ELIENE JUSTINO

"INFLUÊNCIA DA VENTILAÇÃO E DA DIETA SOBRE O CONFORTO TÉRMICO E O DESEMPENHO DE FÊMEAS SUÍNAS EM LACTAÇÃO DURANTE O VERÃO"

CAMPINAS
2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

ELIENE JUSTINO

"INFLUÊNCIA DA VENTILAÇÃO E DA DIETA SOBRE O CONFORTO TÉRMICO E O DESEMPENHO DE FÊMEAS SUÍNAS EM LACTAÇÃO DURANTE O VERÃO"

Orientadora: Profa. Dra. Irenilza de Alencar Nääs

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Doutora em Engenharia Agrícola, na Área de Concentração de Construções Rurais e Ambiência.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO DA TESE
DEFENDIDA PELA ALUNA ELIENE JUSTINO
E ORIENTADA PELA PROFA. DRA. IRENILZA DE ALENCAR NÄÄS

Assinatura do Orientador

CAMPINAS
2012

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

Justino, Eliene
J985i Influência da ventilação e da dieta sobre o conforto térmico e o desempenho de fêmeas suínas em lactação durante o verão / Eliene Justino. --Campinas, SP: [s.n.], 2012.

Orientador: Irenilza de Alencar Nääs.
Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Resfriamento evaporativo. 2. Equilíbrio eletrolítico. 3. Termorregulação. 4. Calor. 5. Porca. I. Nääs, Irenilza de Alencar, 1951-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

Título em Inglês: Influence of ventilation and diet on thermal comfort and performance of lactating sows during summer
Palavras-chave em Inglês: Evaporative cooling, Electrolyte equilibrium, Thermoregulation , Heat, Sow
Área de concentração: Construções rurais e ambiência
Titulação: Doutora em Engenharia Agrícola
Banca examinadora: Irenilza de Alencar Nääs, Aline Mondini Calil Racanicci, Vânia Maria Arantes, Daniella Jorge de Moura, Marta dos Santos Baracho
Data da defesa: 07-12-2012
Programa de Pós Graduação: Engenharia Agrícola

Este exemplar corresponde à redação final da **Tese de Doutorado** defendida por **Eliene Justino,** aprovada pela Comissão Julgadora em 07 de dezembro de 2012, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.

Profa. Dra. Irenilza de Alencar Nääs – Presidenta e Orientadora
Feagri/Unicamp

Profa. Dra. Aline Mondini Calil Racanicci - Membro Titular
UnB

Profa. Dra. Vânia Maria Arantes – Membro Titular
UFMT

Profa. Dra. Daniella Jorge de Moura - Membro Titular
Feagri/Unicamp

Dra. Marta dos Santos Baracho - Membro Titular
Feagri/Unicamp

FEAGRI
Faculdade de Engenharia Agrícola
Unicamp

Aos meus pais

José Justino Sobrinho *"in memoriam"*

e

Maria José Barbosa Justino,

Pela sabedoria e exemplos de vida,

Eu dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelas oportunidades que a vida me oferece.

À professora Dra. Irenilza de Alencar Nääs, pelos ensinamentos e paciência.

Ao Douglas D'Alessandro Salgado, pelo suporte na análise estatística dos dados.

Ao Diego Pereira Neves, pelo apoio nas análises das imagens termográficas.

À Brenda Medeiros, pela ajuda na coleta das amostras de saliva das porcas e à profa. Dra. Márcia Carvalho Garcia, pelo apoio na análise estatística dos dados do cortisol salivar.

Às professoras Aline Mondini Calil Racanicci, Vânia Maria Arantes, Daniella Jorge de Moura e Marta dos Santos Baracho, pela contribuição valiosa na correção da tese.

À Thayla Morandi Ridolfi de Carvalho, pela colaboração nos artigos científicos.

À secretaria de Pós Graduação da FEAGRI, em nome da funcionária Marta Aparecida Rigonatto Vechi, pela paciência e compreensão.

À FEAGRI, pela possibilidade da realização do curso de Doutorado nesta instituição e aos professores, funcionários e colegas da FEAGRI, que de alguma forma colaboraram durante o curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa - FAPESP, pelo financiamento para a realização do experimento.

À empresa AGROCERES MULTIMIX, em nome do funcionário João Carlos de Carvalho, pelo apoio durante a realização da pesquisa.

Whether you believe you can do a thing or not, you're right.

Henry Ford

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS xi
LISTA DE TABELAS xiii
RESUMO xiv
ABSTRACT xvi
1 INTRODUÇÃO 1
1.1 Hipótese 2
2 OBJETIVOS 3
2.1 Objetivo geral 3
2.2 Objetivos específicos 3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 4
3.1 Termorregulação 4
3.2 Troca de calor 6
3.3 Ambiente de alojamento 7
3.3.1 Métodos de arrefecimento de ambientes 7
3.3.2 Índice de temperatura e umidade (ITU) 8
3.3.3 Importância da água 9
3.4 Aplicações da termografia infravermelha 9
3.5 Balanço eletrolítico 11
3.6 Parâmetros fisiológicos 12
3.6.1 Frequência respiratória 12
3.6.2 Temperatura retal 13
3.6.3 Temperatura superficial 14
3.6.4 Concentração de cortisol salivar 16
3.7 Parâmetros de desempenho 17
3.7.1 Consumo de ração 17
3.7.2 Condição corporal 18
3.7.3 Intervalo desmame-estro 19
3.7.4 Peso dos leitões ao desmame 19
4 MATERIAL E MÉTODOS 21
4.1 Instalações 21
4.2 Animais e alimentação 22
4.3 Sistemas de ventilação 24
4.4 Registro do ambiente de alojamento 27
4.4.1 Temperatura ambiente, Umidade relativa do ar, Velocidade do ar e Iluminância 27
4.4.2 Cálculo do ITU 29
4.4.3 Características físico-químicas da água 30

4.5 Registro dos parâmetros fisiológicos 30
4.5.1 Frequência respiratória 30
4.5.2 Temperatura retal 31
4.5.3 Temperatura superficial 31
4.5.4 Concentração de sódio, potássio e cloretos na urina 32
4.5.5 Concentração de cortisol salivar 32
4.6 Registro dos parâmetros de desempenho 33
4.6.1 Consumo de ração 34
4.6.2 Condição corporal 34
4.6.3 Intervalo desmame-estro 35
4.6.4 Mortalidade dos leitões na maternidade 36
4.6.5 Peso dos leitões ao desmame 36
4.7 Análise estatística 37
4.7.1 Temperatura ambiente, umidade relativa do ar e ITU 37
4.7.2 Parâmetros de termorregulação e de desempenho 37
4.7.3 Concentração de sódio, potássio e cloretos na urina 38
4.7.4 Concentração de cortisol salivar 38
4.8 Análise econômica 39
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 40
5.1 Resultados de análise das amostras de rações 40
5.2 Avaliação do ambiente de alojamento 40
5.2.1 Temperatura ambiente, Umidade relativa do ar, Velocidade do ar e Iluminância 40
5.2.2 Índice de conforto térmico 43
5.2.3 Características físico-químicas da água 44
5.3 Avaliação das imagens termográficas 46
5.4 Parâmetros fisiológicos 47
5.4.1 Parâmetros de termorregulação 47
5.4.2 Concentração de sódio, potássio e cloretos na urina 54
5.4.3 Concentração de cortisol salivar 55
5.5 Parâmetros de desempenho 61
5.5.1 Efeitos do sistema de ventilação e da dieta 61
5.5.2 Efeitos da ordem de parto 67
5.6 Análise econômica 73
a. Tempo de retorno econômico do investimento 73
b. Quantidade de kg de peso vivo a mais na creche e na terminação 74
5.7 CONCLUSÕES 76
5.8 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS 77
5.9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curva da produção de calor metabólico dos homeotermos, *versus* a temperatura ambiente. 4
Figura 2. Galpão onde foi realizado o experimento (a) e fêmea suína com a leitegada na baia da maternidade (b). 21
Figura 3. Vista lateral (a) e frontal (b) do equipamento de resfriamento evaporativo. 25
Figura 4. Vista interna da sala de maternidade, com os dutos de ventilação (a e b). 26
Figura 5. Detalhe do duto de ventilação com resfriamento evaporativo (a) e com a tampa impedindo a ventilação (b). 26
Figura 6. Mensuração da velocidade do ar na cabeça da porca deitada (a) e "em pé" (b). 28
Figura 7. Mensuração da iluminância do ambiente (a) e próximo da porca deitada (b). 28
Figura 8. Carta psicrométrica obtida no software Psicrom 1.0. 29
Figura 9. Imagem termográfica com os pontos de coleta da temperatura superficial (a) e imagem real (b) da fêmea suína durante o experimento. 32
Figura 10. Detalhe da coleta de saliva no galpão da gestação (a e b). 33
Figura 11. Pesagem da porca em balança com sistema computadorizado (a) e aparelho de ultrassom PigLog-105® (b). 35
Figura 12. Forma de coleta dos dados de espessura de toucinho durante o experimento (a e b). 35
Figura 13. Distribuição da precipitação pluvial nos anos agrícolas 2008/2009 e 2009/2010 comparada à média histórica (2002-2010). 41
Figura 14. Imagens termográficas das temperaturas superficiais (TS) de fêmeas suínas, no período da manhã (entre 07h00min e 09h00min), de acordo com o sistema de ventilação. 49
Figura 15. Imagens termográficas das temperaturas superficiais (TS) de fêmeas suínas, no período da tarde (entre 15h00min e 17h00min), de acordo com o sistema de ventilação. 49
Figura 16. Intervalos de confiança para médias de frequência respiratória (15h - 17h), de acordo com a combinação dos tratamentos. 52
Figura 17. Intervalos de confiança para médias de temperatura retal (15h - 17h), de acordo com a combinação dos tratamentos. 52
Figura 18. Intervalos de confiança para médias de temperatura superficial (15h - 17h), de acordo com a combinação dos tratamentos. 53
Figura 19. Perfil da variação de cortisol salivar em porcas gestantes antes da alimentação (AA), depois da alimentação (DA) e submetidas ao sistema de ventilação forçada (SVF) ou ventilação natural (SVN) e a variação da temperatura ambiente (TBS). 56
Figura 20. Média e epm da concentração de cortisol salivar em porcas gestantes, ao longo de dois dias consecutivos. 57
Figura 21. Perfil da variação de cortisol salivar em porcas lactantes submetidas ao sistema de resfriamento evaporativo (SRE) ou ventilação natural (SVN) e a variação de temperatura ambiente (TBS). 59
Figura 22. Média e epm da concentração de cortisol salivar de porcas em lactação, ao longo de dois dias consecutivos. 60
Figura 23. Média e epm da concentração de cortisol salivar de porcas em gestação e lactação de acordo com os horários de coleta. 61

Figura 24. Gráfico da correlação entre espessura de toucinho (ET) inicial e peso inicial. 64
Figura 25. Gráfico da correlação entre espessura de toucinho (ET) final e peso final.....65
Figura 26. Distribuição do consumo de ração das fêmeas suínas em lactação, de acordo com a ordem de parto. 72
Figura 27. Distribuição do peso dos leitões ao desmame, de acordo com o consumo de ração das fêmeas suínas em lactação.....72
Figura 28. Tempo de retorno do investimento na Situação A. 73
Figura 29. Tempo de retorno do investimento na situação B. 74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição centesimal e calculada das rações de lactação. 23
Tabela 2. Manejo do fornecimento da ração de acordo com o dia da lactação. 24
Tabela 3. Análise bromatológica e microbiológica das rações de lactação. 40
Tabela 4. Temperatura (T, °C) média, mínima e máxima, e, umidade relativa do ar (UR, %) correspondente, nos ambientes externo e interno da maternidade durante o experimento. 41
Tabela 5. Valores médios da temperatura (T, ºC), umidade relativa do ar (UR, %) e velocidade do ar (VA, m s^{-1}), nos períodos da manhã e da tarde. 42
Tabela 6. Valores médios de UR (°C), TBS (°C), TBU (°C), ITU e classificação da zona de conforto de acordo com o sistema de ventilação (SVN ou SRE), nos períodos da manhã e da tarde. 43
Tabela 7. Análise química da água, clorada, de represa. 45
Tabela 8. Análise microbiológica da água, clorada, de represa. 45
Tabela 9. Temperatura superficial média (°C) nos períodos da manhã (entre 07h00min e 09h00min) e da tarde (entre 15h00min e 17h00min), de acordo com os tratamentos. 47
Tabela 10. Parâmetros de termorregulação das fêmeas suínas de acordo com o sistema de ventilação (SRE ou SVN) e o balanço eletrolítico da dieta (BEA ou BEN). 48
Tabela 11. Parâmetros de termorregulação das fêmeas suínas de acordo com a ordem de parto (P = primíparas; M = multíparas). 54
Tabela 12. Concentração de sódio, potássio e cloretos na urina de fêmeas suínas de acordo com o sistema de ventilação (SRE ou SVN) e o balanço eletrolítico da dieta (BEA ou BEN).55
Tabela 13. Valores médios e desvio padrão (DP) de cortisol salivar de porcas em gestação de acordo com os tratamentos, antes ou depois da alimentação, ventilação forçada ou ventilação natural. 55
Tabela 14. Valores médios de cortisol salivar de porcas em lactação de acordo com os tratamentos, sistema de resfriamento evaporativo (SRE) ou ventilação natural (SVN). 58
Tabela 15. Parâmetros de desempenho das fêmeas suínas de acordo com o sistema de ventilação (SRE ou SVN) e o balanço eletrolítico da dieta (BEA ou BEN). 62
Tabela 16. Parâmetros de desempenho dos leitões de acordo com o sistema de ventilação (SRE ou SVN) e o balanço eletrolítico da dieta (BEA ou BEN). 66
Tabela 17. Parâmetros de desempenho das fêmeas suínas de acordo com a ordem de parto (P = primíparas; M = multíparas). 68
Tabela 18. Parâmetros de desempenho dos leitões de acordo com a ordem de parto das fêmeas suínas (P = primíparas; M = multíparas). 70

