora a bactéria em questão tenha alta patogenicidade, ou seja, grande poder de causar infecção.

Apesar de terem sido tomadas providências para a contenção geográfica da doença na granja e para reduzir os sinais clínicos dos animais, a doença foi capaz de interferir significativamente no desempenho do lote em estudo.

A tabela 5 apresenta os dados produtivos dos Lotes 1 e 2.

Tabela 5. Dados produtivos dos lotes 1 e 2.

SALA PARÂMETROS	S1		S2		S3		S4	
	Lote 1	Lote 2						
Nº de animais	416	410	411	604	405	542	368	427
Taxa mortalidade	1,4	4,0	2,7	4,0	1,4	1,3	2,3	2,8
Peso médio de entrada (kg)	-	28	-	25	32	27	29	26
Peso médio de venda (kg)	85	83	84	86	85	83	91	87
Idade média de abate (dias)	138	149	137	148	136	148	139	149
Ganho Peso Total (100kg)	322	306	313	464	315	417	308	337
Taxa Ganho de Peso	0,663	0,598	0,662	0,621	0,680	0,594	0,711	0,625
Ração Consumida (kg/cab/dia)	1,58	1,54	1,54	1,42	1,58	1,11	1,83	1,49
Taxa de Conversão Alimentar	2,38	2,39	2,32	2,28	2,32	1,87	2,57	2,39
Densidade (animais/m²)	0,92	0,91	0,91	1,34	0,9	1,2	0,88	0,94
Espaçamento (m²/animal)	1,08	1,09	1,09	0,74	1,1	0,83	1,22	1,05

Na tabela 5, estão grifados os dados que podem servir para uma análise produtiva dos lotes. Os demais dados não foram analisados neste momento porque são representativos de

situações que não podem ser comparadas. Estes foram apresentados para complementar a análise, se necessário.

O peso de entrada, embora representativo para a comparação da condição de igualdade entre os lotes, não pode ser considerado uma resposta ao tratamento. O ganho de peso total não pode ser comparado entre os tratamentos porque corresponde ao peso total do lote e cada lote possui um número diferente de animais, além do fato de que a idade de venda é diferente para cada sala. O peso de venda não pode ser comparado porque cada lote foi vendido com idade diferente. A idade de abate foi variável em virtude da logística da granja. A ração consumida não foi considerada, uma vez que o que denota o desempenho do animal é a taxa de conversão alimentar, ou seja, o que de fato interessa é o quanto o animal consumiu de ração para ganhar 1 kg de peso.

Na entrada do primeiro lote, não foram pesados os animais das salas 1 e 2 no momento de entrada do lote na fase de crescimento. Este dado é importante para constatar que os animais chegaram à fase de crescimento em iguais condições, porém, em virtude de problemas de falta de funcionários para a realização deste manejo, ele não foi realizado.

Para o lote 1, verifica-se que todos os tratamentos tiveram densidades, ou espaçamento utilizado por cabeça, com valores próximos. Deste modo, a densidade não interferiu nos resultados produtivos. Foram respeitadas as recomendações da literatura para espaçamento adequado aos animais, que levam em consideração o tipo de piso. A recomendação para o piso utilizado (piso totalmente compacto) é de 0,85 a 1,2m²/animal, condição respeitada para este primeiro lote (PIFFER, I.A. et al., 1998).

Durante o lote 2, os tratamentos S1 e S4 tiveram densidades, ou espaçamento utilizado por cabeça, com valores próximos. Para estes, a densidade não interferiu nos resultados produtivos. Foram aqui respeitadas as recomendações da literatura. Já os tratamentos S2 e S3, por sua vez, tiveram desrespeitado o espaço considerado para garantir o bem-estar dos animais. Estes valores para S2 e S3 foram, respectivamente, 0,74 e 0,83 m²/animal. Desta forma, esta pode ser mais uma variável que interfere negativamente no desempenho dos animais estudados.

Na análise do indicador de desempenho conversão alimentar (CA), pode-se notar, através das tabelas 5 e 6, que apenas o tratamento S3, durante o lote 2, apresentou este

parâmetro com valor abaixo (melhor) de 2,2, média dos valores apresentados na tabela do padrão das linhagens utilizadas (AGROCERES, 2005).

Apresentam-se na tabela 6, os valores de CA obtidos nos tratamentos, classificados do menor (melhor) para o maior (pior):

Tabela 6. Classificação dos valores de conversão alimentar obtidos nos lotes 1 e 2.

Classificação	Tratamento/ Lote	Valor
1	Sala 3 – Lote2	1,87
2	Sala 2 – Lote 2	2,28
3	Sala 3 – Lote1 e Sala2 – Lote1	2,32
4	Sala1 – Lote1	2,38
5	Sala 1 – Lote2 e Sala4 – Lote2	2,39
6	Sala4 – Lote1.	2,57

Através da classificação acima, verifica-se que as salas S2 e S3 obtiveram os menores valores de CA e as salas S1 e S4 os maiores valores, sendo S4 maior que S1.

A tabela 7 apresenta a classificação das taxas de ganho de peso obtidos nos lotes 1 e 2.

Tabela 7. Classificação dos valores das taxas de ganho de peso obtidos nos lotes 1 e 2.

Classificação	Tratamento/ Lote	Valor
1	Sala 4 – Lote1	0,711
2	Sala 3 – Lote1	0,680
3	Sala 1 – Lote1	0,663
4	Sala2 – Lote1	0,662
5	Sala4 – Lote2	0,625
6	Sala2 – Lote2.	0,621
7	Sala1 – Lote2	0,598
8	Sala3 – Lote2	0,594

Durante o lote 1, houve maior ganho de peso quando comparado ao lote 2. Isto provavelmente ocorreu em razão do problema sanitário supracitado, no segundo lote. S4 apresentou as maiores taxas de ganho de peso.

É importante ressaltar que, apesar da alta densidade acima referida, S2 apresentou a segunda maior taxa de ganho de peso, apesar da alta densidade.

A tabela 8 apresenta a classificação dos valores das taxas de mortalidades, obtidos nos lotes 1 e 2.

Tabela 8. Classificação dos valores das taxas de mortalidade obtidos nos lotes 1 e 2.

Classificação	Tratamento/ Lote	Valor
1	Sala 3 – Lote2	1,3
2	Sala 3 – Lote1 e Sala 1 – Lote1	1,4
3	Sala4 – Lote1	2,3
4	Sala4 – Lote2	2,7
5	Sala2 – Lote1	2,8
6	Sala1 – Lote1 e Sala2 – Lote2	4,0

Com exceção de S3, o segundo lote apresentou os maiores valores de taxa de mortalidade, conforme o esperado em virtude da diarreia. Este tratamento apresentou ainda as menores taxas de mortalidade nos dois lotes. O tratamento S4, foi o segundo melhor depois de S3.

Estes resultados podem, em parte, serem explicados pela localização geográfica das salas. Nas salas S1 e S2, há uma maior circulação de pessoas, em razão do fluxo estabelecido no projeto da granja. Assim, fica impossibilitada a utilização de um eficiente vazão sanitário, que proíbe o trânsito de pessoas, animais e objetos de qualquer espécie.

Uma conclusão relacionada aos resultados dos diferentes tratamentos será visualizada quando for apresentada a análise dos índices de eficiência energética, na qual será levada em consideração a quantidade de energia elétrica consumida para produzir a mesma quantidade do produto.

Conforme já citado anteriormente, a gerência da granja decidiu, por problemas de logística, que o tratamento S2 contaria com maior densidade de animais durante o período do Lote 2, fato que prejudicou a comparação e análise dos dados produtivos. O segundo lote foi acometido por uma enfermidade que também contribuiu para que a comparação do

desempenho ficasse prejudicada. Provavelmente, se os animais da sala S2 não estivessem sob condições de conforto térmico, teriam seu desempenho mais prejudicado.

Desta forma, para que se concluísse a respeito da influência dos tratamentos sobre os dados produtivos, seriam necessárias mais repetições do experimento, porém, redistribuindo os tratamentos nas salas.

A dificuldade em controlar as alterações realizadas pelos funcionários da granja e a falta de liberdade para tomada de decisões prejudicaram os resultados.

4.2.2 Dados relativos à saúde do plantel

No lote 1, além do exame físico de rotina dos animais, que não apresentou manifestações clínicas significativas e que justificassem qualquer queda na produtividade, um teste escolhido para verificar a saúde do plantel foi o índice de tosse e espirro. Não foram registradas manifestações clínicas no lote 1 que justificassem queda de produtividade para qualquer uma das salas. Com relação aos índices de tosse e espirro, a tabela 9 mostra que, tanto para o lote 1, como para o lote 2, nenhum dos índices encontrados foi indicativo de pneumonia, rinite atrófica ou qualquer ou acometimento respiratório.

Tabela 9. Índices de tosse e espirro para os lotes 1 e 2.

Tratamento	S1		S2		S3		S4	
	Lote 1	Lote 2						
Índice de tosse (%)	1,36	1,29	1,05	0,60	0,66	0,80	1,8	1,17
Índice de espirro (%)	5,45	9,90	5,42	8,20	4,7	5,65	5,34	8,5

Os índices de tosse e espirro, para os dois lotes estudados, encontram-se abaixo do limite considerado como patológico, 10 e 15% respectivamente (SOBESTIANSKY et al., 1998; MORÉS et al., 1999; MORÉS et al., 2001).

O exame físico dos animais estudados no lote 2 indicou que estes apresentavam quadro de diarreia fétida, amarelada e pastosa e apatia. Houve um aumento da quantidade de refugos e aparente emagrecimento generalizado. Conforme já relatado, o quadro de diarreia

apresentado pelos animais pode ter sido responsável pela queda na produtividade, bem como pelo incremento na taxa de mortalidade.

Não foram registradas manifestações clínicas respiratórias no Lote 2 que justificassem queda de produtividade para qualquer uma das salas.

No entanto, a incidência de diarreia anteriormente relatada deve ser levada em consideração e, desta forma, o índice de tosse e espirro torna-se sem significado, uma vez que a saúde dos animais foi comprometida. Ou seja, embora a saúde respiratória dos animais esteja em boas condições, este fato não é indicativo de que toda a saúde do plantel esteja em boas condições.

O índice de tosse e espirro foi considerado, para estes experimentos, como sendo indicativo da saúde do rebanho por ser um procedimento de baixo custo, não invasivo e pelo fato de que as doenças respiratórias têm alta incidência no plantel brasileiro. O animal pode ser um portador assintomático da doença, ou mesmo um portador crônico, no qual aparecem os sinais clínicos quando este tem, por alguma razão, sua condição imunológica desafiada. Enquanto não desafiado, o animal convive com a doença sem grandes prejuízos ao seu desempenho produtivo. Assim, qualquer enfermidade à qual o animal for exposto, ou qualquer outra razão que faça com que a situação imunológica normal do animal seja reduzida, há grande probabilidade deste manifestar clinicamente as doenças respiratórias que provavelmente possua. Assim, sabe-se que o animal está tendo sua saúde abalada.

No caso do lote 2, o índice de tosse e espirro não foi representativo, pois apesar de os animais apresentarem outros acometimentos, as manifestações respiratórias não incidiram, fugindo da regra. No entanto, o quadro apresentado pelo exame físico foi bastante representativo de doença digestiva clínica, fato que nos permite afirmar que houve comprometimento à higidez dos animais.

A utilização de medicamentos aumentou, pois até o início deste episódio de diarreia não se utilizava medicamento preventivo e nem curativo para a fase em estudo.