RESUMO

Durante o período de lactação, as fêmeas suínas devem consumir níveis adequados de ração para mantença e produção de leite. O baixo consumo resulta em mobilização das reservas corporais, condição corporal inadequada, falhas reprodutivas e redução no tempo de vida útil das fêmeas no rebanho, principalmente nas condições de temperatura ambiente elevada. A hipótese desse trabalho foi que, o sistema de resfriamento evaporativo associado ao uso da dieta com balanço eletrolítico, pode favorecer o conforto térmico das fêmeas suínas em lactação, durante a exposição ao calor ambiente excessivo e, consequentemente, minimizar os efeitos prejudiciais do estresse calórico sobre o desempenho. O experimento foi realizado em uma granja comercial com 72 fêmeas suínas da genética DanBred® e objetivou avaliar os efeitos do sistema de ventilação e da dieta sobre o desempenho e os parâmetros de termorregulação de porcas lactantes durante o verão. O delineamento experimental foi blocos ao acaso com quatro tratamentos em disposição fatorial 2 x 2 e 18 repetições por tratamento. Os tratamentos foram dois sistemas de ventilação (ventilação natural ou resfriamento evaporativo) e duas dietas (balanço eletrolítico natural de 175 mEq kg^{-1} ou balanço eletrolítico ajustado de 275 mEq kg^{-1}). Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando o programa Minitab®15.1. Foram registrados os dados de temperatura ambiente, umidade relativa do ar, velocidade do ar, iluminância e características físico-químicas da água. Foram calculados o índice de conforto térmico e o retorno econômico do investimento. Foram monitorados os dados fisiológicos (frequência respiratória, temperatura retal, temperatura superficial, concentração de sódio, potássio e cloretos na urina e concentração de cortisol salivar) e de desempenho das porcas (consumo de ração, condição corporal e intervalo desmame-estro) e dos leitões. As variáveis de termorregulação e os resultados de desempenho das porcas e dos leitões também foram avaliados de acordo com a ordem de parto. Não houve efeito significativo do sistema de ventilação e da dieta sobre o consumo de ração, a condição corporal e o intervalo desmame-estro das porcas. O sistema de resfriamento evaporativo proporcionou redução ($P<0,05$) na frequência respiratória e temperatura superficial mensuradas nos períodos da manhã e da tarde e na temperatura retal à tarde e aumento ($P<0,1$) no peso dos leitões ao desmame. A dieta com ajuste do balanço eletrolítico não promoveu

diferença nestas variáveis. Fêmeas primíparas apresentaram menor (P<0,05) frequência respiratória, consumo de ração, peso dos leitões ao nascimento e ao desmame, peso corporal e espessura de toucinho e maior intervalo desmame estro, comparando-se às fêmeas multíparas. Concluiu-se que a utilização do sistema de resfriamento evaporativo contribuiu para reduzir os efeitos do calor sobre as variáveis relacionadas à termorregulação das porcas em lactação durante o verão e proporcionou aumento no peso dos leitões ao desmame. Em dieta com níveis nutricionais específicos para climas quentes, o ajuste do balanço eletrolítico não minimizou os efeitos do estresse calórico. A ordem de parto apresentou influência direta na frequência respiratória, consumo de ração e condição corporal das fêmeas, intervalo desmame-estro, e no peso dos leitões ao desmame.

Palavras-chaves: resfriamento evaporativo; termorregulação; equilíbrio eletrolítico; calor; porcas.

ABSTRACT

During the lactation period, sows should consume adequate levels of feed for their maintenance and the milk production. The low consumption results in mobilization of body reserves, poor body condition, reproductive failure and reduced life span of females in the herd, especially under conditions of high ambient temperature. The hypothesis of this study was that evaporative cooling system associated with the use of dietary electrolyte balance might favor the thermal comfort of lactating sows during exposure to extreme environmental heat and, therefore, reduce the harmful effects of heat stress on performance. The field trial was conducted in a commercial farm with 72 sows genetics DanBred® and aimed to evaluate the effects of the ventilation system and diet on the performance and thermoregulatory parameters of lactating sows during summer. The experimental design was randomized blocks with four treatments in a factorial arrangement 2 x 2 and 18 replicates per treatment. Treatments were two ventilation systems (natural ventilation or evaporative cooling) and two diets (natural electrolyte balance of 175 mEq kg^{-1} or electrolyte balance setting of 275 mEq kg^{-1}). Results were subjected to analysis of variance using software Minitab®15.1. Regarding the variables related to the environment, temperature, relative humidity, air velocity, illuminance and water physic-chemical characteristics we recorded. We calculated the thermal comfort index and financial return on investment. Physiological data (respiratory rate, rectal temperature, surface temperature, concentration of sodium, potassium and chlorides in urine and concentration of salivary cortisol) and of sows performance (feed intake, body condition and weaning-estrus interval) and piglets performance results were also recorded. The variables of thermoregulation and performance results of sows and piglets were also evaluated according to the order of parity. There was no significant effect of ventilation systems and diet on feed intake, body condition and weaning-to-estrus interval of sows. The evaporative cooling caused a significant reduction ($P<0.05$) in respiratory rate and surface temperature measurements in the morning and afternoon and evening rectal temperature and increase ($P<0.1$) weight of piglets at weaning. The dietary adjusted electrolyte balance did not change these variables. Primiparous females had lower respiratory rate ($P<0.05$) than multiparous females, feed intake, weight of piglets at birth and weaning, body weight, back fat thickness

and higher weaning-estrus interval, compared to the multiparous females. It was concluded that the use of the evaporative cooling system helped to reduce the effects of heat on the variables related to body thermoregulation during the summer and provided an increase in weaning piglets weight. The utilization of a diet with specific nutrient levels for hot climates, adjusting the electrolyte balance did not reduce the effects of heat stress in sows. Parity order had a direct impact on respiratory rate, feed intake and body condition of females, weaning-to-estrus interval and weight of piglets at weaning.

Keywords: thermoregulation; evaporative cooling; electrolyte balance; heat stress; lactating sows.

1 INTRODUÇÃO

A suinocultura brasileira apresenta uma importância significativa no mercado mundial de carnes. De acordo com os dados do ABIPECS (2012), o Brasil ocupa o quarto lugar na produção de carne suína (3,2%), atrás dos Estados Unidos (10,2%), União Europeia (22,3%) e China (48,9%). O Brasil é também o quarto maior exportador de carne suína (8,9%), com 516 mil toneladas exportadas em 2011, atrás do Canadá (17,6%), União Europeia (30,4%) e Estados Unidos (34,2%). Enquanto o país consome 15,1 quilos de carne suína por habitante ao ano, outros países registram taxas muito maiores, como Hong Kong, com 66,5 kg, União Europeia, com 40,2 kg, China, com 37,3 kg e Coreia do Sul com 30,2 kg.

Além da concorrência da carne suína com outros tipos de carne e preços mais atrativos, como a carne de frango e a bovina, o consumidor brasileiro, segundo pesquisas recentes, ainda está desinformado em relação aos avanços tecnológicos aplicados nas áreas do melhoramento genético, sanidade, nutrição, manejo e à qualidade da carne suína atual (SAAD e CLÁUDIO, 2009).

Segundo o levantamento sistemático da produção e abate de suínos, o alojamento de matrizes da suinocultura tecnificada do Brasil foi ao redor de 1,62 milhões em 2011, com uma produção de 3,398 milhões de toneladas de carne suína no mesmo período. A produtividade das matrizes alojadas no Brasil, representada pela média de 23,7 terminados/matriz/ano ainda é baixa (MARTINS et al., 2012) e deve ser o objetivo de novas pesquisas a busca da meta de 26 terminados/matriz/ano.

Por outro lado, a contínua seleção para reprodução, com o aumento na prolificidade e na capacidade de produzir carne magra sem o incremento no consumo de ração, conduz a grande proporção de fêmeas suínas jovens, ingerindo quantidade insuficiente de ração, para suportar uma produção de leite satisfatória. O baixo consumo resulta em condição corporal inadequada, falhas reprodutivas e redução no tempo de vida útil das fêmeas no rebanho.

Fêmeas primíparas (primeira ordem de parto) com baixo consumo voluntário de ração na maternidade apresentam potenciais riscos para diminuição da produtividade da granja (BIANCHI et al., 2006), e, além das necessidades nutricionais para a reprodução, ainda

dependem dos nutrientes para o ganho de peso em relação às fêmeas acima do segundo parto (multíparas). Adicionalmente, nas condições de temperatura ambiente elevada, as fêmeas diminuem a ingestão de alimentos a fim de minimizar a produção de calor, restringindo consideravelmente o desempenho reprodutivo (KEMP et al., 2011).

O aumento da frequência respiratória é um mecanismo utilizado para eliminar o calor corporal (CURTIS, 1983), no entanto, ocasiona uma mudança no equilíbrio ácido-base (BORGES et al., 2003, SAVARIS, 2008) e o aparecimento da alcalose respiratória. Um dos métodos usados pelos nutricionistas para diminuir o estresse calórico em suínos e promover a regulação química do equilíbrio ácido-base dos animais é a adição de bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) e carbonato de potássio (K_2CO_3) na ração (PATIENCE, 1990). Estes compostos possibilitam a manipulação do balanço eletrolítico da dieta e contribui para a redução dos efeitos do estresse calórico, com o restabelecimento da homeostase (equilíbrio interno) e o estímulo ao consumo de ração.

Outra medida para minimizar as perdas decorrentes do estresse calórico é a utilização de ventilação forçada (TEIXEIRA et al., 2004; MORALES et al., 2009) ou resfriamento evaporativo localizado na região dorsal, sobre a cabeça das fêmeas suínas, com o objetivo de aumentar a perda de calor para o ambiente e reduzir a temperatura superficial da pele (AARNINK et al., 2006; PANAGAKIS e AXAOPOULOS, 2006).

Considerando-se a importância de desmamar a porca sadia e em bom estado corporal, é necessário avaliar as alternativas possíveis para minimizar os impactos do baixo consumo de ração sobre o desempenho, principalmente no verão.

1.1 Hipótese

A hipótese desse trabalho é que, o sistema de resfriamento evaporativo associado ao uso da dieta com balanço eletrolítico ajustado, pode favorecer as trocas de calor das fêmeas suínas em lactação, durante a exposição ao calor ambiente excessivo e, consequentemente, minimizar os efeitos prejudiciais do estresse calórico sobre o desempenho.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é avaliar o conforto térmico de fêmeas suínas em lactação, de 1ª a 5ª ordens de parto, expostas a distintos tipos de ventilação e balanço eletrolítico da dieta e verificar os efeitos sobre o desempenho no verão.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar as condições ambientais do alojamento.

Mensurar as variáveis relacionadas à termorregulação, ao desempenho das porcas e desempenho dos leitões e verificar os efeitos:

- do sistema de ventilação (resfriamento evaporativo e ventilação natural),
- do balanço eletrolítico da ração (ajustado e natural),
- da ordem de parto (primíparas e multíparas).

Avaliar a mensuração da temperatura superficial com a câmera termográfica para a detecção dos problemas de hipertermia.

Avaliar o nível de estresse das fêmeas através da mensuração do cortisol salivar.

Realizar análise econômica com base no custo de investimento do resfriamento evaporativo e/ou da dieta com balanço eletrolítico ajustado sobre o peso médio dos leitões ao desmame.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Termorregulação

Os suínos são animais homeotermos, capazes de manter a temperatura corporal constante por meio de troca de calor com o ambiente (CURTIS, 1983). A termorregulação é altamente dependente de fatores ambientais como umidade relativa do ar, velocidade do ar, temperatura ambiente e radiação solar (JIANG et al., 2004).

O hipotálamo é o órgão responsável pelo controle da produção e dissipação do calor através de vários mecanismos, como, alteração no fluxo sanguíneo da pele (vasoconstrição ou vasodilatação), no metabolismo (consumo de água e alimento) e na frequência respiratória (CURTIS, 1983).

A primeira condição de conforto térmico dentro de uma instalação é que o balanço térmico seja próximo de zero, ou seja, o calor produzido pelo organismo animal somado ao calor ganho do ambiente seja igual ao calor perdido pelo animal através da radiação, convecção, condução, evaporação e do calor contido nas substâncias eliminadas pelo corpo (ESMAY, 1982, citado por SAMPAIO et al., 2004). O modelo de troca de calor (produção e perda) em relação à temperatura ambiente é apresentado na Figura 1.

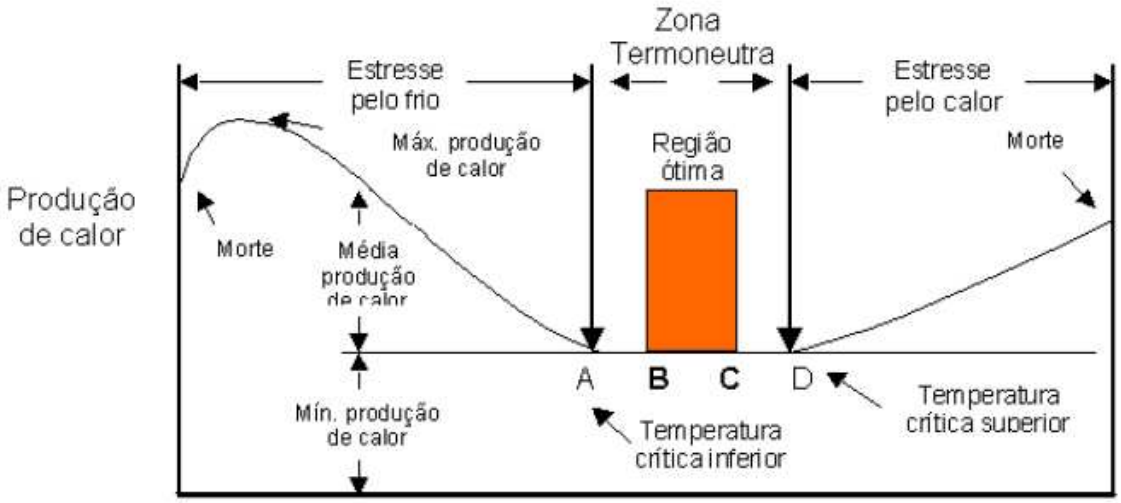


Figura 1. Curva da produção de calor metabólico dos homeotermos, *versus* a temperatura ambiente.
Fonte: adaptado de SOUSA, 2002; THUY, 2005.

Onde:

A = temperatura crítica inferior

B – C = limites da zona de conforto

A – D = limites da zona de termoneutralidade

D = temperatura crítica superior

A Figura 1 mostra os limites de temperatura ambiente, em que a produção de calor do animal é constante (A – D), a produção de calor sensível diminui (até o ponto D) e a produção de calor latente aumenta (acima do ponto D), de acordo com a elevação na temperatura. Isso é explicado pela lei de transferência de calor, ou seja, a 1º lei da termodinâmica (CIGR, 2006). Dentro da zona de temperatura de A – D, os suínos podem manter a temperatura corporal constante. A temperatura ambiente abaixo de A, causa queda na temperatura corporal, enquanto acima de D, a temperatura corporal aumenta. Quando a temperatura ambiente decresce, abaixo da temperatura crítica inferior (ponto A), as perdas sensíveis de calor aumentam e induzem a um acréscimo na produção de calor metabólico por parte do organismo, a fim de manter sua temperatura corporal constante, o que requer um suprimento extra de energia metabólica. De acordo com THUY (2005), a perda de calor na zona A – D é regulada por mudanças na resistência térmica da pele e através da evaporação da água, via pele e pulmões. Esta zona é conhecida como zona de termoneutralidade, em que a produção de calor e a energia, necessárias para a manutenção, são mínimas.

Na zona B – C, denominada zona de conforto, a taxa metabólica é mínima e a produção calórica é igual à perda calórica sem gasto de energia (ITO, 2004). Os suínos podem regular a perda de calor através de meios físicos, sem a necessidade da ofegação[1]. Na temperatura crítica inferior (ponto A), a perda de calor evaporativo é mínima e a vasoconstrição e a resistência dos tecidos são máximas. Na temperatura crítica superior (ponto D), a perda de calor evaporativo e a vasodilatação são máximas, a resistência dos tecidos é mínima e o animal pode apresentar ofegação. Acima da temperatura crítica superior, o animal entra em estresse calórico, onde a carga calórica do animal é maior do que a sua capacidade de dissipação de calor.

[1] Aumento na frequência respiratória acima de 40 movimentos por minuto (CARR, 2005).

A temperatura crítica superior depende da idade, do peso corporal, nível de produção e reprodução, da composição da dieta, do consumo de alimento, condicionamento térmico anterior, da taxa de aumento na temperatura ambiente, do período de exposição ao calor severo, da movimentação do ar e umidade relativa do ambiente. Em condições de temperatura alta e umidade baixa, a perda de calor por evaporação é a mais importante e proporciona aumento da perda de calor total e da temperatura crítica superior (CURTIS, 1983). BLACK et al. (1993) definiram a zona de conforto das porcas entre 12°C e 22ºC e BENEDI (1986) recomendou o valor ótimo de umidade relativa do ar para suínos entre 60 a 80%.

3.2 Troca de calor

Os animais possuem mecanismos básicos de troca calor com o ambiente. Estes mecanismos podem ser divididos em duas categorias: não evaporativos (sensível) e evaporativos (latente). Os meios não evaporativos incluem condução, convecção e radiação e requerem um diferencial de temperatura entre o animal e o meio ambiente. Os meios evaporativos incluem a perda de calor por evaporação de água (mudança do estado da água de líquido para gasoso) através da respiração e da pele (sudação) e dependem da diferença de pressão de vapor entre o ambiente e a superfície do trato respiratório e/ ou da pele (CURTIS, 1983).

Comparado a outras espécies de animais de produção, os suínos são mais sensíveis a temperatura ambiente elevada porque apresentam glândulas sudoríparas queratinizadas que respondem pouco ao estresse pelo calor, devido particularmente a capa de gordura embaixo da pele (THUY, 2005). Desse modo, a evaporação da superfície corporal ocorre mais pela difusão através das camadas externas da pele do que pela evaporação da superfície da pele (ESMAY, 1986).

3.3 Ambiente de alojamento

3.3.1 Métodos de arrefecimento de ambientes

O principal objetivo das instalações é, na medida do possível, não permitir que o calor externo, nem o frio excessivo, passem para dentro de seu interior, portanto, é necessário que haja bom volume de ar disponível, pé direito alto e um telhado com boa refletividade térmica, assim como também uma alta inércia térmica da edificação como um todo. Na reprodução os problemas de calor refletem de maneira evidente e como o suíno adulto é mais resistente ao frio do que ao calor, em regiões com clima mais quente há necessidade de climatização. A temperatura crítica de resistência ao calor é beneficiada pelo acionamento do mecanismo de troca térmica de convecção devido à ventilação. Animais adultos podem ter sua temperatura crítica superior elevada, ou seja, sua resistência ao calor aumentada, em até 2ºC, quando submetidos à ventilação proveniente de ventiladores dentro da instalação (NÄÄS, 2000).

No trabalho de NUNES et al. (2003), o uso de ventilação forçada associada à nebulização em salas de gestação de suínos durante o outono (março a agosto de 2000) não resultou em aumento da eficiência reprodutiva.

De acordo com SAMPAIO et al. (2004), a ventilação pode contribuir de forma positiva se bem planejada, pois auxilia na renovação do ar, no controle e dissipação de gases, odor, aerossóis, calor e no controle da temperatura corporal dos animais pela convecção.

Além de movimentar o ar dentro do alojamento, quando possível, associado ao resfriamento adiabático, o efeito do calor externo excessivo pode ser minimizado, reduzindo a incidência de calor pelos arredores e pelo telhado. Para isso, o uso de pinturas refletivas indica benefício, por aumentar a refletividade do telhado, o que pode representar redução igual ou acima de 3°C na temperatura ambiente (NÄÄS, 2009).

O resfriamento evaporativo tem sido recomendado como método efetivo para aumentar o conforto de suínos submetidos a condições de clima quente e aliviar os efeitos negativos do estresse calórico (TEIXEIRA et al., 2004; THUY, 2005; AARNINK et al., 2006; PANAGAKIS e AXAOPOULOS, 2006). Adicionalmente, manter uma taxa de ventilação

mínima é essencial para prover um ambiente saudável aos suínos e trabalhadores (JACOBSON, 2011).

KIEFER et al. (2012), relataram que o resfriamento evaporativo proporcionou aumento (P<0,001) no consumo de ração de 3,36 para 5,03 kg^{-1} dia para porcas primíparas e de segundo parto e, de 4,56 para 5,71 kg^{-1} dia para porcas de terceira a oitava ordem de parto resultando (P<0,01) em diminuição na mobilização de reservas corporais, aumento na produção de leite e no peso dos leitões ao desmame.

Outro método para arrefecimento do ambiente é o resfriamento do piso da gaiola de maternidade, o qual favorece a dissipação de calor corporal, melhorando a condição térmica, a capacidade de consumo e o desempenho produtivo de porcas em lactação durante o verão (SILVA et al., 2006, LIMA et al., 2011).

3.3.2 Índice de temperatura e umidade (ITU)

O índice de temperatura e umidade (ITU) é um índice de conforto térmico desenvolvido inicialmente para humanos (THOM, 1958) e tem sido utilizado como referência na agropecuária por englobar os efeitos combinados de temperatura de bulbo seco e bulbo úmido e quantificar a zona de conforto adequada dos homens e animais (CIGR, 2006).

O ITU estabelece uma relação entre a temperatura e a umidade relativa do ambiente e o animal. Os limites definidos para a segurança do animal são: ITU menor ou igual a 74 é considerado normal, igual ou acima de 75 indica situação de alerta, de 79 a 83 indica condição de perigo e igual ou acima de 84 indica situação de emergência (BARBARI et al., 2007).

O cálculo do ITU para suínos foi realizado com base na equação de ROLLER e GOLDMAN (1969) citados por PANAGAKIS e AXAOPOULUS (2006):

$$ITU = 0{,}45TBU + 1{,}35TBS + 32 \qquad \textbf{Eq. 1}$$

Onde:

TBS = temperatura de bulbo úmido

TBU = temperatura de bulbo seco

3.3.3 Importância da água

A água é um nutriente essencial às funções corporais normais, tais como: crescimento, reprodução, regulação da temperatura corporal, absorção e transporte de nutrientes, excreção e lubrificação das articulações.

O volume de água ingerido pelos animais depende de fatores como, composição, qualidade, palatabilidade, quantidade e conteúdo de água da ração, qualidade e temperatura da água, fluxo de água e tipo de bebedouros, modelo da instalação, temperatura ambiental, estágio do ciclo reprodutivo, manejo da ração e dos animais durante a gestação e estado de saúde dos animais. O baixo consumo de água resulta em infecção urinária (SOBESTIANSKY et al., 1995), menor consumo de ração e menor produção de leite.

A provisão de uma quantidade adequada de água é importante principalmente quando a temperatura ambiente está elevada, porque os animais em estresse calórico consomem grande volume de água que pode chegar a 200 ml kg^{-1} d^{-1} nas porcas. Além disso, há grande perda de água durante os períodos de ofegação através das superfícies do trato respiratório e da saliva (CURTIS, 1983).

3.4 Aplicações da termografia infravermelha

Os métodos convencionais de medir a temperatura, umidade e velocidade do ar não demonstram a influência imediata das condições do ambiente sobre os animais alojados. Por outro lado, as medidas da temperatura superficial são úteis para verificar o conforto térmico dos animais. A temperatura do ar provoca mudanças na circulação sanguínea (vasodilatação ou vasoconstrição) que é manifestada por mudanças na temperatura superficial.

A termografia é utilizada para monitorar a temperatura superficial, que é a temperatura de base de troca com o ambiente. É uma técnica de diagnóstico, não invasiva, sem contato físico, que detecta o calor emitido pela superfície do corpo ou objeto como radiação

infravermelha[2] e mostra a informação em uma representação ilustrada. (VAN HOOGMOED e SNYDER, 2002).

O exame termográfico é realizado com uma câmera que capta as emissões de calor do animal e mostra, em tempo real, a imagem com o gradiente térmico de cores representando as diferenças de temperatura na superfície corporal do animal. As áreas mais quentes são retratadas como brancas ou vermelhas e as regiões mais frias como azul ou preta. Mudanças instantâneas na temperatura podem ser monitoradas com a câmera termográfica. Os dados obtidos pela câmera são processados no computador e mostrados na forma de mapas que propiciam análise detalhada da temperatura.

A câmera termográfica mede e expõe a radiação infravermelha emitida por um objeto. Como a radiação é uma função da temperatura de superfície do objeto, é possível para a câmera calcular e exibir esta temperatura. Para medir a temperatura adequadamente, é necessário compensar os efeitos de várias fontes de radiação. Isto é feito automaticamente pela câmera. Contudo, alguns parâmetros devem ser abastecidos para a câmera, como a emissividade[3] do objeto, a temperatura refletida, a distância entre o objeto e a câmera e a umidade relativa do ambiente. Além disso, as imagens devem ser feitas na ausência de luz solar direta e de correntes de vento, os pelos devem estar livres de sujeira e umidade e os períodos de atividade do animal como alimentação e amamentação também devem ser considerados (KNÍZKOVÁ, 2007).

NUNES et al. (2009) descreveram sobre a sensibilidade da câmera termográfica, capaz de identificar variações de 0,1ºC na temperatura corporal, que seriam imperceptíveis à palpação.

Usando um sistema de termografia, KOTRBÁCEK e NAU (1985) observaram que nos últimos dias de gestação, particularmente após o parto, a temperatura da pele sobre a glândula mamária representava a área mais quente da superfície corporal. No primeiro dia de lactação, a temperatura superficial da glândula mamária foi de 39°C e nos períodos posteriores da lactação, a temperatura localizou-se entre 37ºC e 38°C.

[2] Radiação infravermelha: É uma radiação na porção invisível do espectro eletromagnético que está adjacente aos comprimentos de onda longos. Ainda que não seja percebida pelo homem na forma de luz, a radiação pode ser percebida como calor.

[3] Emissividade: É a relação entre o poder emissivo de um corpo qualquer e a de um corpo negro. Pode ter valor máximo igual a 1, correspondente à de um corpo negro, e mínimo igual a zero.

Conforme citado por BROWN-BRANDL et al. (2012), as imagens termográficas são úteis para prever o conforto térmico e a temperatura superficial é significativamente (P<0,05) afetada pela temperatura ambiente.

3.5 Balanço eletrolítico

O balanço eletrolítico está relacionado ao equilíbrio iônico dos fluídos orgânicos que regulam o balanço acidobásico para manutenção da homeostase orgânica (SAVARIS, 2008).

Conforme a Equação 2, proposta por PATIENCE (1990), o balanço eletrolítico pode ser definido como a diferença entre os principais cátions e ânions da ração e se refere à acidogenia ou alcalogenia metabólica desta ração. O balanço eletrolítico das rações (BER) é geralmente expresso em termos de miliequivalentes por quilo (mEq kg^{-1}), onde os três principais íons envolvidos nos processos metabólicos são os cátions sódio (Na^+) e potássio (K^+), e o ânion cloro (Cl^-).

$$BER = (Na/23 + K/39 - Cl/35{,}5)x10000 \quad \textbf{Eq.2}$$

Onde:

BER = balanço eletrolítico da ração

Na/23 = quantidade de sódio (%) obtida na fórmula de ração dividida pelo peso molecular do sódio (23)

K/39 = quantidade de potássio (%) obtida na fórmula de ração dividida pelo peso molecular do potássio (39)

Cl/35,5 = quantidade de cloro (%) obtida na fórmula de ração dividida pelo peso molecular do cloro (35,5)

Quando a temperatura ambiente aumenta, as porcas aumentam a frequência respiratória na tentativa de incrementar o resfriamento evaporativo. Durante o processo de ofegação, ocorre excreção de uma grande quantidade de dióxido de carbono (CO_2) dos pulmões, diminuição na concentração do íon hidrogênio (H^+) e aumento do pH. O animal tenta compensar a alcalose respiratória incrementando a excreção urinária de bases como os íons sódio (Na^+), potássio (K^+), magnésio (Mg^+), cálcio (Ca^+) e íons bicarbonato (HCO_3^-). Por isso, é importante a reposição destes minerais através da ração (CURTIS, 1983).

MAHAN (1990) expôs que as exigências de sódio, cloro e potássio aumentam durante a lactação devido à maior excreção destes minerais no leite. Consequentemente, períodos de lactação de longa duração ou porcas com alta produção de leite e/ou baixo consumo de ração poderiam diminuir as reservas corporais e prejudicar o balanço fisiológico destes minerais.