4.2.3 Análise estatística das variáveis climáticas

As variáveis climáticas e índices pertinentes (temperatura de bulbo seco, umidade relativa do ar, entalpia e índice de temperatura e umidade) adquiridos foram analisados através da Análise de Variância e Teste de Tukey.

As salas, a hora e as semanas foram consideradas como fatores e as variáveis e índices foram considerados as respostas. Realizaram-se todas as interações possíveis entre semana, sala e hora para perceber a variação da temperatura durante o experimento.

Apenas para o lote 2, as médias de temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar foram comparadas entre si e com as médias do ambiente externo. A temperatura do ambiente externo foi adquirida apenas neste lote, em virtude da aquisição posterior do equipamento para esta finalidade.

Nas tabelas 10 e 11 estão expostas as médias dos dados adquiridos no decorrer dos dois lotes estudados. Os lotes são apresentados em separado para facilitar a visualização das análises. Os dados obtidos nos dois lotes não foram apresentados na mesma tabela, pois, para o lote 2, os dados dos tratamentos foram comparados aos dados do ambiente externo. Esta comparação não ocorreu para o primeiro lote.

Tabela 10. Média diária das variáveis climáticas durante o período experimental do lote 1.

Variáveis	Tratamentos			
	Sala 1	Sala 2	Sala 3	Sala 4
Temperatura Bulbo Seco (°C)	27,03 ^b	26,35 ^a	27,16 ^b	26,45 ^a
Umidade Relativa do Ar (%)	66,11 ^{ab}	66,93 ^b	65,74 ^a	71,37 ^c
ITU	81,842 ^b	81,249 ^a	81,927 ^b	81,765 ^b
Entalpia (kJ/kg de ar seco)	74,976 ^b	73,772 ^a	75,144 ^b	75,004 ^b

^{a,b,c} Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem ($p>0,05$) pelo Teste de Tukey.

Tabela 11. Média diária das variáveis climáticas durante o período experimental do lote 2.

Variáveis	Tratamentos				
	Ambiente externo	Sala 1	Sala 2	Sala 3	Sala 4
Temperatura Bulbo Seco (°C)	23,134 ^a	27,424 ^d	26,228 ^b	29,351 ^e	26,797 ^c
Umidade Relativa do Ar (%)	67,380 ^d	53,965 ^b	53,399 ^b	51,964 ^a	55,051 ^c
ITU	77,477 ^a	80,767 ^d	79,477 ^b	82,447 ^c	80,291 ^c
Entalpia (kJ/kg de ar seco)	63,985 ^a	69,195 ^d	66,922 ^b	75,888 ^c	68,419 ^c

^{a,b,c,d,e} Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem ($p>0,05$) pelo Teste de Tukey.

Na tabela 12 estão apresentadas as médias de temperatura e umidade adquiridas nas salas e comparadas ao ambiente externo.

Tabela 12. Médias de temperatura e umidade adquiridas nas salas e no ambiente externo.

	Temperatura	Umidade	Diferença do ambiente externo	
			Temperatura	Umidade
Ambiente externo	23,1347	67,3808	0	0
Sala 2	26,2282	53,3997	3,0935	-13,9811
Sala 4	26,7971	55,051	3,6624	-12,3298
Sala 1	27,4247	53,9656	4,29	-13,4152
Sala 3	29,3519	51,9645	6,2172	-15,4163

Para o lote 1, na análise da temperatura, o Teste de Tukey mostrou que as temperaturas das salas 2 e 4 foram estatisticamente iguais e mais baixas que as das salas 1 e 3. As salas 1 e 3 também foram estatisticamente iguais. A sala S2 apresentou a temperatura mais baixa seguida pelas salas 4, 1 e 3. Todas as salas apresentaram valores de temperatura média acima de 26°C e, portanto, acima da zona de conforto térmico considerada pela literatura (22°C) (SILVA et al., 1999; ESMAY, 1982). Também apresentaram médias superiores à temperatura recomendada para suínos em crescimento e terminação da genética utilizada (25°C). Nenhum dos tratamentos atendeu a exigência de conforto térmico da genética utilizada, durante o .lote 1, no que se refere à temperatura de bulbo seco. Ou seja, as médias de temperatura obtidas foram maiores que a máxima suportada pelos animais (25°C).

No que se refere às médias das temperaturas obtidas no lote 2, todas as salas foram estatisticamente diferentes entre si e diferentes do ambiente externo. O ambiente externo apresentou média de temperaturas adquiridas menor que no interior das salas. Este resultado era esperado, em razão da grande concentração de animais no interior das salas. O valor da média de temperatura do ambiente externo (23,13°C) foi o mais próximo da zona de conforto térmico encontrado na literatura considerada para suínos em crescimento e terminação (22°C) e dentro da recomendação para a linhagem estudada (25 C).

A sala S2 apresentou a menor média de temperatura, idem ao ocorrido no primeiro lote, embora ainda superior à zona de conforto térmico da linhagem. Foi a média mais próxima do ambiente externo. A sala S4 foi a segunda melhor com relação à temperatura, seguida pela sala S1. A sala que possibilitou maior média de temperatura foi S3, bem como ocorrido durante o primeiro lote. Apresentou uma diferença de temperatura de + 6,22°C, quando comparada ao ambiente externo e de +3,12°C quando comparada à sala S2 conforme exposto na tabela 12.

Novamente, também no transcorrer do segundo lote, todas as salas apresentaram médias de temperatura superiores à recomendada por ESMAY (1979) e SILVA et al (2000) (22°C) para suínos em crescimento e terminação e superiores à recomendada pela genética utilizada (25°C).

Com relação à umidade relativa do ar no lote 1, a sala 4 apresentou o maior valor, bem como para o lote 2. As salas não foram estatisticamente diferentes entre si. No entanto, apenas a sala 4 apresentou média de umidade acima do recomendado (70%). Para as demais salas, encontraram-se valores dentro do recomendado para a espécie e categoria em questão.

Com relação à umidade relativa do ar no lote 2, nenhuma das salas apresentou média adequada ao conforto animal (70 a 80%). No entanto, a média da umidade relativa do ar no ambiente externo também foi inferior a 70%. Obteve-se para o ambiente externo, o valor médio de 67,38%. Exceção feita à comparação entre as salas S1 e S2, que não apresentaram diferenças entre si, todas as outras salas apresentaram diferenças estatísticas com relação à este parâmetro, diferente do que ocorreu na análise do primeiro lote. A sala S4 apresentou uma média mais próxima da considerada dentro da faixa de conforto para os animais, embora ainda longe da situação ideal. O valor médio para este tratamento foi de 55,05%. A sala S4 foi seguida pelas salas S1 e S2 que, conforme mencionado anteriormente, foram estatisticamente iguais. A pior média de umidade relativa do ar foi apresentada pela sala 3 (51,96%). Repetindo o ocorrido no lote 1, este tratamento apresentou a menor média com relação a este parâmetro.

Durante o lote 1, a sala S2 também apresentou melhores resultados da Entalpia, ou seja, apresentou menor média dos valores de entalpia e foi estatisticamente diferente de S1, S3 e S4. Estes três últimos tratamentos não diferiram entre si com relação a este parâmetro climático.

Ainda com relação à entalpia neste lote, é importante notar que todos os tratamentos obtiveram médias maiores que as recomendadas pela literatura para os suínos em crescimento. MOURA (1999) recomenda que a entalpia para esta fase situa-se entre 60,44 e 68,61 kJ/kg de ar seco. No entanto, o autor considera que a faixa de temperatura ideal para esta fase é de 18 a 21°C, inferior à considerada para a genética utilizada (18 a 25°C). No caso da genética AGROCERES-PIC, considerando 25°C, a entalpia máxima recomendada para os valores de umidade relativa de 50, 60 e 70% é de 67,48, 69,65 e 71,82 kJ/kg ar seco, respectivamente. Mesmo assim, as médias encontradas continuam superiores ao recomendado.

O teste de médias para análise da entalpia no lote 2 também foi realizado para comparação entre as salas e com o ambiente externo. O ambiente externo apresentou menor e, portanto, melhor valor de entalpia. Todas as salas foram diferentes entre si e com o ambiente externo. A sala S2 apresentou, como no primeiro lote, o melhor resultado com relação a este parâmetro climático, seguida pela sala S4 e S1. A sala S3, novamente, apresentou a pior (maior) média.

Ao considerar a entalpia recomendada pela literatura (MOURA, 1999), as salas S1 e S3 encontram-se acima do ideal para a fase considerada. Para os animais da genética em questão, a sala S1 também apresenta um valor superior ao máximo recomendado, pois a umidade média da sala é próxima a 50%. Assim, o valor deveria estar próximo a 67,48 kJ/kg de ar seco. A sala S2 encontra-se dentro do limite máximo recomendado.

Foi calculado o índice de conforto térmico (ITU) para cada sala. Para os dois lotes considerados, a sala S2 apresentou os melhores Índices de Temperatura e Umidade. No lote 1, o valor de ITU para S2 foi estatisticamente diferente das salas S1, S3 e S4 que foram estatisticamente iguais entre si.

Mesmo com S2 apresentando o melhor desempenho com relação à ITU, todos os valores adquiridos durante o período de experimento do lote 1 foram superiores aos considerados como seguros para o conforto do animal. As tabelas 13 e 14 mostram como foram distribuídos os valores de ITU ao longo dos lotes. No lote 2, quando o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) foi calculado para as salas e para o ambiente externo, a análise estatística mostra que todos os tratamentos foram diferentes estatisticamente do ambiente externo e entre si. As médias de ITU encontradas nos diferentes tratamentos foram apresentadas anteriormente nas tabelas 10 e 11.

Tabela 13. Frequência, em porcentagem, dos valores de ITU nas salas durante o período de experimento do lote 1.

	CONDIÇÃO DO AMBIENTE			
	Seguro (até 70)	Crítico (71 a 78)	Perigo (79 a 83)	Emergência (acima 83)
Sala 1	0%	3,2%	66,3%	30,6%
Sala 2	0%	6,8%	67,8%	25,4%
Sala 3	0%	3,2%	65,3%	31,5%
Sala 4	0%	3,5%	65,4%	31,1%

Quando se realiza a comparação entre a frequência dos valores de ITU ocorridos nas salas durante o período de experimento do lote 1, percebe-se que nenhuma das salas atingiu a condição de ambiente seguro em qualquer momento do experimento. A sala S2 apresentou maior frequência de valores que se encontram dentro da zona crítica do ambiente e também apresentou menor frequência de valores que se encontram na zona considerada como de emergência para o conforto do animal, tanto para o lote 1 como para o lote 2.

Tabela 14. Frequência, em porcentagem, dos valores de ITU nas salas durante o período de experimento do Lote 2.

	CONDIÇÃO DO AMBIENTE			
	Seguro (até 70)	Crítico (71 a 78)	Perigo (79 a 83)	Emergência (acima 83)
Ambiente externo	4,9%	54,2%	29,7%	11,3%
Sala 1	0,0%	24,0%	46,9%	29,1
Sala 2	0,1%	31,8%	51,9%	16,1%
Sala 3	0,0%	9,6%	43,4%	47,0%
Sala 4	0,0%	23,2%	53,1%	23,7%

Durante o período no qual transcorreu o lote 2, ambiente externo apresentou-se, na maioria do tempo, como um ambiente seguro para os animais. No entanto, no interior das instalações praticamente não se encontrou ambiente seguro durante o experimento.

Nenhum dos tratamentos atendeu plenamente a exigência de conforto térmico da genética utilizada. Porém S2, apresentou valores mais próximos nos dois lotes.

Os resultados sugerem que, na situação em questão, a utilização de equipamentos de climatização com manutenção periódica pode ser mais vantajosa com relação ao microclima da instalação que uma edificação construtivamente correta. A utilização de equipamentos sem manutenção foi menos vantajosa para o microclima da instalação que a utilização de uma edificação construtivamente correta.

Para o tratamento testemunha, que contava com um ventilador antigo, o acréscimo de um ventilador em bom estado foi suficiente para melhorar significativamente as condições climáticas da instalação.

Para correlacionar os dados climáticos do ambiente interno de cada uma das salas com o ambiente externo, foi realizada a análise de regressão linear. A tabela 15 apresenta os resultados da análise.

Tabela 15. Correlação entre o ambiente externo e os tratamentos

Temperatura	Coefficiente de correlação	R²
S1	0,946012	89,4938
S2	0,943916	89,0977
S3	0,95884	91,9373
S4	0,970705	94,2267
Umidade		
S1	0,934522	87,3331
S2	0,929895	86,4704
S3	0,953353	90,8883
S4	0,957594	91,6986

A Análise de Correlação buscou avaliar se a alteração sofrida pela temperatura e umidade do ambiente externo era acompanhada pela modificação sofrida no ambiente interno de cada um dos tratamentos e qual a intensidade desta relação.

Com relação à temperatura e à umidade, a sala S4 apresentou o maior coeficiente de correlação com o ambiente externo. A sala S3 foi a segunda maior correlação, seguida da sala S1. A sala S2 apresentou o pior coeficiente de correlação.

Este resultado já era esperado, pois a sala S4 não conta com nenhum equipamento de climatização. Desta forma, o microclima deve ser mais próximo ao macroclima que salas que

contam com sistemas de climatização. A altura do pé-direito e o material utilizado para cobertura da instalação contribuíram com a semelhança entre o ambiente interno e externo. A sala S3, apesar de ter apresentado o pior resultado de todas as salas com relação ao conforto térmico, apresentou a segunda melhor correlação, pois não possui um sistema de climatização tão eficiente quanto as salas S1 e S2. Por ser mais eficiente que a sala S1 e que as demais, a sala S2 apresentou a pior correlação com o ambiente externo.

Esta análise pode ser interessante para o desenvolvimento de um sistema de controle que, de acordo com a temperatura externa, acione os equipamentos de climatização encontrados no interior do galpão. Neste caso, a análise foi feita para as salas por um aspecto construtivo. Este acionamento, no caso do galpão, seria realizado de acordo com a necessidade que o sensor indicasse para todo ele.

4.2.4 Variáveis elétricas

4.2.4.1 Demanda máxima registrada por dia

Os valores de demanda foram considerados para motores em regime permanente.

Nas figuras 21 e 22, estão representados graficamente os dados de demanda, tanto dos ventiladores novos quanto dos antigos, para os dois lotes estudados. Estes equipamentos são acionados automaticamente pelo controlador o qual está programado para ativá-los quando a temperatura interna do galpão ultrapassar 25°C.

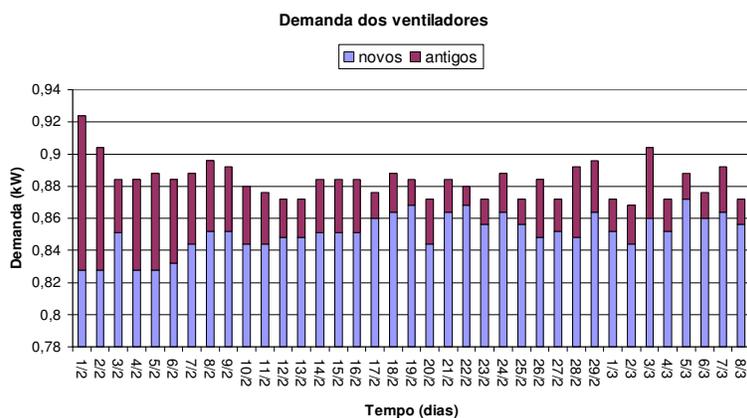


Figura 21. Demanda máxima registrada por dia para os ventiladores acionados automaticamente - salas S1 e S2 – lote 1.

Figura 22. Demanda máxima registrada por dia dos ventiladores acionados automaticamente - salas S1 e S2 – Lote 2.

Através da figura 21, pode-se verificar uma maior exigência de demanda, no lote 1, por parte dos ventiladores antigos em relação aos ventiladores novos. Isto se dá em virtude da falta de manutenção dos equipamentos (limpeza e lubrificação de rolamentos). Logo, estes fatores fazem com que os ventiladores antigos possuam maior demanda para compensar, por exemplo, o engripamento de rolamentos devido à falta de graxa. Ainda, podem ocorrer eventuais danos causados pelo acúmulo de poeira nas bobinas do motor, como o aquecimento.

Durante o lote 2, houve maior exigência de demanda por parte dos ventiladores antigos em relação aos ventiladores novos no início do experimento. Nos últimos dias, conforme exposto pela figura 22, esta tendência foi modificada. Provavelmente, isto se deu em virtude da falta de manutenção dos equipamentos da sala S2. Desta forma, percebe-se que os ventiladores da sala S2 passaram a sofrer com a falta de manutenção.

Nas figuras 23 e 24, pode-se observar a demanda da bomba de 1 (cv), a qual também é acionada automaticamente e foi adquirida para o experimento. O seu acionamento se dá em função da temperatura ($> 27^{\circ}\text{C}$) e da umidade relativa ($< 85\%$).

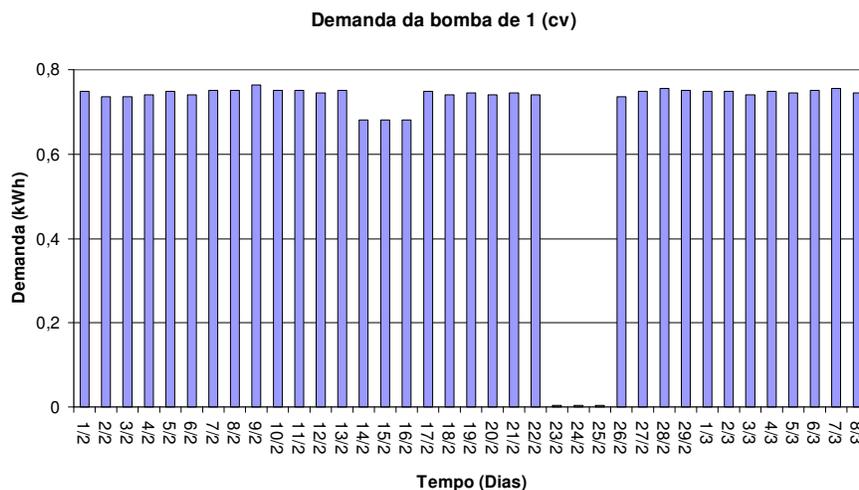


Figura 23. Demanda máxima registrada por dia para a bomba de 1 (cv) acionada automaticamente - salas 1 e 2 juntas – lote 1.

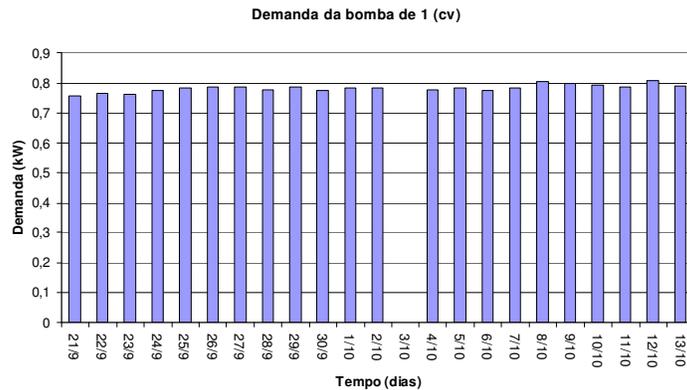


Figura 24. Demanda máxima registrada por dia para a bomba de 1 (cv) acionada automaticamente - salas 1 e 2 juntas – Lote 2.

Os gráficos apresentados anteriormente, referentes à bomba de 1 cv, não são representativos do consumo de nebulização para os tratamentos com acionamento automático dos equipamentos e nem podem ser comparados aos gráficos da bomba de 3 (cv) por serem motores diferentes. Foram apresentados apenas para ilustração.

Para chegar aos valores de nebulização por sala, dividiu-se a demanda total registrada para a bomba de 1 cv por dois, que era o número de salas atendidas por esta bomba. As figuras 24 e 25 representam a demanda de nebulização para uma das salas, nas quais foi utilizado o acionamento automático.

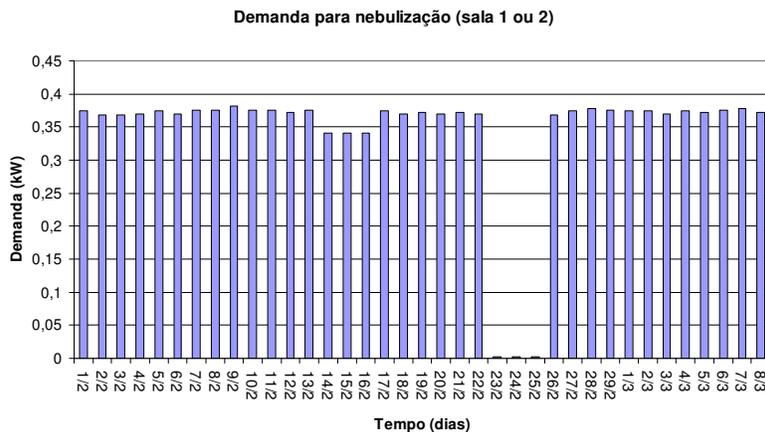


Figura 25. Demanda máxima registrada por dia para a bomba de 1 (cv) acionada automaticamente para uma sala (S1 ou S2) – lote 1.

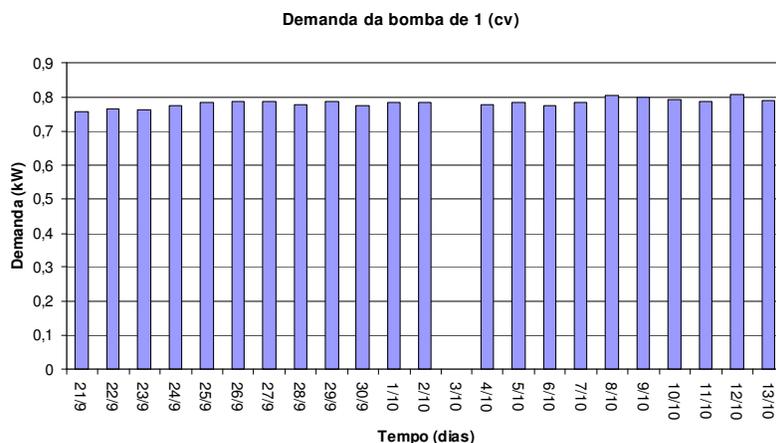


Figura 26. Demanda máxima registrada por dia para a bomba de 1 (cv) acionada automaticamente para uma sala (S1 ou S2) – Lote 2.

Na figura 25, percebe-se que no período de 23 a 25 de fevereiro, as temperaturas não foram suficientes para acionar automaticamente o sistema de nebulização, ou seja, não houve temperaturas superiores a 27°C. Desta forma, não houve demanda registrada no período em questão. A mesma situação ocorre durante o dia 3 de outubro, apresentado na figura 26. Desta forma, não houve demanda registrada nos dias em questão.

Abaixo, estão os gráficos dos equipamentos acionados manualmente, localizados na sala S3. Neste tratamento, o funcionário ligava ou desligava os sistemas de climatização de acordo com sua percepção, pois não utilizava nenhum medidor como auxílio para sua tomada de decisão.