Em um experimento realizado por DOVE e HAYDON (1994), o aumento no BER de 130 para 250 mEq kg^{-1} através da adição de bicarbonato de potássio ($KHCO_3$) na dieta de porcas em lactação não resultou em efeitos sobre o consumo de ração, peso das porcas, espessura do toucinho e intervalo desmame-estro. No entanto, houve uma tendência de aumento ($P<0,05$) no peso dos leitões aos 21 dias de idade (5,45 para 5,71 kg).

LIZARDO (2006) citou que a incorporação de $NaHCO_3$ (2,5 a 10,0 kg t^{-1}) nas dietas de fêmeas em lactação é interessante para melhorar a ingestão voluntária de ração propiciada por um balanço eletrolítico em torno de 200 a 270 mEq kg^{-1}. MESCHY (1998) apresentou conclusão semelhante em relação ao consumo de dietas com BER ao redor de 200 a 250 mEq kg^{-1}.

Nos períodos de temperatura elevada, as fórmulas das rações devem ter o objetivo de reduzir a produção de calor endógeno nos processos de digestão e metabolismo dos alimentos e ser palatável a fim de assegurar o consumo adequado e atender as exigências de mantença e produção. Os estudos com o intuito de avaliar a suplementação de minerais para manter o balanço eletrolítico adequado para fêmeas suínas ainda são escassos, principalmente se considerarmos as condições de temperatura e umidade do ambiente (MARTINS e COSTA, 2008).

3.6 Parâmetros fisiológicos

3.6.1 Frequência respiratória

A primeira resposta do animal ao ambiente com temperatura acima daquela de termoneutralidade é o aumento na frequência respiratória a fim de incrementar a perda de calor através do processo evaporativo, em que se dá a evaporação da umidade existente no sistema respiratório. Segundo YAN e YAMAMOTO (2000) e mais recentemente o

NATIONAL PORK BOARD (2011), a frequência respiratória normal em suínos está ao redor de 20 movimentos respiratórios por minuto (mpm) e este valor pode ser aumentado durante o período de lactação em função do aumento no consumo de ração.

No estudo de QUINIOU e NOBLET (1999) com porcas multíparas em lactação, a perda de calor evaporativo aumentou drasticamente a frequência respiratória de 26 para 124 mpm, decorrente do aumento na temperatura ambiente de 18°C para 29ºC, mas não evitou o aumento na temperatura retal de 38,6°C para 39,4ºC. RENAUDEAU et al. (2001) obtiveram resultados semelhantes com aumento na temperatura ambiente de 20°C para 29ºC.

TOLON e NÄÄS (2005) compararam a eficiência de técnicas de ventilação natural (sem a presença de equipamento de ventilação: VN), refrigerada (com o uso de condicionador adiabático: VR) e forçada (uso de ventilador: VF) em maternidade de suínos. Foi verificada a maior sensação de conforto térmico e menor frequência respiratória no sistema de VR (50,2 mpm) em relação aos sistemas de VN (54,4 mpm) e VF (57,8 mpm).

A frequência respiratória das porcas primíparas na pesquisa de EICHEN et al. (2008) em ambiente frio e quente, aumentou de 26,2 para 44,9 mpm no final da gestação, de 36,8 para 73,2 mpm durante a lactação e de 21,7 para 28,6 mpm no intervalo desmame-estro. Os resultados estão de acordo com o esperado, já que a resposta no incremento da frequência respiratória para a dissipação do excesso de calor corporal é a ação mais rápida para minimizar o aumento da temperatura interna em ambiente com a temperatura elevada, acima do limite superior da zona de conforto térmico (HANNAS, 1999; THUY, 2005; SILVA et al., 2006).

3.6.2 Temperatura retal

Em condições de termoneutralidade, a temperatura retal das fêmeas suínas em lactação oscila em torno de valores médios próximos a 38,6ºC (RENAUDEAU et al., 2001). Adicionalmente, CARVALHO (1981) descreveu que a temperatura retal comumente observada varia de 37,8ºC a 39,4ºC. Segundo CURTIS (1983) a resposta da temperatura retal as mudanças no calor corporal interno ou mesmo a temperatura sanguínea é relativamente lenta.

Um aumento na temperatura retal de 1,0ºC a 1,5ºC é observado em aproximadamente 50% das porcas afetadas com síndrome de hipoagalaxia[4]. É importante destacar que a temperatura retal das porcas clinicamente normais aumentará lentamente no primeiro e segundo dia pós-parto. Há relatos de que temperatura retal maior que 39,4ºC na tarde do parto ou até aproximadamente 18 horas pós-parto é um bom indicativo do desenvolvimento da síndrome de hipoagalaxia (BARROS et al., 2009). Há divergências nas observações, enquanto alguns autores não encontraram diferenças na temperatura retal de porcas normais ou com agalaxia um dia antes do parto, outros autores observaram diferenças. Um estudo francês classificou todas as porcas (28% do grupo) com temperatura retal acima de 39,8ºC apresentando insuficiência de lactação (LEMAN et al., 1992).

Na avaliação de SILVA et al. (2006), embora as porcas na lactação submetidas ao piso sem resfriamento apresentaram aumento significativo na frequência respiratória e nas temperaturas superficiais já no período da manhã, o incremento na temperatura retal ocorreu apenas no período da tarde, confirmando ser um indicativo tardio do estresse calórico.

HUYNH et al. (2005) não observaram aumento na frequência respiratória e na temperatura retal até a temperatura ambiente de 21,3ºC e 24,6ºC, respectivamente.

Em experimento com fêmeas em lactação, BARBARI et al. (2007) testaram três sistemas de resfriamento, com gotejamento de água na região da nuca (*drip cooling*), com gotejamento de água na região da nuca e fluxo de ar na região da nuca ou focinho (*drip cooling and snout cooling*) e gotejamento de água na região da nuca e uma chapa de aço colocada em cima do piso da gaiola (*drip cooling and full steel sheet*) com a intenção de promover a remoção de calor por troca térmica. Os autores não obtiveram diferenças significativas entre os três sistemas na temperatura retal (39,04°C, 39,06°C e 39,03ºC) ou na temperatura da pele (36,48°C, 36,03°C e 36,10ºC).

3.6.3 Temperatura superficial

Quando a temperatura corporal aumenta devido à elevação na produção de calor, há um aumento no fluxo sanguíneo dos vasos capilares da pele, incrementando a temperatura

[4] Inabilidade da porca de produzir volume suficiente de leite para atender as necessidades nutricionais dos leitões.

superficial e a transferência de calor para o ambiente. Conforme citado por CURTIS (1983), a temperatura superficial da pele é o primeiro sinal de reação ao estresse calórico nos mamíferos. Os suínos começam a ofegar em resposta ao estresse calórico quando a temperatura superficial ultrapassa de 35ºC.

À temperatura ambiente de 20°C ou 29ºC durante a lactação, RENAUDEAU et al. (2001) encontraram aumento na temperatura superficial em diferentes regiões corporais (lombar, flanco e úbere) e retal após o parto, que continuaram constantes durante a lactação e diminuíram após o desmame. Conforme descrito pelos autores, a temperatura corporal elevada durante a lactação está relacionada com o aumento na produção de calor metabólico devido ao maior consumo de ração e a síntese de leite. A elevação na temperatura periférica pode ser explicada pelo aumento no fluxo sanguíneo dos vasos da pele para dissipação do calor corporal.

O estudo do ganho ou perda de calor da superfície da pele é de grande significado no desenvolvimento do ambiente ótimo para maximizar o desempenho dos animais. A temperatura superficial da pele aumenta com o aumento na temperatura ambiente e radiação solar e diminui com o aumento na velocidade do ar. Quando a pele está úmida, a perda de calor evaporativo aumenta com o aumento na temperatura ambiente, velocidade do ar e radiação solar, mas diminui com aumento na umidade relativa do ar (JIANG et al., 2004).

Analisando os efeitos do manejo das cortinas nas salas da maternidade, MENDES (2005) relatou maiores médias de temperatura superficial das fêmeas suínas no manejo das cortinas totalmente fechadas (34,36ºC) ou semiabertas (33,69ºC), comparando-se ao manejo das cortinas totalmente abertas (31,73ºC). Ao abrir as cortinas da instalação, ocorre a passagem rápida de um grande volume de ar externo, o qual é misturado com as condições do ar interno e tende a se igualar com as condições externas. Portanto, a melhor ocasião para usar a ventilação por meio do manejo das cortinas é quando a temperatura externa é igual ou inferior à da instalação. Quanto maior este gradiente de temperatura, mais eficiente será a perda de calor por convecção.

SILVA et al. (2006) concluíram que as maiores temperaturas superficiais observadas na região da nuca, pernil traseiro e peitoral das porcas em lactação submetidas ao piso sem

resfriamento foram atribuídas ao aumento na circulação sanguínea periférica como forma de dissipar o calor corporal.

Na avaliação do ambiente frio (18°C a 21ºC) e quente (25°C a 32ºC) sobre as respostas de porcas primíparas, EICHEN et al. (2008) observaram mudanças mínimas na temperatura retal e diferenças significativas na temperatura da orelha. A diferença da temperatura retal para o ambiente frio e quente foi de 38,15°C e 38,35ºC no final da gestação e de 39,31°C e 39,83ºC durante a lactação. No intervalo desmame-estro, a diferença de 38,8°C e 38,9ºC aumentou para 39,4ºC e 40,2ºC no período da ovulação. As temperaturas da orelha foram de 30,5°C e 36,2ºC no final da gestação, de 34,3°C e 38,2ºC durante a lactação e de 31,3°C para 36,6ºC no intervalo desmame-estro. Os autores concluíram que a temperatura da orelha é um indicador confiável de mudança térmica para verificar o nível de estresse calórico que o animal está exposto. Além disso, a alteração da temperatura poderia ser útil na determinação do estágio do estro.

3.6.4 Concentração de cortisol salivar

Entre os indicadores de estresse reconhecidos na pesquisa sobre bem-estar animal podem ser citados os níveis de cortisol na saliva e plasma, creatina fosfoquinase e lactato no soro e no plasma sanguíneo. Os indicadores sanguíneos fornecem importantes informações sobre o grau de estresse psicológico e físico (estado fisiológico, movimentação dos animais, calor e frio, restrição alimentar, mistura de lotes, brigas) gerado pela submissão dos suínos a situações e ambientes desconhecidos. Porém, a coleta de sangue é uma atividade estressora e pode comprometer os índices de produtividade dos sistemas de produção (DALLA COSTA et al., 2006).

O sistema nervoso autônomo e o eixo Hipotálamo-Pituitária-Adrenocortical (HPA) estão envolvidos em processos metabólicos homeostáticos e são ativados em situações que requerem disponibilidade imediata de metabólitos energéticos tais como reações a agentes estressores e desafios ambientais. O cortisol é o principal hormônio ativo no HPA e apresenta características especiais quanto à variação na sua concentração e intensidade de ação. Esta variação é condicionada pelo ciclo diário, sincronizado pela intensidade da luz e, é

característica para cada espécie animal (DALLA COSTA et al., 2006; KOEPPEN e STANTON, 2009 citados por BAPTISTA et al., 2011).

VINING et al. (1983) descreveram que o cortisol salivar é um método de amostragem mais apropriado para a avaliação clínica da função adrenocortical do cortisol sérico. O aumento no cortisol sérico reflete no cortisol salivar em menos de cinco minutos. Além disso, a saliva é um material biológico que pode ser facilmente coletado e obtido de forma não invasiva, sem provocar estresse no animal.

No estudo de FAGUNDES et al. (2008) os suínos (Landrace x Large White) machos castrados e fêmeas, entre 74 a 149 dias de idade, foram distribuídos aleatoriamente em duas condições térmicas de 22,2°C a 32,8ºC e 17,6°C a 26,6ºC e apresentaram, respectivamente, os níveis de cortisol: 7,06 e 4,82 mg dL^{-1}, sugerindo que o cortisol pode ser um indicador do estresse térmico.

3.7 Parâmetros de desempenho

Entre os fatores que influenciam o desempenho da fêmea suína pode-se destacar os antecedentes reprodutivos e as condições ambientais de temperatura e umidade (WENTZ et al., 1999), além da alimentação e o manejo adequado das fêmeas principalmente em temperaturas elevadas (CLOSE e COLE, 2000).

3.7.1 Consumo de ração

A temperatura ambiente é um dos principais fatores que influencia o consumo de ração dos animais (CURTIS, 1983). A redução no consumo de ração ocorre geralmente quando a temperatura ambiente excede a zona termoneutra (BLACK et al., 1993). O decréscimo no consumo de ração tem o objetivo de reduzir a produção de calor, devido ao incremento calórico dos alimentos. Na prática, a temperatura ambiente normalmente é superior a 20ºC, portanto, as porcas estariam sempre expostas a condições de estresse térmico.

No trabalho de RENAUDEAU et al. (2001) com porcas multíparas, cada grau de aumento na temperatura ambiente de 20°C a 29ºC, ocasionou um decréscimo no consumo de ração de 0,331 kg d^{-1} ($P<0,001$). Esta queda no consumo de ração foi justificada pelos autores

em decorrência da maior taxa de produção de calor devido à elevação na produtividade das porcas e, subsequente maior susceptibilidade ao estresse calórico.

TEIXEIRA et al. (2004) obtiveram maior consumo de ração (P<0,01) de porcas em lactação submetidas ao sistema de resfriamento evaporativo (35,64 kg semana^{-1}), em relação ao sistema de ventilação forçada (29,59 kg semana^{-1}) ou sem ventilação (26,66 kg semana^{-1}).

SILVA et al. (2006) destacaram que o maior consumo de ração (P<0,01) das porcas em lactação mantidas em gaiolas com piso resfriado (6,47 kg d^{-1}) em relação ao piso não resfriado (5,61 kg d^{-1}), ocorreu provavelmente devido à melhor eficiência de troca de calor sensível dos animais com o piso, em razão do aumento no gradiente de temperatura entre o corpo do animal e o piso resfriado.

Uma alternativa para obter maior consumo de ração das porcas em lactação é o fornecimento de ração à noite, quando a temperatura está mais baixa, a fim de compensar o menor consumo durante o dia e melhorar o conforto térmico (THUY, 2005).