As figuras 27 e 28 apresentam os valores demanda do ventilador da sala S3.

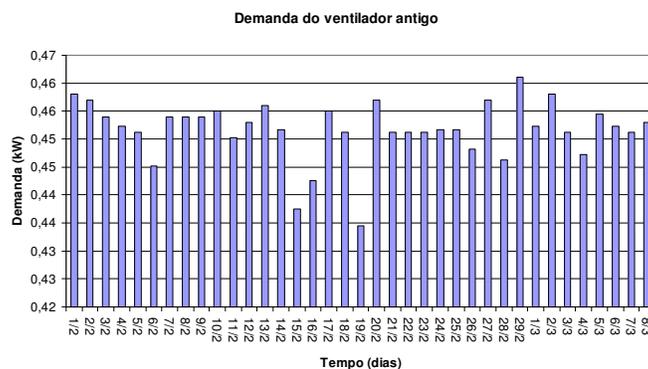


Figura 27. Demanda máxima registrada por dia para o ventilador antigo acionado manualmente – sala S3 – lote 1.

Figura 28. Demanda máxima registrada por dia para o ventilador antigo acionado manualmente – sala S3 – Lote 2.

Para efeito de simulação, se o tratamento sala S3 contasse com dois ventiladores, com relação à demanda registrada, ter-se-ia a seguinte situação, apresentada na tabela 16. Esta simulação é importante para se comparar o acionamento manual e o acionamento automático. Assim, pode-se utilizar a sala S1 (dois ventiladores antigos) para a análise. Pois os equipamentos utilizados têm a mesma idade e, portanto, foram submetidos às mesmas condições.

Tabela 16. Comparação da demanda da situação simulada da sala 3 com a sala 1.

		Simulação com 2 ventiladores para sala S3	Sala S1
Demanda média total registrada no período do experimento (kW)	Lote 1	30,73	32,70
	Lote 2	20,05	20,27

É importante ressaltar que, mesmo que a sala 1 tenha registrado, para o período do lote 1, uma demanda maior, procurou-se neste tratamento oferecer as condições necessárias para o bem-estar animal. Não é possível que se obtenha respostas mais conclusivas com esta comparação por não se ter a resposta dos animais na simulação, ou seja, os resultados de desempenho do plantel. Lembra-se, neste momento, que o lote 2 teve menor duração.

Após algum tempo de uso (lote 2) percebe-se que se a sala S3 possuísse 2 ventiladores, a demanda média total registrada no período do experimento não seria muito diferente. Desta forma, com a utilização do controlador de acionamento dos equipamentos estaríamos otimizando a utilização dos ventiladores, melhorando as condições de conforto dos animais, sem aumentar a soma das médias diárias de demanda.

Com relação ao sistema de nebulização, verificou-se que a demanda exigida pela bomba de 3 cv era menor que a de 1cv. Este fato ocorreu em função da bomba de 3 cv ser utilizada, originalmente na propriedade, para seis salas. No entanto, devido à instalação de uma nova bomba de 1 cv para duas das seis salas (que contam com o acionamento automático), a bomba antiga passou a ser utilizada apenas em 4 salas. Portanto, regulou-se o registro para que o mesmo diminuísse a pressão na tubulação. Não se tem controle sobre a regulação desta pressão, que é realizada pelos funcionários da granja. Assim, aparentemente, a regulação é desprovida de critérios. Em virtude do apresentado, a comparação entre as bombas fica prejudicada.

As figuras 29 e 30 apresentam a demanda total da bomba de 3 cv que atende a sala S3 e mais 3 salas.

Figura 29. Demanda total máxima registrada por dia para a bomba de 3 (cv) acionada manualmente – lote 1

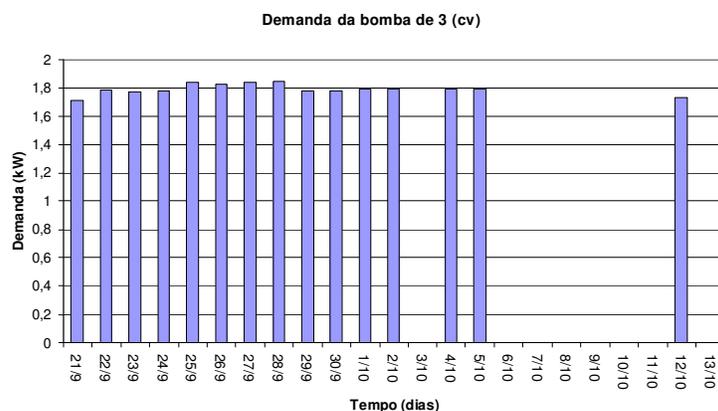


Figura 30. Demanda total máxima registrada por dia para a bomba de 3 (cv) acionada manualmente – Lote 2.

Só é possível realizar alguma comparação entre as bombas, se a demanda total da bomba de 3 cv, que atende a 4 salas, for dividida por 4 e a bomba de 1 cv, que atende a 2 salas, for dividida por 2 (dois). Desta forma, comparar-se-á apenas a demanda de nebulização para cada sala. Mesmo assim, a comparação é prejudicada em virtude da alteração da pressão da bomba, conforme anteriormente exposto. Assim, para chegar aos valores de nebulização apenas para a sala S3, dividiu-se a demanda total registrada para a bomba de 3 cv por 4 (quatro), que era o número de salas atendidas por esta bomba.

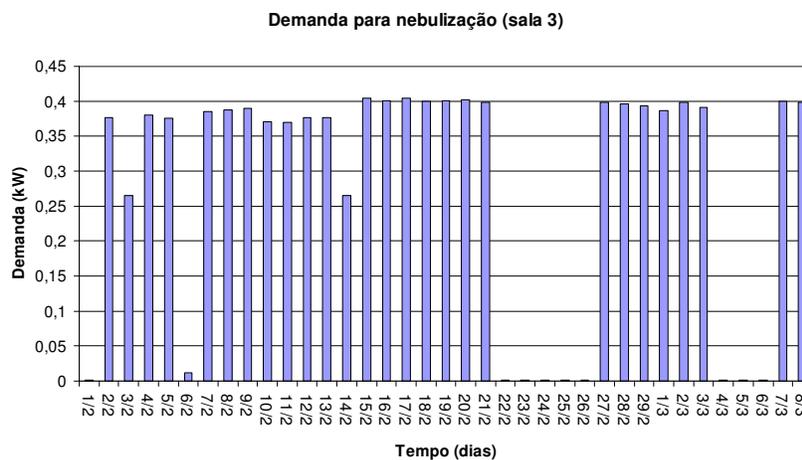


Figura 31. Demanda máxima registrada por dia para a bomba de 3 (cv) acionada manualmente para a sala S3 –lote 1.

Figura 32. Demanda máxima registrada por dia para a bomba de 3 (cv) acionada manualmente para a sala S3 – Lote 2.

Verificam-se nos gráficos 31 e 32, períodos nos quais, embora tenha sido necessário, o acionamento da bomba, pois as temperaturas ambientais atingiram valores maiores de 27°C, não ocorreu, em virtude da não ligação pelos funcionários.

Para o segundo lote, o único dia em que os valores de temperatura permaneceram abaixo de 27°C foi o dia 3 de outubro.

4.2.4.2 Consumo diário dos equipamentos

As figuras 33 e 34 apresentam graficamente a comparação do consumo dos ventiladores novos e dos antigos para os dois lotes estudados.

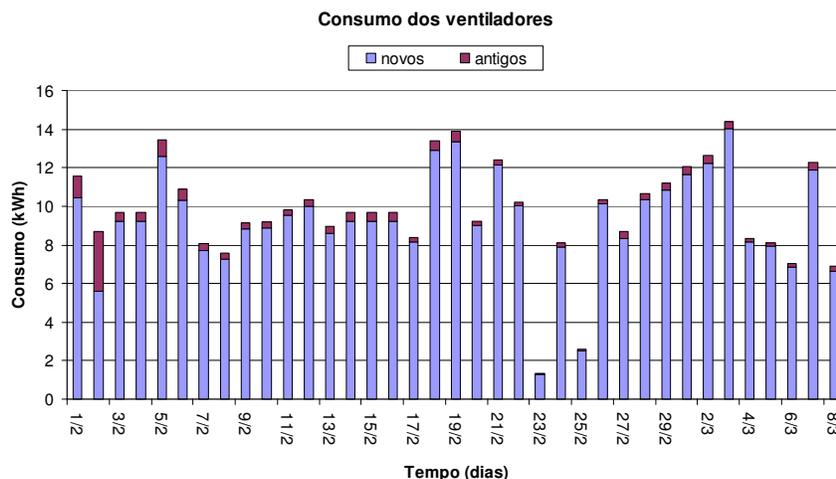


Figura 33. Consumo diário dos ventiladores acionados automaticamente – salas 1 e 2 – lote 1.

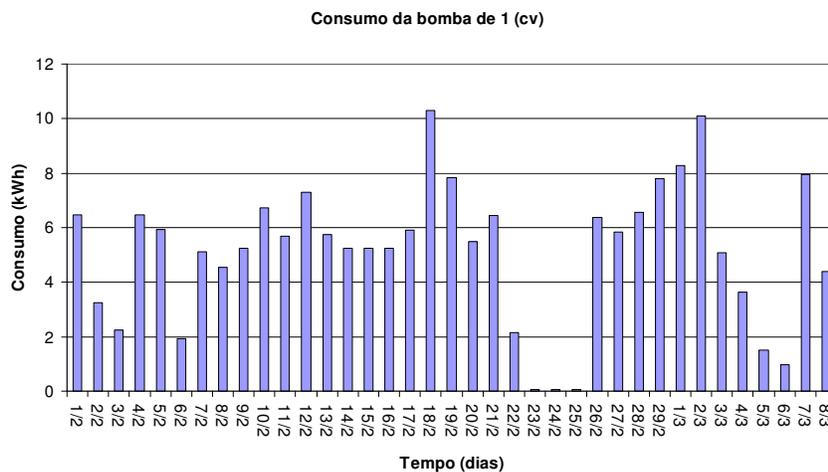
Figura 34. Consumo diário dos ventiladores acionados automaticamente - salas S1 e S2 – Lote 2.

Pode-se verificar, nas figuras 33 e 34, que, no período do lote 1, os ventiladores antigos possuem um consumo maior em relação aos novos, provavelmente, por não haver manutenção nos equipamentos. Este fato implica em maior custo de produção.

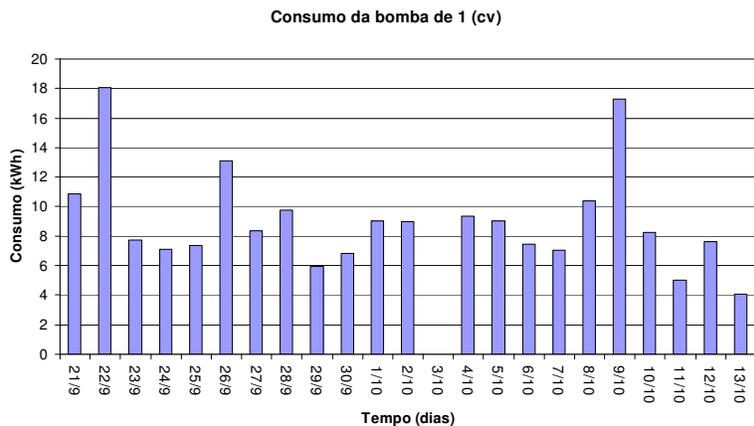
Já no segundo lote, houve maior consumo por parte dos ventiladores antigos em relação aos ventiladores novos no início do período. Nos últimos dias, esta tendência foi modificada e o consumo passou a ser muito próximo. Provavelmente, isto se deu em virtude da falta de manutenção dos equipamentos da sala S2. Desta forma, percebe-se que os

ventiladores da sala S2 passaram, provavelmente, a sofrer com a falta de manutenção, aumentando o seu consumo.