3.7.2 Condição corporal

A variação de peso das fêmeas influencia o seu potencial reprodutivo. Fêmeas muito gordas na maternidade apresentam predisposição a problemas no parto e redução de consumo no período de lactação. Por outro lado, fêmeas muito magras em catabolismo no momento da cobertura, podem apresentar redução na taxa ovulatória. Dessa maneira, a fêmea deve receber alimentação à vontade na lactação e pós desmame, e alimentação controlada durante a gestação (MELLAGI et al., 2009).

Na avaliação de SOUSA (2002), o uso de ventilação forçada durante a gestação não proporcionou alteração significativa (P>0,05) na espessura de toucinho (12,96 mm), em relação às fêmeas submetidas à ventilação natural (12,89 mm). No entanto, ROMANINI et al. (2008) demonstraram que porcas submetidas à ventilação forçada ou resfriamento evaporativo apresentaram maior espessura de toucinho (14,9 mm) em relação à ventilação natural (14,5 mm).

De acordo com EISSEN et al. (2003), o maior consumo de ração de porcas primíparas durante a lactação reduziu a perda de peso, aumentou o ganho de peso da leitegada

e reduziu o intervalo desmame-estro. As porcas com menor perda de peso durante a primeira lactação apresentaram maior número de leitões nascidos na segunda lactação. Por outro lado, TEIXEIRA et al. (2004) verificaram que porcas na maternidade submetidas ao sistema de resfriamento evaporativo, apresentaram menor ($P<0,05$) perda de peso corporal em relação ao sistema de ventilação forçada ou sem ventilação.

3.7.3 Intervalo desmame-estro

Os resultados da pesquisa de KOKETSU et al. (1997), sugeriram que o maior consumo de ração, durante a metade da lactação, reduziu o intervalo desmame-estro mais do que o aumento do consumo de ração, no final da lactação. De acordo com os autores, para otimizar o desempenho reprodutivo após o desmame, é necessário acompanhar o consumo de ração durante cada semana individualmente do período de lactação.

RENAUDEAU et al. (2001) não encontraram efeito da temperatura ambiente (20°C ou 29ºC) sobre o intervalo desmame-estro. Enquanto, EISSEN et al. (2003) concluíram que o maior consumo de ração durante a lactação pode, ao menos em parte, reduzir a perda de peso corporal e diminuir a probabilidade de um intervalo desmame-estro prolongado.

3.7.4 Peso dos leitões ao desmame

O manejo das porcas e suas leitegadas durante a lactação visa reduzir ao mínimo o número de mortes e obter o máximo desenvolvimento corporal dos leitões.

KOKETSU et al. (1997) comprovaram a influência do consumo de ração das porcas sobre o ganho de peso dos leitões. Os autores encontraram que o consumo de 1,0 kg a mais de ração/dia das fêmeas primíparas durante a segunda e terceira semanas de lactação resultou em aumento de 35,0 g d^{-1} no peso dos leitões.

De acordo com TEIXEIRA et al. (2004), as médias de ganho de peso dos leitões das porcas submetidas ao sistema de resfriamento evaporativo foram 10,36% maior do que no sistema de ventilação forçada e 26,29% maior do que no sistema sem ventilação. Resultados de maior peso dos leitões ao desmame também foram obtidos por ROMANINI et al. (2008) e

MORALES et al. (2009) para porcas submetidas ao sistema resfriamento evaporativo na maternidade.

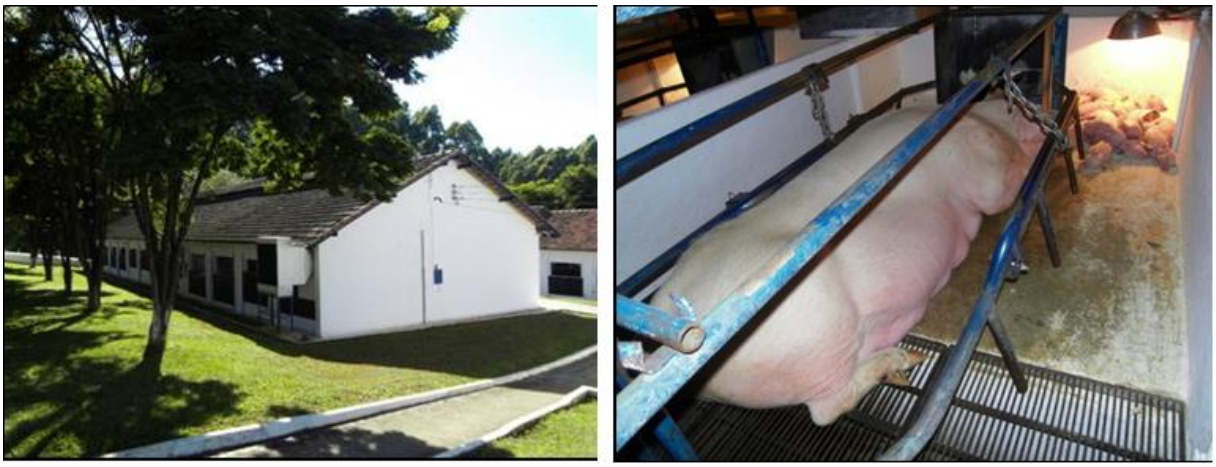
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Instalações

A coleta de dados foi realizada em uma granja comercial de suínos localizada na latitude 18º17'00" S, longitude 46º 59'36" N e altitude média de 972 metros, durante os meses de janeiro, fevereiro e março de 2010. O clima da região é caracterizado como mesotérmico Cwa (tropical de altitude, quente/úmido no verão e frio/seco no inverno) pela classificação climática de Köppen.

As porcas foram alojadas em galpão com orientação leste-oeste, cobertura em telhas de barro, com presença de lanternim (Figura 2 a), beiral de 0,8 m, sem forro abaixo do telhado, com janelas para controle da ventilação natural e mureta lateral de alvenaria de 1,0 m.

O galpão possuía dimensões de 10 x 36 m e pé-direito de 3 m, com três salas e duas fileiras de 12 baias de 1,73 x 3,38 m em cada sala. Cada baia tinha uma gaiola para as fêmeas e, nas laterais, um espaço exclusivo para os leitões (Figura 2 b).



(a) **(b)**

Figura 2. Galpão onde foi realizado o experimento (a) e fêmea suína com a leitegada na baia da maternidade (b).

A gaiola era em metal com barras laterais anti-esmagador, piso parcialmente vazado em ferro metálico galvanizado na região do fundo da baia e piso restante em concreto. Na frente da gaiola havia uma área aberta para os leitões (escamoteador), com lâmpada de 100 W

para aquecimento. Nessa área os leitões eram fechados nos primeiros dias de idade durante o arraçoamento das porcas e também quando necessário nas ocasiões de manejo das porcas e/ou dos leitões.

4.2 Animais e alimentação

Foram utilizadas 72 fêmeas suínas da genética DanBred®, de primeira a quinta ordens de parto, alojadas individualmente nas gaiolas do galpão de maternidade. O projeto foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/Unicamp) sob o protocolo nº 2036-1.

O experimento começou no dia do parto e se estendeu durante o período de lactação, desmame dos leitões, até a manifestação do estro das porcas.

As rações foram produzidas na fábrica de ração da granja e os níveis nutricionais foram mantidos conforme os níveis em uso na granja para a genética DanBred®, com variação apenas no balanço eletrolítico (BE) da ração lactação (Tabela 1), fornecida do parto até a manifestação do estro das porcas:

Ração BEN: balanço eletrolítico natural de 175 mEq kg^{-1};

Ração BEA: balanço eletrolítico ajustado de 275 mEq kg^{-1}.

Na ração BEN, o BE foi obtido naturalmente na fórmula da ração lactação. Na ração BEA, o BE foi ajustado com a adição de bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) e um produto a base de eletrólitos (BalEq®NaK).

Água foi disponibilizada a vontade no bebedouro tipo chupeta. A caixa d'água que servia o galpão de maternidade encontrava-se tampada, no interior do galpão, na sala central, 1,5m abaixo do telhado.

A ração foi fornecida manualmente, conforme o arraçoamento da granja, de modo controlado até o 4º dia de lactação e a partir daí à vontade para todos os tratamentos (Tabela 2).

Tabela 1. Composição centesimal e calculada das rações de lactação.

Composição centesimal dos ingredientes (%)		**Ração BEN**	**Ração BEA**
Milho moído 8%		51,000	51,000
Farelo de soja 45%		27,000	27,000
Farelo de trigo		6,000	6,000
Óleo vegetal		6,000	6,000
Açúcar		5,000	5,000
Fosfato bicálcico		1,650	1,650
Calcário 37%		1,080	1,080
Caulin		0,680	0,068
Sal moído		0,500	----
Premix vitamínico-mineral[1]		0,400	0,400
L-Lisina 98%		0,365	0,365
L-Treonina		0,180	0,180
DL-Metionina 99%		0,135	0,135
Antioxidante		0,010	0,010
BalEq®NaK[2]		----	0,635
Bicarbonato de sódio 27%		----	0,477
Total		100,000	100,000
Composição calculada na matéria natural			
Energia Metabolizável Suínos	kcal kg^{-1}	3.391,54	3.391,54
Proteína bruta	%	17,764	17,764
Fibra bruta	%	3,411	3,411
Extrato etéreo	%	8,575	8,575
Matéria mineral	%	5,723	5,243
Cálcio	%	0,929	0,929
Fósforo total	%	0,647	0,647
Lisina total	%	1,200	1,200
Lisina digestível	%	1,068	1,068
Sódio	%	0,222	0,286
Cloro	%	0,411	0,233
Potássio	%	0,762	0,850
Balanço Eletrolítico (BE)[3]	mEq kg^{-1}	175,730	275,970

[1]Contém em 1,0 kg de ração: vitamina A – 10.000 UI, vitamina D_3 – 2.000 UI, vitamina E – 30 mg, vitamina K_3 – 3 mg, vitamina B_1 – 2 mg, vitamina B_2 – 4 mg, vitamina B_6 – 3 mg, vitamina B_{12} – 20 mcg, colina – 1,4 g, niacina – 25 mg, ácido pantotênico – 14 mg, ácido fólico – 1,6 mg, biotina – 0,4 mg, antioxidante – 100 mg, ferro – 80 mg, manganês – 70 mg, zinco – 150 mg, cobre – 15 mg, iodo – 1 mg e selênio – 0,3 mg. [2]BalEq®NaK: sal eletrolítico - mínimo de 21% de sódio e 20,5% de potássio e máximo de 19% de cloro.
[3]Balanço Eletrolítico da ração calculado conforme Patience (1990): BE = (Na/23 + K/39 – Cl/35,5) x 10000, com base nos valores das matérias-primas especificados por Rostagno (2005).

Tabela 2. Manejo do fornecimento da ração de acordo com o dia da lactação.

Dia da Lactação	Ração (kg)	Horário			
		07h00min	10h30min	19h00min	02h00min
1º	2,0	1,0	----	1,0	----
2º	4,0	2,0	----	2,0	----
3º	5,0	2,0	1,0	2,0	----
4º	6,0	2,0	1,0	2,0	1,0
5º	>7,0*				

*Consumo *ad libitum*.

No início do experimento, foram realizadas duas análises microbiológicas nas rações para verificar a presença ou ausência de *Salmonella spp*. Após a produção da batida de 500 kg, a ração era ensacada e as amostras coletadas de cada saco, homogeneizadas e enviadas para análise em laboratório especializado.

Foram realizadas análises bromatológicas de todas as rações produzidas durante o experimento (total de 14 batidas de ração BEN e 14 batidas de ração BEA). Após a produção da batida de 500 kg, a ração era ensacada e as amostras coletadas de cada saco, homogeneizadas e enviadas para análise no laboratório da Agroceres Multimix. As análises bromatológicas foram: umidade (Um), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), cálcio (Ca), fósforo (P), sódio (Na), cloro (Cl) e potássio (K).

4.3 Sistemas de ventilação

As fêmeas suínas foram submetidas a dois sistemas de ventilação no galpão da maternidade:

Sistema de ventilação natural: SVN

Sistema de resfriamento evaporativo: SRE

O sistema de resfriamento evaporativo tem como elemento principal o painel evaporativo, onde é lançada uma quantidade de água na parte superior que escoa por gravidade para a parte inferior, espalhando-se por toda superfície, altamente absorvente e adesiva, dos seus elementos de contato. O ar forçado a passar através desses elementos é

resfriado e umidificado devido ao intenso contato entre o mesmo e a superfície molhada. O resfriamento e a umidificação do ar ocorrem devido unicamente à evaporação, sem necessidade de fornecimento adicional de energia. Somente uma pequena parte da água distribuída é consumida, o excesso é recolhido num reservatório, que ocupa toda a parte inferior da unidade, de onde é novamente lançada, por meio de bomba, na parte superior do painel evaporativo, dando continuidade ao processo.

Especificações técnicas do equipamento de resfriamento evaporativo utilizado no experimento: vazão de ar: 15.000m³ h^{-1}, painéis evaporativos de 200 mm, comprimento 1.235 mm, largura 930 mm, altura 1.593 mm, peso seco: 150 kg e peso em operação: 260 kg.

O sistema de resfriamento evaporativo foi instalado na extremidade do galpão da maternidade (Figura 3 a e b), composto basicamente por painéis evaporativos, ventilador do tipo axial, reservatório de água e sistema interno de circulação e distribuição de água, tudo contido num gabinete metálico, de onde partia um sistema de dutos com saídas individuais para as gaiolas das fêmeas (Figura 4 a e b).

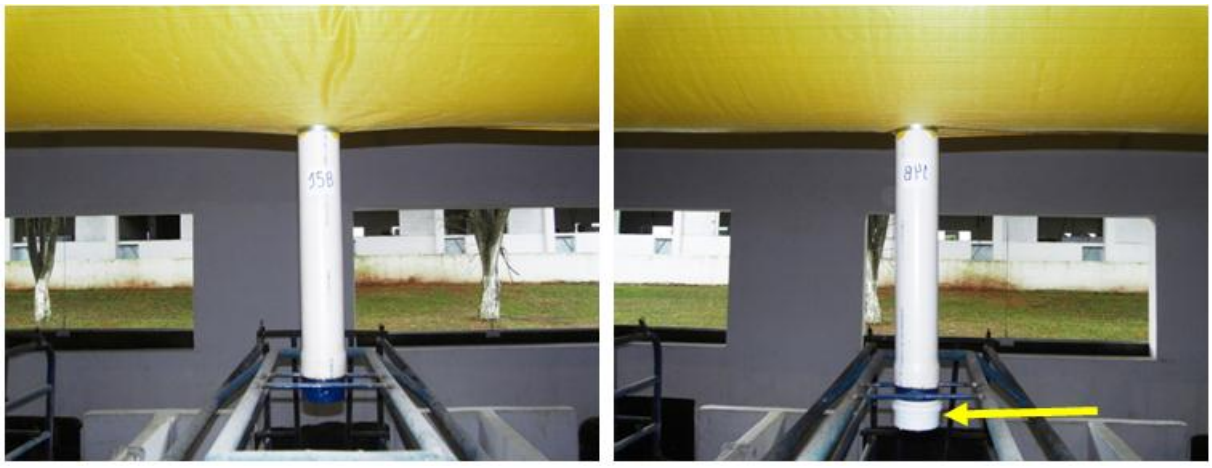
(a) **(b)**

Figura 3. Vista lateral (a) e frontal (b) do equipamento de resfriamento evaporativo.

(a) **(b)**

Figura 4. Vista interna da sala de maternidade, com os dutos de ventilação (a e b).

Os dutos capturavam a ventilação e tinham aberturas de 8 cm de diâmetro (Figura 5 a) na direção da cabeça da porca, próximo a nuca. Para o tratamento de ventilação natural, a saída de ar dos dutos foi fechada com uma tampa plástica, impossibilitando o ar de circular sobre as porcas (Figura 5 b).



(a) **(b)**

Figura 5. Detalhe do duto de ventilação com resfriamento evaporativo (a) e com a tampa impedindo a ventilação (b).

As aberturas nos dutos eram alternadas, de modo que dentro de cada sala da maternidade, 50% das porcas receberam a ventilação refrigerada e 50% das porcas receberam

a ventilação natural. O acionamento do sistema de resfriamento evaporativo era realizado quando a temperatura registrada no interior da sala chegava a 23ºC, permanecendo em funcionamento até o momento em que a umidade relativa do ar atingisse 80%. A partir desta umidade, apenas o ventilador continuava ligado.

4.4 Registro do ambiente de alojamento

Foram registrados os dados diários de temperatura ambiente, umidade relativa do ar, velocidade do ar, iluminância e os aspectos físico-químicos da água. Foi calculado também o índice de temperatura e umidade (ITU).

4.4.1 Temperatura ambiente, Umidade relativa do ar, Velocidade do ar e Iluminância

Para aquisição dos dados do ambiente interno de temperatura e umidade foi instalado um *data logger* da marca HOBO® em cada sala do galpão de lactação e os dados foram coletados a cada 60 min. Os dados diários do ambiente externo (temperatura e umidade relativa do ar) também foram registrados a cada 60 min usando um *data logger* instalado na parede externa do galpão da maternidade.

A temperatura ambiente também foi registrada com o termômetro de globo negro no período da manhã (entre 07h00min e 09h00min) e no período da tarde (entre 15h00min e 17h00min), diariamente. A temperatura de globo negro foi obtida a partir de instrumento denominado de termômetro de globo negro, composto por uma esfera oca de cobre, pintada externamente com tinta preta fosca com um sensor térmico inserido no centro da esfera (NÄÄS, 1989).

A velocidade do ar foi registrada usando um Higro-Termo-Anemômetro (modelo HTA 4300 Marca Pacer, USA), no período da manhã (entre 07h00min e 09h00min) e no período da tarde (entre 15h00min e 17h00min), diariamente, durante 30 s, no lado de fora do galpão e na região da cabeça da porca em duas posições, deitada (Figura 6 a) e "em pé" (Figura 6 b). Os dados de temperatura e umidade relativa do ar mensurados na região da cabeça da porca nas posições, deitada e em pé também foram registrados no horário equivalente e com o mesmo equipamento. Na análise estatística, foram utilizados os valores

registrados do ambiente interno para temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do ar no sistema de ventilação natural. E para o sistema de resfriamento evaporativo, foram utilizados os valores médios de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do ar obtidos na região da cabeça da porca nas posições em pé e deitada.

(a) **(b)**

Figura 6. Mensuração da velocidade do ar na cabeça da porca deitada (a) e "em pé" (b)**.**

A iluminância foi monitorada com um luxímetro no período da manhã (entre 07h00min e 09h00min) e no período da tarde (entre 15h00min e 17h00min), em três pontos de cada sala e foi calculado o valor médio por sala (Figura 7 a e b).

(a) **(b)**

Figura 7. Mensuração da iluminância do ambiente (a) e próximo da porca deitada (b).

4.4.2 Cálculo do ITU

O índice de conforto térmico foi calculado com base no índice de temperatura e umidade (ITU), de acordo com a equação de ROLLER e GOLDMAN (1969) citados por PANAGAKIS e AXAOPOULOS (2006), conforme a Equação 1 da revisão de literatura.

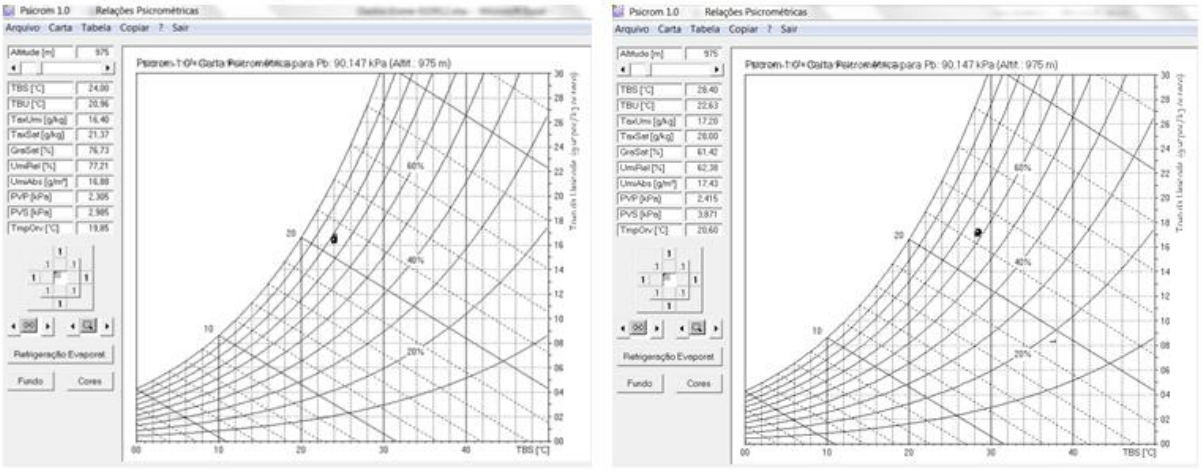
$$ITU = 0{,}45TBU + 1{,}35TBS + 32 \qquad \textbf{Eq. 1}$$

Onde:

TBU = temperatura de bulbo úmido (ºC)

TBS = temperatura de bulbo seco (ºC)

A temperatura de bulbo seco correspondente à temperatura do ar medida à sombra (protegida da radiação solar), ou seja, a temperatura ambiente interna. A temperatura de bulbo úmido foi obtida no software Psicrom 1.0, que calcula as propriedades psicrométricas do ar (Figura 8 a e b).



(a) **(b)**

Figura 8. Carta psicrométrica obtida no software Psicrom 1.0.
Valores de temperatura e umidade obtidos no período da manhã (a) e da tarde (b).
Fonte: RORIZ, 2003.

Os cálculos do ITU foram realizados considerando-se os dados de temperatura e umidade relativa do ar no sistema de resfriamento evaporativo e no sistema de ventilação natural.

4.4.3 Características físico-químicas da água

A água utilizada na granja era tratada com cloro e proveniente de represa. Com a finalidade de monitorar as características físico-químicas da água, foram realizadas duas amostragens da água antes do início do experimento para análise química e microbiológica em laboratório especializado.

Além disso, foram monitoradas a vazão de água nos bebedouros (tipo chupeta) e as análises diárias do nível de cloro e pH da água. A vazão de água foi determinada colocando-se um balde embaixo do bebedouro para captar o fluxo de água durante um minuto e depois a água foi colocada em recipiente calibrado de 100 em 100 ml para monitorar a quantidade total liberada em um minuto. Este procedimento foi repetido nos bebedouros das extremidades e do centro do galpão.

As análises rápidas de cloro e pH foram realizadas no Kit para análises cloro e pH Meka®.

A temperatura da água de bebida foi registrada em um bebedouro tipo chupeta com o termômetro de sensor externo durante todos os dias do experimento, no período da manhã (entre 07h00min e 09h00min) e da tarde (entre 15h00min e 17h00min).

4.5 Registro dos parâmetros fisiológicos

Foram registrados os parâmetros de termorregulação (frequência respiratória, temperatura retal e temperatura superficial), concentração de sódio, potássio e cloretos na urina e concentração de cortisol salivar.

4.5.1 Frequência respiratória

Os dados de frequência respiratória foram registrados diariamente durante a fase lactação nos períodos da manhã (entre 07h00min e 09h00min) e da tarde (entre 15h00min e 17h00min).

A frequência respiratória foi monitorada visualmente através do número de movimentos do flanco durante 30 segundos e o valor obtido foi multiplicado por dois para

obtenção da frequência respiratória durante um minuto (movimentos por minuto). Esta foi registrada juntamente com as mensurações de temperatura retal e temperatura superficial.

4.5.2 Temperatura retal

A temperatura retal foi aferida por meio de termômetro clínico veterinário introduzido no reto das porcas, durante um minuto. Os registros foram realizados diariamente durante a fase lactação nos períodos da manhã (entre 07h00min e 09h00min) e da tarde (entre 15h00min e 17h00min).

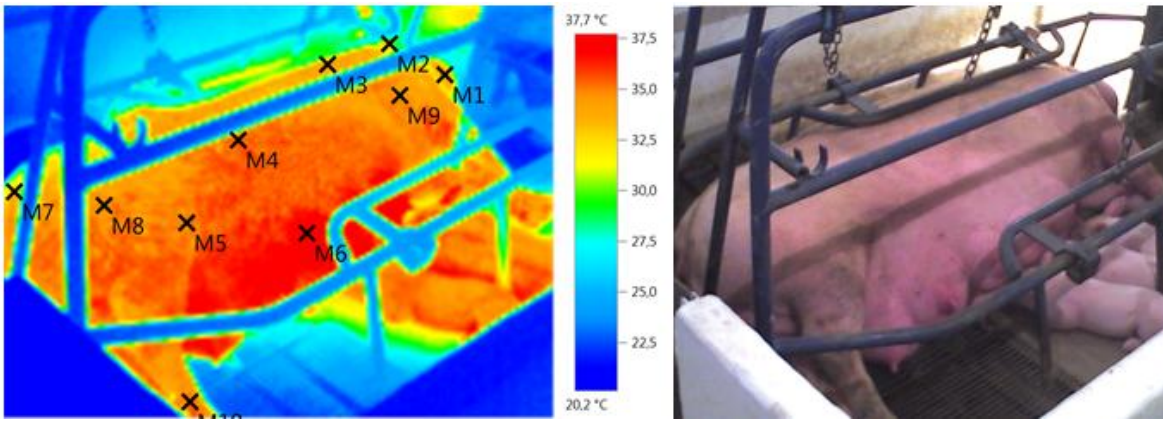
4.5.3 Temperatura superficial

a. Avaliação com a câmera termográfica

A temperatura superficial foi registrada diariamente com a câmera termográfica infravermelha testo®880, durante a fase lactação nos períodos da manhã (entre 07h00min e 09h00min) e da tarde (entre 15h00min e 17h00min).

A câmera termográfica testo®880 apresenta precisão de ± 0,1° C e intervalo de espectro entre 7.5 - 13 μm e foi posicionada a uma distância padronizada de 3 m da porca em todas as coletas. As imagens foram registradas com um ângulo de 45º, gerando o perfil térmico de todo o corpo (orelha, nariz, dorso, região lombar, glândulas mamárias, flanco, pernil dianteiro, pernil traseiro, canela e cauda), conforme a Figura 9 (a e b). Foi calculada a temperatura superficial média dos pontos mensurados para cada repetição, durante todos os dias do experimento, nos períodos da manhã e da tarde. A emissividade utilizada para a pele de suínos foi de 0,95 para todas as imagens (BROWN-BRANDL et al., 2012).

As imagens termográficas foram processadas pelo *software* testo IRSoft®.



(a) **(b)**

Figura 9. Imagem termográfica com os pontos de coleta da temperatura superficial (a) e imagem real (b) da fêmea suína durante o experimento.

4.5.4 Concentração de sódio, potássio e cloretos na urina

No final do experimento, no dia do desmame, foi realizada uma amostragem de urina em 20 porcas, para análise das concentrações de sódio, potássio e cloretos, de acordo com os tratamentos. As amostras foram colhidas em frascos estéreis a partir da segunda metade da primeira micção da manhã, antes do arraçoamento, segundo a metodologia descrita por SOBESTIANSKY et al. (1995).

4.5.5 Concentração de cortisol salivar

As colheitas das amostras de saliva foram realizadas durante dois dias consecutivos.

Para a análise do cortisol, a saliva foi coletada com o Salivette®, posicionado na boca da porca (Figura 10 a), permitindo a mastigação até que o algodão ficasse umedecido com saliva. Posteriormente, a saliva foi extraída do algodão mediante pressão, coletada em tubo Eppendorf (Figura 10 b), e armazenada em freezer à temperatura de -20°C. As coletas de saliva após a mastigação do cotonete (cerca de 30 a 60 segundos) foram realizadas em dois dias consecutivos no período das 07h00min às 18h00min, em intervalos de aproximadamente 4 horas. No total foram realizadas oito coletas de amostras de saliva para cada porca.

Devido à dificuldade da coleta de saliva das porcas em lactação, foram utilizadas apenas 12 fêmeas distribuídas em dois tratamentos: ventilação natural ou resfriamento evaporativo.

Para análise da concentração do cortisol salivar também foram coletadas saliva de 40 porcas gestantes, considerando-se os parâmetros de horário da alimentação e o sistema de ventilação:

a) às 07h00min, antes da alimentação e às 09h00min, após a alimentação.

b) às 13h00min com ventilação forçada (velocidade média do ar na região da porca de 0,15 m s-1) e às 15h00min com ventilação natural (estresse térmico).