Nas figuras 35 e 36, têm-se os consumos da bomba acionada automaticamente.



**Figura 35. Consumo diário da bomba de 1 (cv) acionada automaticamente - salas S1 e S2
- Lote 1.**



**Figura 36. Consumo diário da bomba de 1 (cv) acionada automaticamente -salas S1 e S2
- Lote 2.**

O consumo total da bomba de 1 cv foi dividido por dois, para representar o consumo para nebulização em uma sala (S1 ou S2).

As figuras 29 e 30 mostram o consumo da nebulização para uma das salas, nos dois lotes.

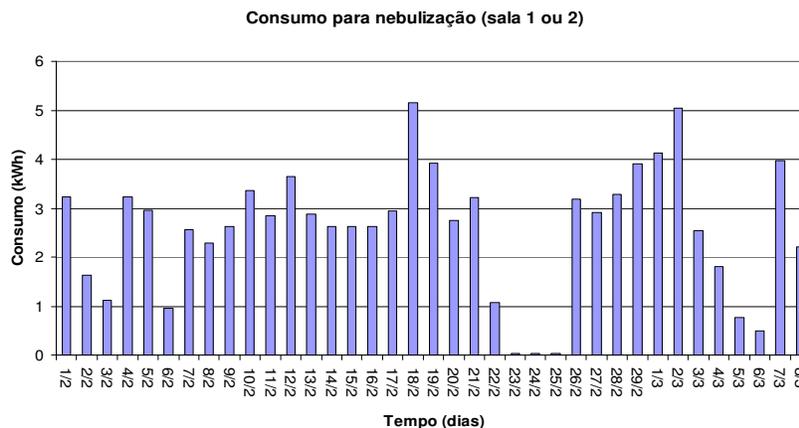


Figura 37. Consumo diário da bomba de 1 (cv) acionada automaticamente para uma sala (S1 ou S2) – Lote 1.

Figura 38. Consumo diário da bomba de 1 (cv) acionada automaticamente para uma sala (S1 ou S2) – Lote 2.

A figura 39 mostra o histórico de consumo do ventilador antigo da sala S3, acionado manualmente.

Figura 39. Consumo diário do ventilador acionado manualmente – sala 3 – lote 1.

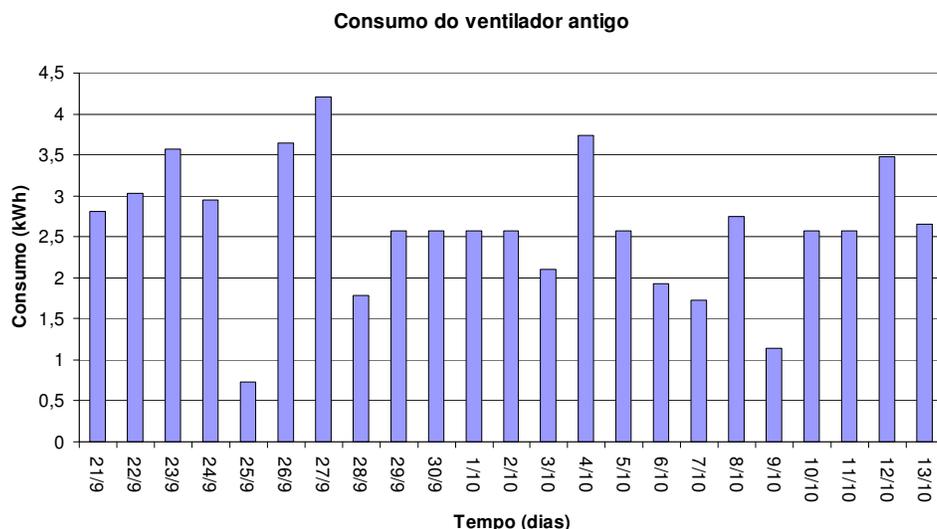


Figura 40. Consumo diário do ventilador antigo acionado manualmente - sala 3 – Lote 2.

Os ventiladores da sala S3 não foram comparados graficamente com as demais salas, uma vez que possui apenas 1 ventilador, desta forma o consumo dos ventiladores de S3 será menor. Esta comparação foi apenas realizada na análise estatística.

No entanto, para efeito de simulação, se o tratamento sala S3 contasse com dois ventiladores, com relação ao consumo registrado, ter-se-ia a seguinte situação, apresentada na tabela 17. Esta simulação é importante para se comparar o acionamento manual e o acionamento automático. Assim, pode-se utilizar a sala S1 (dois ventiladores antigos) para a análise. Pois os equipamentos utilizados têm a mesma idade e, portanto, foram submetidos às mesmas condições.

Tabela 17. Comparação do consumo da situação simulada da sala 3 com a sala 1.

		Simulação com 2 ventiladores para sala S3	Sala S1
Consumo total registrado no período do experimento (kWh)	Lote 1	280,35	358,40
	Lote 2	120,48	221,64

É importante ressaltar que, mesmo que a sala S1 tenha registrado para o período um valor de consumo maior (78kWh a mais no lote 1 e 101,16 kWh no lote 2), procurou-se neste

tratamento oferecer as condições necessárias para o bem-estar animal. Não é possível que se obtenha respostas mais conclusivas com esta comparação por não se ter a resposta dos animais nesta simulação, ou seja, os resultados de desempenho do plantel. Considerando ainda que, para este lote, a sala S3 na situação original já apresentou melhores índices zootécnicos quando comparado com a sala S1.

As figura 41 e 42 mostram o consumo da bomba de 3 cv.

As lacunas no gráfico são justificadas pelo não acionamento por parte dos funcionários. Especialmente durante o dia 3 de outubro, mostrado na figura 42, as temperaturas atingidas não foram suficientes para acionar automaticamente o sistema de nebulização, ou seja, não houve temperaturas superiores a 27°C. Desta forma, não houve consumo no dia em questão.

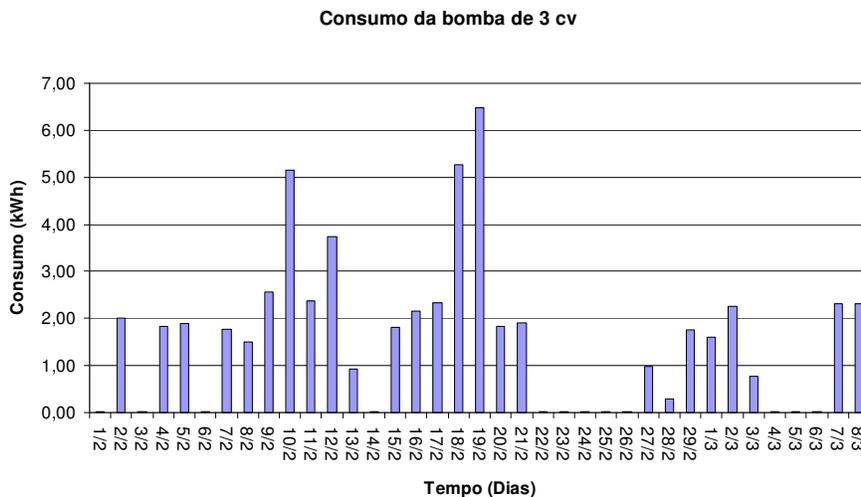


Figura 41. Consumo total diário da bomba de 3 (cv) acionada manualmente – sala 3 – lote 1

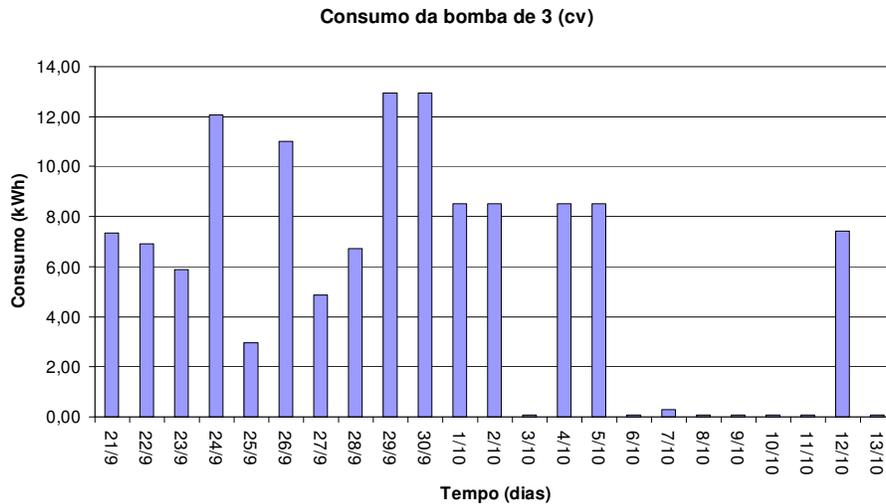


Figura 42. Consumo total diário da bomba de 3 (cv) acionada manualmente - sala 3 – Lote 2.

Não foi possível comparar o consumo das duas bombas (1 e 3 cv) porque os momentos nos quais elas eram acionadas eram distintos. No entanto, o consumo do período total foi maior para a nebulização nas salas que contavam com acionamento automático dos equipamentos e que eram atendidas pela bomba de 1cv. A bomba das salas S1 e S2 consumiu 94,57 kWh para o lote 1 e de 99,34 kWh para o lote 2. O consumo da sala 3 foi de 46,60 kWh para o período do lote 1 e de 31,43 kWh para o lote 2.

As figuras 43 e 44 apresentam o consumo diário de nebulização para sala 3.

Figura 43. Consumo diário de nebulização para sala 3 – lote 1.

Figura 44. Consumo diário para nebulização da sala 3 – Lote 2.

As figuras 45 e 46 mostram o consumo total por sala durante o período de permanência do lote.

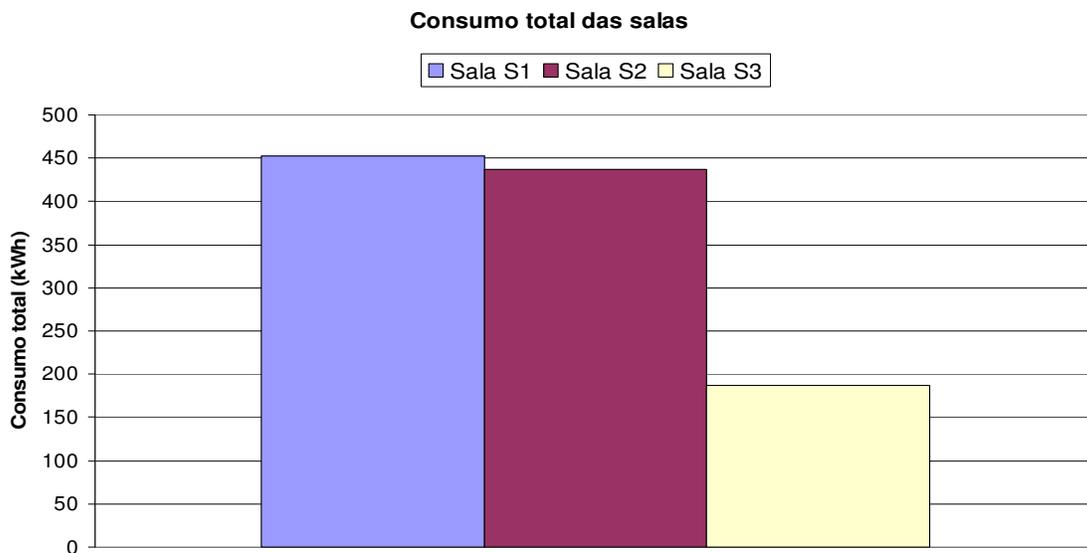


Figura 45. Comparação entre as salas climatizadas com relação ao consumo total de energia elétrica durante o lote 1.