(a) **(b)**

Figura 10. Detalhe da coleta de saliva no galpão da gestação (a e b).

A concentração de cortisol da saliva das fêmeas suínas foi determinada através do kit Elisa Salimetrics®.

4.6 Registro dos parâmetros de desempenho

Quanto ao desempenho, foram registrados o consumo diário de ração, a condição corporal e o intervalo desmame-estro das fêmeas suínas, a mortalidade dos leitões na maternidade, o peso e o número dos leitões ao desmame.

4.6.1 Consumo de ração

A quantidade de ração fornecida durante o período do experimento foi pesada diariamente e as sobras nos comedouros foram colhidas e pesadas para determinação do consumo diário.

A ração durante a lactação foi fornecida quatro vezes ao dia, às 07h30min, 10h30min, 19h00min e 02h00min. E, durante o intervalo desmame-estro, a ração foi fornecida uma vez ao dia às 07h30min.

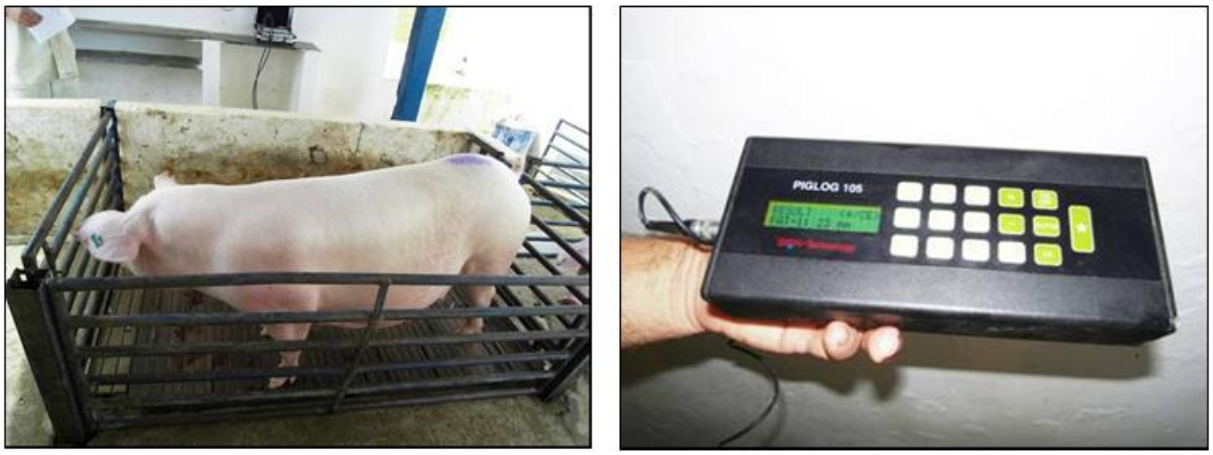
O manejo do arraçoamento das fêmeas seguiu o padrão da granja, onde, com a finalidade de estimular o consumo, após colocar a ração no comedouro de todas as fêmeas da sala, o funcionário colocava a mesma quantidade de água em cima da ração de todas as fêmeas, na proporção de 1 medida de água para 1 medida de ração.

4.6.2 Condição corporal

A condição corporal das fêmeas foi determinada pelo peso e espessura de toucinho. Os dados foram registrados no dia da transferência das fêmeas do galpão de gestação para o galpão da maternidade, ou seja, três dias antes do parto (peso inicial e espessura de toucinho inicial) e no dia do desmame (peso final e espessura de toucinho final).

O peso inicial foi apresentado de duas formas: peso inicial[1], sem descontar o peso da placenta e o peso dos leitões nascidos, e o peso inicial[2] (peso estimado após o parto) com desconto no peso da placenta e no peso dos leitões nascidos. As fêmeas foram pesadas individualmente na balança de uso da granja (Figura 11 a).

A mensuração da espessura do toucinho foi realizada por única pessoa, com o aparelho de ultrassom PigLog-105® (Figura 11 b) de uso da granja. O ponto de leitura foi obtido do lado esquerdo do animal na posição P_2 (demarcado a 4,0 cm da linha dorsal e a 6,5 cm da última costela na direção cranial (Figura 12 a e b).



(a) **(b)**

Figura 11. Pesagem da porca em balança com sistema computadorizado (a) e aparelho de ultrassom PigLog-105® (b).

(a) **(b)**

Figura 12. Forma de coleta dos dados de espessura de toucinho durante o experimento (a e b).

4.6.3 Intervalo desmame-estro

Aos 21 dias de lactação, os leitões foram desmamados e encaminhados para o setor de creche da granja e as porcas foram transferidas ao setor de gestação, onde continuaram a receber as rações correspondentes aos tratamentos até a apresentação do estro. A observação do estro (em dias) teve início a partir do primeiro dia pós-desmame e foi realizada no período da manhã (entre 08h00min e 10h00min) e no período da tarde (entre 15h00min e 17h00min).

O diagnóstico de estro compreendeu três fases. Na primeira etapa, foram identificadas as fêmeas que apresentam modificações anatômicas, como edema e hiperemia vulvar e alterações comportamentais como inquietude e falta de apetite. A segunda fase foi estimulação das fêmeas pela exposição ao macho sexualmente maduro, com idade superior a 10 meses e boa libido. Nessa fase foi necessário contato de cada fêmea com o macho, focinho-focinho por 1-2 minutos. Com a presença do macho, foi realizada a terceira etapa com o reflexo de tolerância à pressão lombar (reflexo de tolerância ao homem). Somente as fêmeas que responderam a esta estimulação foram consideradas em estro, ou seja, pressão lombar exercida pelo funcionário (MELLAGI, 2011).

4.6.4 Mortalidade dos leitões na maternidade

Os leitões foram uniformizados em média de 12 leitões por fêmea, proporcionais ao aparelho mamário das porcas (número de tetas viáveis). A mortalidade dos leitões foi registrada diariamente na maternidade no período compreendido entre a uniformização até o desmame e, posteriormente foi calculada a porcentagem de mortalidade para cada tratamento.

4.6.5 Peso dos leitões ao desmame

Os leitões foram pesados individualmente ao nascimento e uniformizados de acordo com o peso (pequenos e médios, médios e grandes) durante o período de até três dias após o parto e foram mantidos próximo de 12 leitões na mesma porca até o desmame quando foram novamente pesados. O desmame ocorreu em média, aos 21 dias de idade.

O ganho de peso diário dos leitões (GPD) foi calculado com base na diferença entre o peso aos 21 dias de idade e o peso ao nascimento dividido por 21 dias.

4.7 Análise estatística

4.7.1 Temperatura ambiente, umidade relativa do ar e ITU

Os dados de temperatura ambiente, umidade relativa do ar e ITU foram analisados de acordo com o sistema de ventilação (SVN e SRE). Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando o *software* Minitab® 15.1 (MINITAB, 2005). Considerou-se o nível de significância de 5% (P<0,05).

4.7.2 Parâmetros de termorregulação e de desempenho

Os parâmetros de termorregulação (frequência respiratória, temperatura retal e temperatura superficial) e de desempenho das porcas e os resultados dos leitões foram analisados considerando-se os tratamentos sistema de ventilação e balanço eletrolítico da dieta, e a ordem de parto.

a. De acordo com os tratamentos sistema de ventilação e balanço eletrolítico da dieta

O delineamento experimental foi blocos ao acaso com quatro tratamentos em disposição fatorial 2 x 2 e 18 repetições por tratamento. Os fatores foram dieta (dois níveis de BE: BEN e BEA) e sistema de ventilação (dois níveis de SV: SVN e SRE):

Tratamento BEN = 175 mEq kg^{-1} e SVN

Tratamento BEA = 275 mEq kg^{-1} e **SVN**

Tratamento BEN = 175 mEq kg^{-1} e **SRE**

Tratamento BEA = 275 mEq kg^{-1} e **SRE**

Os blocos foram oito datas de desmame dos leitões e a unidade experimental foi a porca com a sua leitegada.

Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando o *software* Minitab® 15.1 (MINITAB, 2005). Considerou-se o nível de significância de 5% (P<0,05).

Como não houve interação significativa entre os tratamentos, as médias dos resultados foram separadas por sistema de ventilação e balanço eletrolítico.

b. De acordo com a ordem de parto

Os resultados foram analisados em dois grupos, de acordo com a ordem de parto das porcas (primíparas e multíparas).

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com dois tratamentos, 14 repetições para as primíparas e 58 repetições para as multíparas.

Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando o *software* Minitab® 15.1 (MINITAB, 2005). Considerou-se o nível de significância de 5% ($P<0,05$).

4.7.3 Concentração de sódio, potássio e cloretos na urina

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com quatro tratamentos em disposição fatorial 2 x 2 e 5 repetições por tratamento. Os fatores foram sistema de ventilação (dois níveis de SV: SVN e SRE) e balanço eletrolítico da dieta (dois níveis de BE: BEN e BEA):

Tratamento BEN = 175 mEq kg^{-1} e SVN

Tratamento BEA = 275 mEq kg^{-1} e **SVN**

Tratamento BEN = 175 mEq kg^{-1} e **SRE**

Tratamento BEA = 275 mEq kg^{-1} e **SRE**

Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando o *software* Minitab® 15.1 (MINITAB, 2005). Considerou-se o nível de significância de 5% ($P<0,05$).

4.7.4 Concentração de cortisol salivar

Os resultados do cortisol salivar foram analisados de acordo com o sistema de ventilação para as porcas em lactação e de acordo com o sistema de ventilação e o horário de alimentação para as porcas em gestação. Os dados foram submetidos a ANOVA seguida de teste *t* de Student. Considerou-se o nível de significância de 5% ($P<0,05$).

4.8 Análise econômica

A análise econômica foi realizada com base no custo de investimento do resfriamento evaporativo e/ou da dieta com balanço eletrolítico ajustado, sobre o peso médio dos leitões ao desmame e a quantidade em kg de carne a mais na creche e ao abate.

Os valores do equipamento de resfriamento evaporativo e do kg do suíno referentes ao período durante a realização do experimento (janeiro a fevereiro de 2010) foram atualizados para dezembro de 2012 e convertidos em dólar para avaliação do tempo de retorno econômico do investimento.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Resultados de análise das amostras de rações

Os resultados de análise bromatológica e microbiológica das rações utilizadas no experimento (Tabela 3) encontraram-se dentro dos padrões esperados para os valores calculados, com variação permitida de até 5% para a análise de proteína bruta e de até 10% para as demais análises, como também ausência de *Salmonella spp*.

Tabela 3. Análise bromatológica e microbiológica das rações de lactação.

	Ração BEN[1]	**RAÇÃO BEA[2]**
Análises	**Média ± DP**	**Média ± DP**
Um (%)	10,27 ± 0,33	10,39 ± 0,48
PB (%)	17,84 ± 0,65	18,07 ± 0,55
EE (%)	8,06 ± 0,33	8,09 ± 0,26
FB (%)	3,37 ± 0,27	3,32 ± 0,26
MM (%)	5,71 ± 0,26	5,61 ± 0,38
Ca (%)	0,90 ± 0,10	0,98 ± 0,12
Pt (%)	0,64 ± 0,04	0,68 ± 0,05
Na (%)	0,20 ± 0,02	0,26 ± 0,04
K (%)	0,77 ± 0,09	0,88 ± 0,05
Cl (%)	0,36 ± 0,04	0,25 ± 0,04
Análise microbiológica em uma amostra: *Salmonella spp* em 25 g: ausência		

[1] Resultados de análise de 14 amostras de ração BEN.
[2] Resultados de análise de 14 amostras de ração BEA.

5.2 Avaliação do ambiente de alojamento

5.2.1 Temperatura ambiente, Umidade relativa do ar, Velocidade do ar e Iluminância

Os resultados de temperatura ambiente média, mínima e máxima, e, umidade relativa do ar correspondente, nos ambientes externo (fora do galpão) e interno (dentro das salas) da maternidade são apresentados na Tabela 4.

Considerando-se a zona de conforto térmico para porcas em lactação caracterizada pela variação de temperatura entre 12ºC e 22ºC (BLACK et al., 1993) e com base na variação da temperatura durante o período experimental, é possível inferir que as porcas foram submetidas a estresse calórico.

Tabela 4. Temperatura (T, °C) média, mínima e máxima, e, umidade relativa do ar (UR, %) correspondente, nos ambientes externo e interno da maternidade durante o experimento.

	Média	**Mínima**	**Máxima**
Ambiente externo[1]: T / UR	23,88 / 68,88	16,7 / 81,9	32,8 / 44,2
Ambiente interno[2]: T / UR	24,81 / 64.46	19,8 / 76,9	31,6 / 47,8

[1]:Fora do galpão.
[2]:Dentro das salas da maternidade.

Em relação à quantidade de chuva, a precipitação pluvial em 2010 durante os meses do experimento (janeiro a março) foi menor que a média dos anos anteriores, com 189 mm em janeiro, 115 mm em fevereiro e 175 mm em março, como pode se observar na Figura 13.

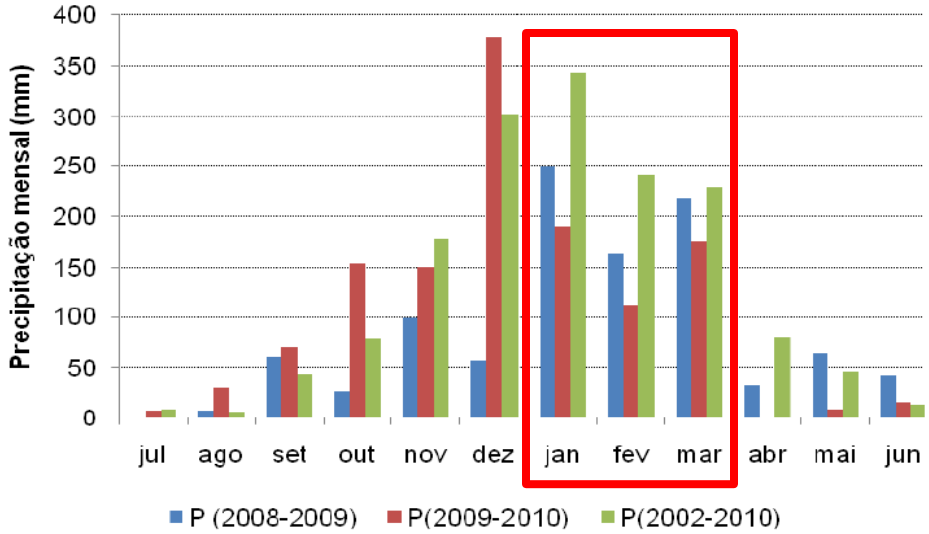


Figura 13. Distribuição da precipitação pluvial nos anos agrícolas 2008/2009 e 2009/2010 comparada à média histórica (2002-2010).
P = período.
Fonte: MEIRELES et al. (2011).