Figura 46. Comparação entre as salas climatizadas com relação ao consumo total de energia elétrica durante o Lote 2.

Verifica-se um consumo maior dos equipamentos acionados automaticamente. Isto se deve ao fato dos mesmos funcionarem por um intervalo de tempo maior, já que estão acoplados a sensores que possuem maior precisão em relação a faixa de conforto térmico na qual os animais devem permanecer, para adquirirem alta produtividade.

Quando comparadas as salas S1 e S2, percebe-se que S2 teve um menor consumo de energia. Esta diferença foi de, aproximadamente, 16 kWh para o período do lote 1 e 5,30 kWh, mostrando que os equipamentos novos consomem menos energia elétrica. A explicação deste fato deve-se, provavelmente a duas razões. A primeira razão seria pelo fato de que o Lote 1 teve maior duração que o Lote 2; a segunda, por não ter havido manutenção dos equipamentos para o Lote 2. Assim, a economia proporcionada por um equipamento com manutenção periódica foi reduzida.

A análise estatística foi realizada para os dados de consumo dos ventiladores, uma vez que, a bomba para nebulização de S3 (bomba de 3cv) estava funcionando com pressão

reduzida. Lembrando que o manejo da pressão desta bomba ficou a critério dos funcionários da granja, razão pela qual não se possuía controle sobre ela. Desta forma, comparando o consumo apenas de equipamentos (ventiladores) em condições diferentes, porém, sob controle.

Na análise de variância e Teste de Tukey, as salas, a hora e as semanas foram consideradas como fator. O consumo de energia elétrica foi considerado como resposta.

Estas análises foram realizadas apenas para o consumo de energia elétrica, pois esta variável pode ser considerada como um diferencial importante para as salas, uma vez que implica diretamente nos custos dos tratamentos. A sala S4 não foi analisada quanto ao consumo e demais variáveis elétricas por ser desprovida de qualquer equipamento para climatização e, portanto, não consumir energia elétrica.

O consumo foi diferente estatisticamente apenas na sala 3. Este tratamento apresentou menor consumo nos dois lotes, resultados que eram esperados, uma vez que o tratamento S3 possui apenas um ventilador e S1 e S2 possuem dois ventiladores. S1 e S2 não apresentaram diferença estatística entre si.

Vale ressaltar que a economia da sala S3 para o lote 1, com relação ao consumo de energia elétrica da sala de maior consumo (S1), ao ser calculada em reais, apresentou-se em torno de R\$ 42,60, quando considerado o período de 1 mês, com o valor do kWh de R\$ 0,16, vigente no período do experimento para consumidor rural, tarifa A4. Para o lote 2, a economia apresentou-se em torno de R\$ 59,82, quando considerado o período de 1 mês, com o valor do kWh de R\$ 0,20, vigente para o mês de novembro de 2004. A tabela 18 mostra o valor monetário empregado no sistema de climatização para cada um dos tratamentos no período de 1 mês.

Tabela 18. Valor monetário empregado no sistema de climatização para cada um dos tratamentos no período de 1 mês.

	Sala 1		Sala 2		Sala 3	
	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2
Valor (R\$)*	72,47*	83,73	69,90*	82,35	29,20*	23,91
Economia com relação à sala 1	0	0	2,56	1,38	42,60	59,82

*Considerando R\$ 0,16 o valor do kWh durante o período do lote

**Considerando R\$ 0,20 o valor do kWh no mês de novembro de 2004.

4.2.4.3 Fator de potência

Nas figuras 47 e 48, apresentam-se graficamente os valores de fator de potência médio dos ventiladores acionados automaticamente, para os dois lotes. Pode-se observar que os ventiladores novos possuem valores maiores de fator de potência, o que implica em um menor consumo de energia.

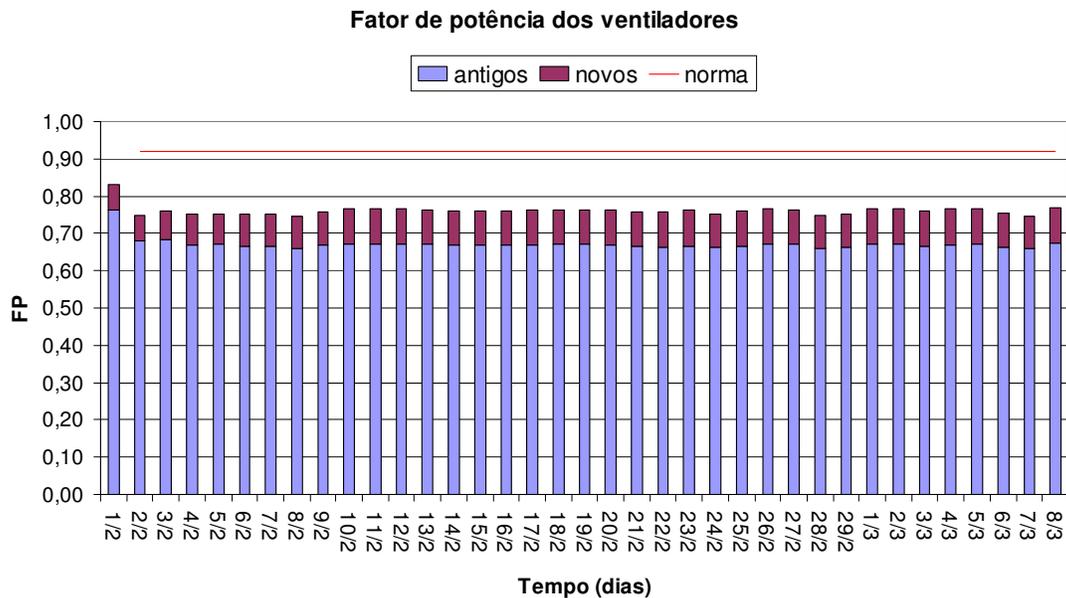


Figura 47. Fator de potência dos ventiladores acionados automaticamente - salas S1 e S2 – lote 1.

Figura 48. Fator de potência dos ventiladores acionados automaticamente - salas S1 e S2 - Lote 2.

De acordo com a portaria 1569 de 23 de dezembro de 1993 do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE, 1993) o fator de potência mínimo exigido para instalações elétricas das unidades consumidoras é de 0,92. Em nenhum dos ventiladores foi encontrada esta condição. A linha vermelha no gráfico indica a exigência desta legislação.

Com relação ao fator de potência da bomba de 1 (cv), as figuras 49 e 50, verifica-se que existe problema com o fator de potência, que é baixo.

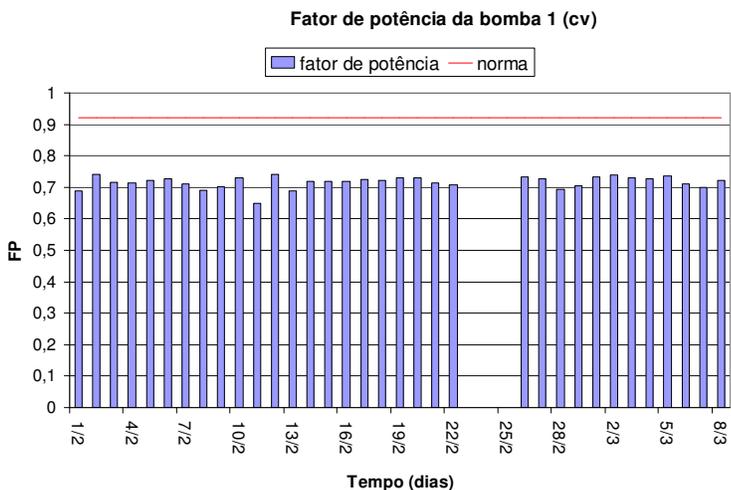


Figura 49. Fator de potência da bomba acionada automaticamente- salas S1 e S2 -Lote 1.

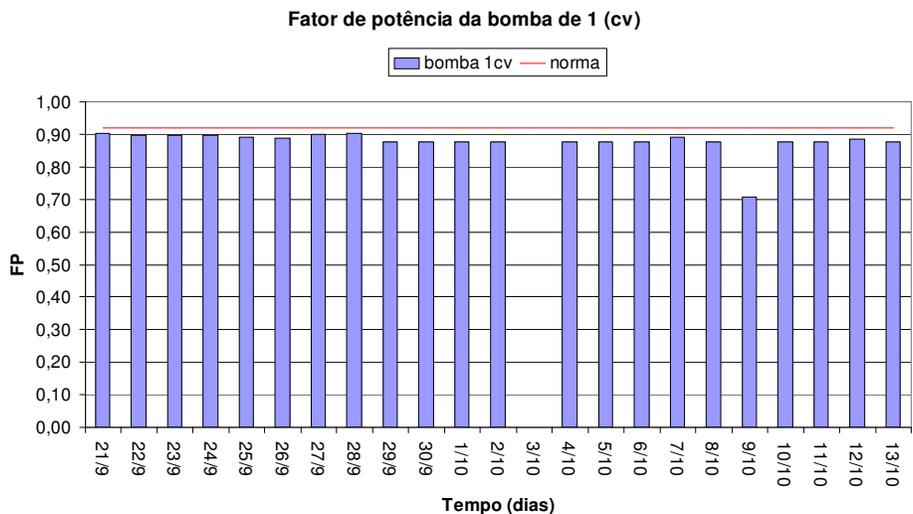


Figura 50. Fator de potência da bomba acionada automaticamente- salas S1 e S2- Lote 2.

Nota-se que o fator de potência para a bomba de 1cv no lote 2 é próximo do valor exigido pela norma e melhor que o registrado no lote anterior.

Uma explicação plausível seria a falha de manejo com relação à limpeza dos bicos da linha de nebulização. Em virtude do entupimento dos bicos, o motor trabalhou com maior pressão na linha e, portanto, não trabalhou subcarregado. Ou seja, se o motor elétrico trabalha fora de sua especificação nominal, seu fator de potência diminui bastante; ocorrendo o inverso na condição nominal.

Os ventiladores antigos, tanto os acionados automaticamente quanto os manualmente, apresentaram fator de potência muito próximos.

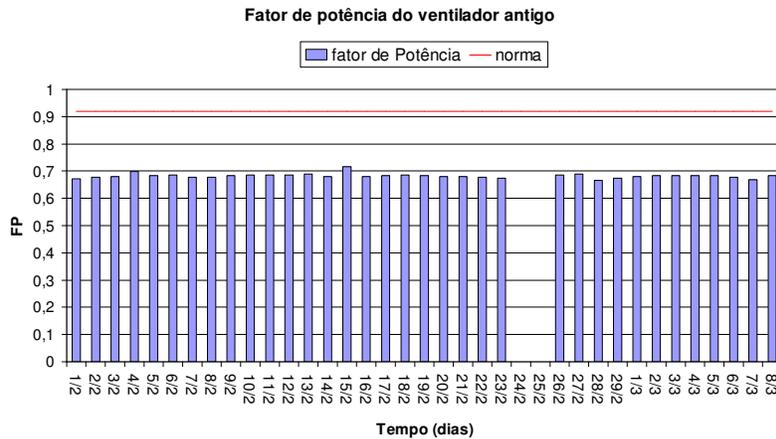


Figura 51. Fator de potência dos ventiladores acionados manualmente – sala S3 –lote 1.

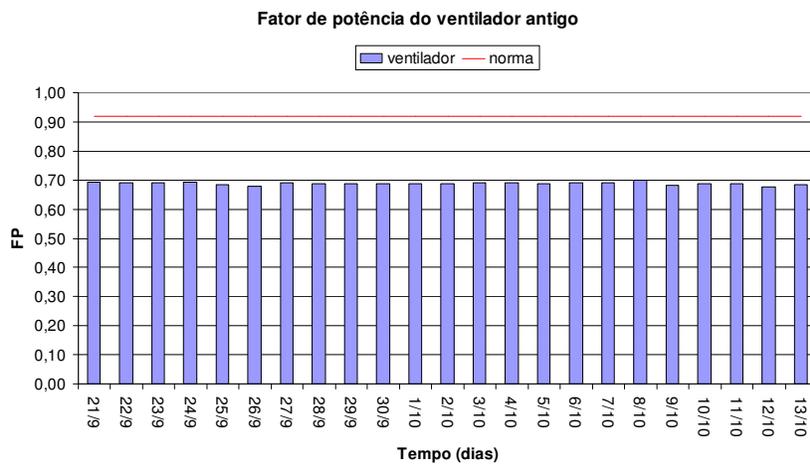


Figura 52. Fator de potência dos ventiladores antigos acionado manualmente - sala S3 – Lote 2.

As figuras 53 e 54 apresentam o fator de potência registrado para a bomba de 3 (cv).

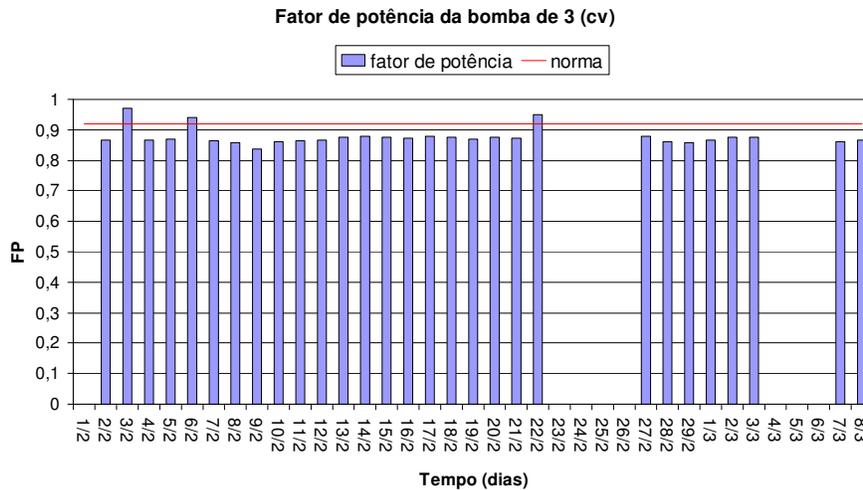


Figura 53. Fator de potência da bomba acionada manualmente – sala 3 – Lote 1.

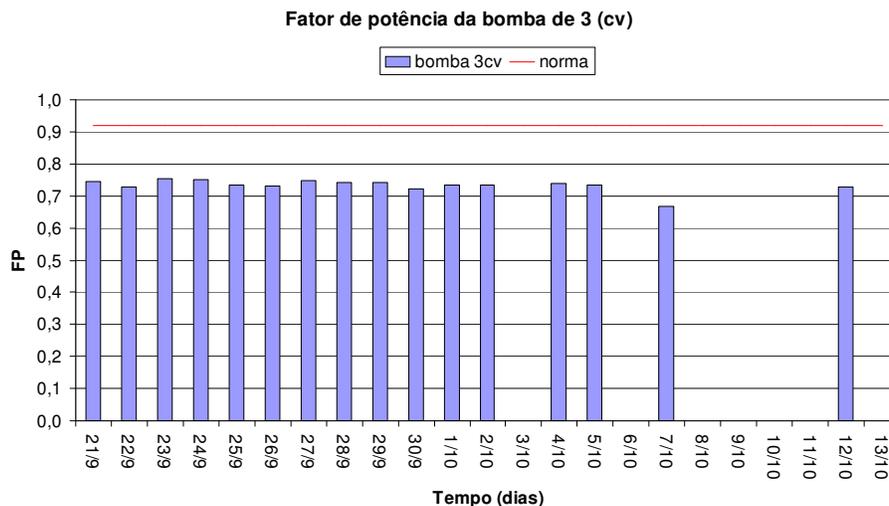


Figura 54. Fator de potência da bomba de 3cv acionada manualmente - sala 3.-Lote 2.

Para o lote 2, encontrou-se piores valores de fator de potência que no lote anterior.

A norma exige que o fator de potência esteja acima de 0,92, valor superior ao encontrado nos equipamentos utilizados no experimento, inclusive nos equipamentos recém-adquiridos, pois, para motores pequenos, isto é uma característica intrínseca.. De qualquer forma, uma análise técnica e econômica deve ser feita para avaliar a viabilidade da instalação de um banco de capacitores para a correção do fator de potência. No caso presente, a instalação deveria ser feita no ramal alimentador do galpão, justamente por estarem presentes muitos motores pequenos. Logo, apesar de não ter havido manutenção da bomba de 3 (cv), a

mesma apresentou melhor valor do fator de potência; isto por se tratar de motor com potência superior aos outros equipamentos, ou seja, à medida que a potência aumenta, o fator de potência de motores elétricos melhora, isto é aumenta.

4.2.5 Índice de eficiência energética para cada sala

O consumo específico dos lotes foi calculado por sala. Os cálculos foram realizados obtendo o número de kWh por kg de peso vivo produzido e por animais produzidos. Os resultados do Consumo Específico e Fator de Carga encontram-se na tabela 19.

Tabela 19. Índices de Eficiência Energética por sala do Lote 1.

Lote	Sala 1		Sala 2		Sala 3	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2
Consumo Específico (kWh/kg)	0,014	0,011	0,014	0,007	0,006	0,002
Consumo Específico (kWh/suíno)	1,118	0,811	1,063	0,537	0,449	0,169
Fator de Carga	0,391	0,466	0,392	0,454	0,243	0,180

Pode ser observado, através da tabela 19, que o consumo específico por kg foi menor, ou seja, melhor para a sala S3. Desta forma, entende-se que houve necessidade de menor consumo de energia elétrica para a produção da mesma quantidade kg de carne (peso vivo) produzido, quando comparada às sala S1 e S2 que apresentaram resultados idênticos. Para o consumo específico por animal, a sala S3 também foi melhor, seguido pela sala 2. Os resultados de consumo específico demonstram que a sala 3 foi melhor que as demais. Neste caso, o consumo específico em kWh/kg é mais representativo de benefício. Quanto maior a quantidade kg de peso vivo vendido, maior o lucro, independente do número de animais a serem vendidos.

No lote 2, a sala S2 foi testada mais adensada. Foi colocado 0,35 animal por m² a mais que no primeiro lote. Assim, o consumo específico foi menor. A sala teve condições de produzir mais animais com menor quantidade de energia. Apresentou assim o segundo melhor resultado.

Com relação ao fator de carga, S2 e S1 apresentaram resultados semelhantes. Apresentaram os maiores e, portanto, melhores valores de fator de carga (mais próximo da unidade) que S3, o que indica que suas cargas elétricas foram utilizadas mais racionalmente ao longo do tempo. O fator de carga de S3, provavelmente tenha sido menor em virtude da concentração de consumo de energia elétrica em um curto período de tempo, o que determina uma demanda elevada. Lembrando que este tratamento era acionado pelos funcionários conforme sua percepção de altas temperaturas ambientais.

Sugere-se, para próximos trabalhos, que sejam desenvolvidos novos índices que correlacionem, por exemplo, kg de carne produzido, kW ou kWh e redução da temperatura em °C.

4.3 RECOMENDAÇÕES PARA A GRANJA ESTUDADA

Considerando que, atualmente, as instalações da granja são iguais ao tratamento S3, sugere-se:

1. Aumentar o número de ventiladores por sala, pois, conforme verificado a utilização de mais um ventilador foi importante para melhorar as condições de conforto térmico.
2. Diminuir a altura das paredes entre as salas de modo a permitir a formação de corrente de vento.
3. Utilizar um controlador para acionamento automático dos ventiladores de acordo com as condições climáticas e necessidades do animal.

5 CONCLUSÕES

Em função dos resultados foi possível concluir que:

- Conforme comprovado pelo tratamento S2, a utilização de dois ventiladores novos, sistema de nebulização e acionamento automático dos equipamentos foram capazes de proporcionar melhor conforto térmico aos animais, embora este resultado não tenha sido suficiente para apontar para resultados que refletissem numa maior produção.
- O tratamento S2 teve menor eficiência energética, quando comparado ao tratamento S3, com a utilização de apenas um ventilador antigo, que forneceu a pior condição em termos de conforto térmico. Conforme constatado, o acionamento automático faz com que o equipamento opere por um tempo maior, implicando num maior consumo de energia. O consumo específico foi melhor para o tratamento S3, quando comparada à S1 e S2. O consumo específico de S2 foi melhor que de S1.
- Não foi possível concluir sobre o efeito dos tratamentos sobre os dados produtivos, em função de situações incontroláveis e disponibilidade de tempo hábil para as repetições necessárias.
- Os ventiladores mais novos consumiram menor quantidade de energia elétrica que os antigos e foram capazes de melhorar significativamente o ambiente térmico para os animais.
- Um sistema de climatização bem projetado, bem manejado e com manutenção periódica, é capaz de minimizar características construtivas, de forma eficiente, sendo melhor para o conforto térmico dos animais em dias quentes, quando comparada a uma instalação construtivamente correta.
- Com relação à temperatura e à umidade, a sala S4 apresentou o maior coeficiente de correlação com o ambiente externo. A sala S2 apresentou o pior coeficiente de correlação. Por ser mais eficiente que as demais, a sala S2 apresentou a pior correlação com o ambiente externo
- Há um indicativo de que o tratamento S4 seja o melhor tratamento com relação à viabilidade econômica, uma vez que os animais apresentaram um desenvolvimento

satisfatório, embora o conforto térmico não tenha sido atendido plenamente. Porém a sala não consumiu energia elétrica.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, P.G.; ABREU, V.M.N. **Automatizando a avicultura**. Embrapa Suínos e Aves, Comunicado técnico, n.272, fev. 2001, p. 1–2

ALBRIGHT L.D. **Environment Control for Animals and Plants**. An ASAE Textbook Number 4. American Society of Agricultural Engineers, Michigan, 1990. 453p.

AGROCERES. Calendário Técnico/ Eficiência de Crescimento – 2005 . Disponível em: <http://www.agrocerespic.com.br/servlet/navSrvt?cmd=pesqNot&idcat=3>. Acesso em: 8 de maio de 2005.

BAETA, F. C. E SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais. Conforto animal**. Viçosa, UFV, 1997, 246p.

BACCARI, F. et al. Environmental heat effects on growth, plasma T3, and post heat compensatory effects on Holstein calves. **Proceeding of Society of Experimental Biology and Medicine**. v. 173, p. 312-318, 1983.

BACARO, M.R. Resistência antimicrobiana de amostras de Escherichia coli isoladas de fezes de leitões com diarreia. Arquivo Instituto Biológico. São Paulo, v.69, n.2, p.15-18, abr./jun., 2002

BONETT, Lucimar P., MONTICELLI, Cícero J et al. **Coleção 500 Perguntas - 500 Respostas**. 2.ed. Embrapa - SPI : Brasília, 1997, p. 243 p.

BROWN-BRANDL et al. Thermoregulatory profile of a newer genetic line of pigs. *Livestock Production Science*. v. 71, p. 253 – 260, 2001. Disponível em: www.elsevier.com/locate/livprodsci Acesso em 29 de março de 2005.

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

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA. **Relatório de atividades 2001 – Racionamento de energia**. Brasil, 2001.

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

DALLA COSTA, O.A. et al. **Fatores de risco associados à rinite atrófica progressiva e pneumonias crônicas nas fases de crescimento e terminação**. Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, n. 267, dez. 2000, 5p.

DNAEE – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Portaria 1569 de 23 de dezembro de 1993. Disponível em: CDOC – <www.aneel.gov.br>. Acesso em 12 fev. 2004.

ENERGIA: à espera da média móvel. REVISTA GLOBO RURAL. ed. 190, ag. 2001. Disponível em <<http://globorural.globo.com/barra.asp?d=/edic/190/giro.htm>> Acesso em: 12 fev. 2004.

ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. Westport: AVI Publishing Company Inc, 1982. 325p.

FERREIRA, L.F.S.A.; TURCO, J.E.P. **Avaliação do consumo e custo de energia elétrica em galpão para criação de frangos de corte em dois ciclos de criação**. In: AGREENER. III Encontro de Energia no Meio Rural, UNICAMP, Campinas-SP, 12 a 15 de setembro de 2000, CD-ROM.

FERREIRA, R.A. Efeitos do clima sobre a nutrição de suínos. In: Encontros Técnicos ABRAVES-SC, 2000, Concórdia. **Memórias...** Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 2001. 95p.

FIALHO, E.T., OST, P.R., OLIVEIRA, V. Interações ambiente e nutrição – estratégias nutricionais para ambientes quentes e seus efeitos sobre o desempenho e características de carcaça de suínos In: **II Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína, 2001**. Disponível em: http://www.conferencia.uncnet.br/pork/seg/pal/anais01p2_fialho_pt.pdf . Acesso em 30 de dezembro de 2004.

- GIROTTO, A.F; TALAMINI, D.J.D. **Administração da propriedade suinícola**. In: SOBESTIANSKY, J. et al. **Suinocultura industrial – Produção manejo e saúde do rebanho**. ed. 1. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1998. p. 292-298.
- HAHN, G.L. Management and housing of farm animals in hot environments. In: YOSEF, M.K. *Stress physiology in livestock*. v. II. Boca Raton: CRC Press, 1985 apud SILVA, R.G. *Introdução à Bioclimatologia Animal*. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.
- HANNAS, M.I. **Aspectos fisiológicos e a produção de suínos em clima quente**. In: SILVA I.J.O. **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 1-33.
- IRGANG, R., FÁVERO, J. A., SCHEID, I. **Heterose e complementariedade entre raças na produção de suínos para o abate**. PIFFER. Embrapa Suínos e Aves. Periódico Técnico, n. 3, jun. 1992.
- LEFAUCHER, J. L. et al. Influence of environmental temperature on growth, muscle and adipose tissue metabolism, and meat quality in swine. *Journal of Animal Science*. 1991. v.69. p 2844-2854.
- MACHADO FILHO L.C.P.e HÖTZEL, M.J. **Bem-estar dos suínos**. In: Anais do 5º Seminário Internacional de Suinocultura, São Paulo-SP, 27 e 28 de setembro de 2000, p. 70 – 82.
- MORÉS, N. et al. **Utilização da contagem de tosse e espirro como indicadores da ocorrência e severidade de pneumonias e rinite atrófica, respectivamente**. Embrapa Suínos e Aves, Comunicado técnico, n.242, mar. 1999, p. 1–4.
- MORÉS, N et al. **Estimativa dos índices de pneumonia, pela tosse, e de rinite atrófica, por espirros, em suínos**. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. v. 53. n.3. jun 2001.
- MOURA, D.J. **Ventilação na suinocultura**. In: SILVA I.J.O. **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 149 - 179.

MULLER, P.B., Bioclimatologia Aplicada aos Animais Domésticos, Editora Pallotti, São Paulo, 1978, 171 p.

NÄÄS, I.A. **Importância das instalações no controle do ambiente para produção de suínos.** In: Suinocultura – Sociedade Brasileira de Zootecnia. Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 1-10.

NÄÄS, I.A. A influência do meio ambiente na reprodução das porcas. In: 5º Seminário Internacional de Suinocultura, São Paulo-SP. In: **Anais...** 27 e 28 de setembro de 2000, p. 142 – 151.

PANDORFI, H. **Avaliação do comportamento de leitões em diferentes sistemas de aquecimento por meio da análise de imagem e identificação eletrônica.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2002.

PAULO, R.M., OLIVEIRA, P.A.V., TINÔCO, I.F.F. Efeito da temperatura no desempenho zootécnico de suínos em crescimento e terminação nos sistemas de camas sobrepostas e piso concretado. In: XI Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos, Goiânia. **Anais...** Goiânia: GO: Embrapa Suínos e Aves, 2003

PERDOMO, C.P. et al. **Efeito de diferentes taxas de renovação do ar no desempenho de leitões e no acondicionamento ambiental da maternidade.** Embrapa Suínos e Aves, Comunicado técnico, n.131, mar. 1988, p. 1–4.

PERDOMO, C.P. et al. **Escamoteador no desempenho de leitões.** Embrapa Suínos e Aves, Comunicado técnico, n.145, jul. 1989, p. 1–3.

PERDOMO, C.P.; NICOLAIEWSKY, S. **Comportamento ambiental de diferentes modelos de edificações para suínos, durante a estação quente.** Embrapa Suínos e Aves, Comunicado técnico, n.99, fev. 1986a, p. 1–2.

PERDOMO, C.P.; NICOLAIEWSKY, S. **Características das construções para suínos utilizadas no sul do Brasil.** Embrapa Suínos e Aves, Comunicado técnico, n.101, mar. 1986b, p. 1–4.

PERDOMO, CC et al. **Produção de suínos e meio ambiente**. In: Anais do 9º Seminário Nacional de Desenvolvimento da Suinocultura, Gramado, 2001. p. 11-17. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/> . Acesso em 11 ago 2003.

PERISSINOTTO, M. **Avaliação da eficiência produtiva e energética de sistemas de climatização em galpões tipo “freestall” para confinamento de gado leiteiro**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2002.

PIFFER, A.I., BRITO, J.R.F. Pneumonia em suínos. Embrapa Suínos e Aves. Periódico Técnico, n. 8, jun. 1993, 6p.

PIFFER, I.A. et al. Efeitos de fatores ambientais na ocorrência de doenças. In: SOBESTIANSKY, J. et al. **Suinocultura industrial – Produção manejo e saúde do rebanho**. ed. 1. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1998. p. 255 – 274.

RANDALL, D.; BURGGREN, W.; FRENCH, K. **ECKERT – Fisiologia Animal – Mecanismos e Adaptações**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A. 729 p., 2000.

SALLES, S.C.; TEIXEIRA N.M. Escolha de tarifas e suas implicações. **Energia na Agricultura**, v.14, n.2, p.1-6. Disponível em: <http://www.fca.unesp.br/posgradua/Energia/revista/V14N2-99/142sonia.pdf> Acesso em: 12 fev. 2004.

SARTOR, V. et al. Efeito de sistema de resfriamento evaporativo nas respostas fisiológicas de matrizes lactantes e de suas leitegadas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal-SP, v.18, n.4, p. 1-13, jun. 1999.

SARTOR, V. et al. Efeito de modificações térmicas ambientais de verão nas respostas fisiológicas dos animais em maternidades suinícolas. In: XXXVII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, 2000, v. 1. p.9-11.

SARTOR, V. et al. **Perfomance of an evaporative cooling system of a finishing phase swine barn**. Scientia Agricola, v.60, n.1, p.13-17, jan/mar. 2003

SCHIMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia Animal – Adaptação e Meio Ambiente**. São Paulo: Editora Santos. 600 p. 1996.

SILVA, I.J.O. **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 1999. 274 p.

SILVA, R.G. **Improving tropical beef cattle by simultaneous selection for weight and heat tolerance. Heritabilities and correlation of traits**. *Journal Animal Science*. v.37. p.637-642, 1973 apud MULLER, P.B., **Bioclimatologia Aplicada aos Animais Domésticos**, Editora Pallotti, São Paulo, 1978, 171 p.

SILVA, R.G. **Introdução à Bioclimatologia Animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.

SOBESTIANSKY, J. et al. **Efeito de diferentes sistemas de aquecimento no desempenho de leitões**. Embrapa Suínos e Aves, Comunicado técnico, n.122, set. 1987a, p. 1–3.

SOBESTIANSKY, J.; PIFFER, I.A; FREITAS, A.R. **Impacto das doenças respiratórias dos suínos no sistema de produção no estado de Santa Catarina**. In: XXIV Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Brasília. Brasil. v. 24, 1987b, p. 411 – 412.

SOBESTIANSKY, J. et al. **Suinocultura industrial – Produção manejo e saúde do rebanho**. ed. 1. Concórdia: EMBRAPA-CNPQA, 1998. 388 p.

SOBESTIANSKY, J.; et al. **Clínica e patologia suína**. 2. ed. Goiânia: Art 3 impressos especiais, 1999. 464 p.

SOBESTIANSKY, J et al. **Estudos ecopatológicos das doenças respiratórias dos suínos: prevalência e impacto econômico em sistemas de produção dos estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Paraná**. Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, n. 287, jun. 2001a, 6p.

SOBESTIANSKY, J. et al. **Pneumonia enzoótica suína: prevalência, impacto econômico, fatores de risco e estratégias de controle**. 1. ed. Goiânia: Art 3 impressos especiais, 2001b. 44 p.

SOUSA, P. **Avaliação do índice de conforto térmico para matrizes suínas em gestação segundo as características do ambiente interno.** Teses (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas, Campinas. 2002.

TAVARES, S.L.S. et al. Influência da temperatura do ambiente sobre o desempenho e os parâmetros fisiológicos de suínos machos castrados dos 30 aos 60 kg. *Revista Brasileira de Zootecnia*. jan/fev. 2000, v.29, n.1. p. 199-205.

TEIXEIRA V.H.; TEIXEIRA A.S. Resfriamento adiabático evaporativo em maternidade de suínos: I efeito no índice de conforto térmico (ITGU). In: **XXXIII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 1996, Fortaleza – CE, 1996, p. 626-628.

TELES, M.L. 2001 **Avaliação do progresso técnico da suinocultura do oeste-catarinense: seus reflexos sobre os resultados econômicos 1980/1999.** 2001. 171 p. Dissertação (Mestrado) - FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS, CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS ECONÔMICAS – IEPE, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, Porto Alegre.

THOM, E.C. Cooling degree: day air conditioning, heating and ventilating. **Transactions of the American Society Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineering**. v. 55. p. 62-72, 1958 apud SILVA, R.G. *Introdução à Bioclimatologia Animal*. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.

TURCO, J.E.P.; MILANI, A.P.; FURLAN, R.L.; MACARI, M. Análise do consumo de energia elétrica e eficiência de conjuntos motor-ventilador utilizados na avicultura brasileira, **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal-SP, v.18, n.1, p.1-12, set., 1998.

VAQUERO, E.G. **Projeto e construção de alojamento para animais**. 7 ed. Lisboa: Litexa, 1981. 237p.

WAGENBERG A.V.; VERMEIJ I. The use of a Central Extraction Ventilation System for pig facilities, energy savings and economic consequences. In: **Annual International Meeting Sponsored by ASAE**, Sacramento, California, USA, 2001. Disponível em:

<http://asae.frymulti.com/request2.asp?JID=5&AID=3673&CID=sca2001&T=3>. Acesso em:
20 de setembro de 2004.