A Tabela 5 mostra os resultados médios nos períodos da manhã e da tarde, respectivamente, da temperatura ambiente dentro (T Interna) e fora do galpão (T Externa), temperatura ambiente dentro do galpão mensurada com o termômetro de globo negro (T Interna GN), umidade relativa do ar dentro (UR Interna) e fora do galpão (UR Externa) e velocidade do ar do lado de fora do galpão (VA Externo) durante o experimento. Os dados de temperatura ambiente na região dorsal da porca nas posições em pé (T na Cabeça em pé) e deitada (T na Cabeça deitada) e umidade relativa do ar na região dorsal da porca nas posições em pé (UR na Cabeça em pé) e deitada (UR na Cabeça deitada) são mostrados apenas para o tratamento com resfriamento evaporativo, já que no tratamento com o sistema de ventilação natural a saída do ar resfriado era tampada.

Tabela 5. Valores médios da temperatura (T, ºC), umidade relativa do ar (UR, %) e velocidade do ar (VA, m s^{-1}), nos períodos da manhã e da tarde.

	T Interna	**T Globo Negro**	**T na Cabeça em pé**	**T na Cabeça deitada**	**T Externa**	**UR Interna**	**UR na Cabeça em pé**	**UR na Cabeça deitada**	**UR Externa**	**VA Externo**
Manhã	24,0	23,8	21,9	22,5	24,4	77,3	87,2	83,7	75,4	0,26
Tarde	28,4	28,2	25,2	26,7	29,5	62,4	77,7	69,5	59,0	0,28

Através dos resultados das variáveis ambientais coletadas, pode ser observado o efeito do resfriamento evaporativo na redução da temperatura ambiente na região da cabeça da porca nas posições em pé e deitada, principalmente no período da tarde quando há maior diferença entre a temperatura ambiente (mais elevada) e a umidade relativa do ar (mais baixa). Este efeito pode ser explicado em razão da troca de calor proporcionada pela evaporação da água na saída dos dutos e por convecção obtida pela velocidade do ar. Como exemplo, no momento da temperatura de 32,8°C à tarde, a umidade relativa do ar apresentou o valor de 44,2% (Tabela 4).

A velocidade do ar no lado de fora do galpão manteve-se próxima de 0,3 m s^{-1} nos períodos da manhã e da tarde. No tratamento com resfriamento evaporativo, a velocidade do ar na região da cabeça da porca apresentou o valor médio de 7,2 m s^{-1} na posição em pé e 3,2 m s^{-1} na posição deitada. E no tratamento com ventilação natural, a velocidade do ar na região

da cabeça da porca foi de 0,1 m s^{-1}. Altas taxas de ventilação são necessárias para produzir velocidade do ar, que pode ter efeito de resfriamento durante períodos de temperatura elevada, especialmente quando a pele do suíno está úmida e ocorre a evaporação da água (BANHAZI et al., 2008).

A iluminância dentro das salas do galpão da maternidade apresentou o valor médio de 45 lx durante o dia e a noite. Este valor foi aproximadamente constante, porque a luz permanecia ligada no galpão durante a noite para o guarda noturno fazer o acompanhamento dos partos e o fornecimento de ração às 02h00min.

5.2.2 Índice de conforto térmico

A Tabela 6 mostra os valores médios calculados do índice de temperatura e umidade (ITU), que foi utilizado como indicador de conforto térmico para os suínos.

Tabela 6. Valores médios de UR (°C), TBS (°C), TBU (°C), ITU e classificação da zona de conforto de acordo com o sistema de ventilação (SVN ou SRE), nos períodos da manhã e da tarde.

	Parâmetros	**SVN[1]**	**SRE[2]**
Manhã	UR	77,3 [a]	85,5 [b]
	TBS	24,0[a]	22,2[b]
	TBU	21,0 [a]	20,2 [b]
	ITU	73,8 [a]	71,0[b]
	Zona de conforto	Normal	Normal
Tarde	UR	62,4 [a]	73,6 [b]
	TBS	28,4 [a]	26,0 [b]
	TBU	22,6 [a]	22,3 [b]
	ITU	80,6 [a]	77,2 [b]
	Zona de conforto	Perigo	Alerta

[a, b] – Letras distintas na mesma linha indicam diferença significativa (P<0,05).
[1]SVN: para o cálculo do ITU, foram utilizados os valores registrados do ambiente interno para UR e TBS.
[2]SRE: para o cálculo do ITU, foram utilizados os valores médios de UR e TBS obtidos na região da cabeça da porca nas posições em pé e deitada.

Os valores calculados do ITU para o SVN estão muito próximos do limite superior da zona Normal de manhã (< 74) e da zona Perigo (79 – 83) à tarde. Para criação de suínos, SAMPAIO et al. (2004) relataram que valores de ITU > 70 não proporcionam conforto térmico.

Quando a temperatura ambiente excede a zona de conforto, os suínos melhoram suas condições de perda de calor através de ajustes nas funções fisiológicas e comportamentais a fim de manter o balanço térmico corporal. As variações na temperatura corporal e na frequência respiratória podem indicar uma resposta ao calor e a umidade do ambiente e ser monitoradas através do índice de temperatura e umidade (CUI et al,.2002; DAMASCENO et al., 2010).

No período da manhã (entre 07h00min e 09h00min) a temperatura ambiente ainda estava confortável e o ITU indicou que a porca estava na zona térmica normal. Mas quando a temperatura aumentou no período da tarde (entre 15h00min e 17h00min), as condições térmicas pioraram e o ITU mudou de normal para alerta (SRE) e perigo (SVN). Nesta situação, o ar fresco proveniente dos dutos é uma ajuda preciosa contra o estresse calórico das porcas no galpão de maternidade (BARBARI et al., 2007).

5.2.3 Características físico-químicas da água

Os resultados de análise química (Tabela 7) e microbiológica (Tabela 8) da água da granja estão de acordo com a Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 e a atualização mais recente, Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério de Estado da Saúde, que estabelecem os procedimentos e padrões de qualidade da água para o consumo humano. Como na granja é utilizada a mesma fonte de água para o consumo humano e animal, a referência desta Portaria foi utilizada para comparativo com os resultados de análise laboratorial.

Tabela 7. Análise química da água, clorada, de represa.

Parâmetros analisados	Valores[1]
pH	6,89
Alcalinidade de hidróxidos (mg L^{-1})	Inferior a 0,02
Alcalinidade de carbonatos (mg L^{-1})	Inferior a 0,02
Alcalinidade de bicarbonatos (mg L^{-1})	15,84
Dureza total (mg L^{-1})	12,00
Dureza de cálcio (mg L^{-1})	9,00
Dureza de magnésio (mg L^{-1})	3,00
Cloretos (mg L^{-1})	7,84
Fluoretos (mg L^{-1})	0,08
D.Q.O. (mg L^{-1})	3,80
D.B.O (mg L^{-1})	2,00
Ferro (mg L^{-1})	0,25
Fósforo (mg L^{-1})	N.D.
Nitratos (mg L^{-1})	0,23
Nitritos (mg L^{-1})	N.D.
Sulfatos (mg L^{-1})	2,00
Turbidez (uT)	7,40
Cloro residual total (mg L^{-1})	0,81
Condutividade (µmhos cm^{-1})	39,00
Sódio (mg L^{-1})	4,70
Cálcio (mg L^{-1})	1,15
Magnésio (mg L^{-1})	1,07
Sólidos totais (mg L^{-1})	58,0

[1]N.D. = não detectado.

Tabela 8. Análise microbiológica da água, clorada, de represa.

Análise microbiológica[1]		
	Resultado	**Padrão[2]**
Coliformes totais 35ºC (NMP/100 mL)	ausência	ausência
Coliformes termotolerantes 45ºC (NMP/100 mL)	ausência	ausência
Bactérias heterotróficas mesófilas (UFC/mL)	ausência	$5,0 \times 10^2$
Salmonella spp. (presença/ausência) em 900 mL	ausência	ausência

[1]os resultados possuem caráter restrito e se referem à amostra analisada.
[2]RDC n° 518 de 25/03/2004 do Ministério de Estado da Saúde – Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

Os resultados médios das análises diárias do nível de cloro (1,26 ppm) e pH (6,91) da água também encontraram-se dentro dos padrões de qualidade para consumo, de acordo com a Portaria nº 518 de 25 de março de 2004, que recomenda pH na faixa de 6,0 a 9,5 no sistema de distribuição e teor máximo de cloro residual livre de 2,0 ppm em qualquer ponto do sistema de abastecimento.

Os resultados de análise da água proporcionaram segurança para a realização do experimento considerando-se a grande influência da água sobre o consumo de ração e da própria água, como também sobre a produção de leite. Além disso, é recomendável o conhecimento da quantidade de minerais na água antes de fazer a manipulação do balanço eletrolítico da ração que ocasiona alteração nos níveis de sódio, potássio e cloro da dieta.

Considerando-se a localização da caixa d'água protegida do sol, tampada e dentro do galpão com telha de barro, a temperatura da água nos bebedouros das porcas apresentou-se satisfatória no período da manhã (23,0ºC) e mesmo no período da tarde (25,4°C), sem prejudicar o consumo de água ou ração. De acordo com HIROSE e SEVERINO NETO (2012) o parâmetro desejável de temperatura da água de bebida para os suínos está entre o limite de 10 e 26ºC. Água com temperaturas superiores a 32ºC são impróprias para o fornecimento aos animais.

Durante o experimento, a vazão de água nos bebedouros do galpão da maternidade foi em média de 4,0 litros min^{-1}, valor considerado dentro da especificação de 2,0 a 4,0 litros min^{-1}, segundo KEMP et al. (2011) e que facilita ingestão de maior volume de água dentro de menor intervalo de tempo.

5.3 Avaliação das imagens termográficas

Foram coletadas 2.880 imagens termográficas infravermelha das porcas durante o período experimental, cujas médias por tratamento são apresentadas na Tabela 9.

Como pode ser observado, a dieta com balanço eletrolítico ajustado de 275 mEq kg^{-1} (BEA) não proporcionou efeito (P>0,05) na temperatura superficial. Enquanto o resfriamento evaporativo (SRE) reduziu significativamente (P<0,05) a temperatura superficial das porcas recebendo a dieta com balanço eletrolítico natural ou ajustado. Além disso, a temperatura

superficial apresentou aumento médio de 2,6°C (7,8%) no período da tarde, quando a temperatura ambiente estava mais elevada, comprovando o acionamento do mecanismo de termorregulação com o objetivo de aumentar o fluxo sanguíneo nos vasos da pele para dissipação do calor corporal.

Tabela 9. Temperatura superficial média (°C) nos períodos da manhã (entre 07h00min e 09h00min) e da tarde (entre 15h00min e 17h00min), de acordo com os tratamentos.

	Temperatura superficial por tratamento			
Períodos	**BEN e SVN**	**BEN e SRE**	**BEA e SVN**	**BEA e SRE**
Manhã	33,50[a]	33,07[b]	33,42[a]	33,06[b]
Tarde	36,10[a]	35,62[b]	36,20[a]	35,60[b]

[a, b] – Letras distintas na mesma linha indicam diferença significativa (P<0,05).

Claramente, a temperatura superficial refletiu diretamente a resposta do suíno à temperatura ambiente (THUY, 2005). E, como nos estudos de MOURA et al. (2011), o uso da termografia infravermelha permitiu precisão na determinação da temperatura superficial e sua associação com a termorregulação.

5.4 Parâmetros fisiológicos

5.4.1 Parâmetros de termorregulação

a. Efeitos do sistema de ventilação e da dieta

Os resultados dos parâmetros de termorregulação das fêmeas suínas de acordo com o sistema de ventilação e o balanço eletrolítico da dieta são apresentados na Tabela 10.

A dieta com balanço eletrolítico ajustado não promoveu diferença significativa nestas variáveis. No entanto, o resfriamento evaporativo proporcionou uma redução significativa (P<0,05) nos valores de frequência respiratória (ROMANINI et al., 2008) e temperatura superficial, nos períodos da manhã e da tarde e na temperatura retal mensuradas no período da tarde.

Tabela 10. Parâmetros de termorregulação das fêmeas suínas de acordo com o sistema de ventilação (SRE ou SVN) e o balanço eletrolítico da dieta (BEA ou BEN).

Variável	Sistema de ventilação			Balanço eletrolítico		
		Média ± erro padrão	P-Valor		Média ± erro padrão	P-Valor
Freqüência respiratória manhã (movimentos min^{-1})	SRE	37,92 ± 1,58	*	BEA	41,83 ± 1,58	NS
	SVN	46,25 ± 1,57		BEN	42,33 ± 1,59	
Freqüência respiratória à tarde (movimentos min^{-1})	SRE	56,42 ± 2,07	*	BEA	68,22 ± 2,24	NS
	SVN	80,09 ± 2,57		BEN	68,29 ± 2,23	
Temperatura retal manhã (ºC)	SRE	38,53 ± 0,05	NS	BEA	38,56 ± 0,05	NS
	SVN	38,54 ± 0,05		BEN	38,52 ± 0,05	
Temperatura retal à tarde (ºC)	SRE	39,12 ± 0,06	*	BEA	39,25 ± 0,06	NS
	SVN	39,41 ± 0,07		BEN	39,29 ± 0,08	
Temperatura superficial manhã (°C)	SRE	33,04 ± 0,08	*	BEA	33,24 ± 0,08	NS
	SVN	33,46 ± 0,08		BEN	33,26 ± 0,08	
Temperatura superficial à tarde (°C)	SRE	35,61 ± 0,09	*	BEA	35,90 ± 0,10	NS
	SVN	36,13 ± 0,08		BEN	35,83 ± 0,10	

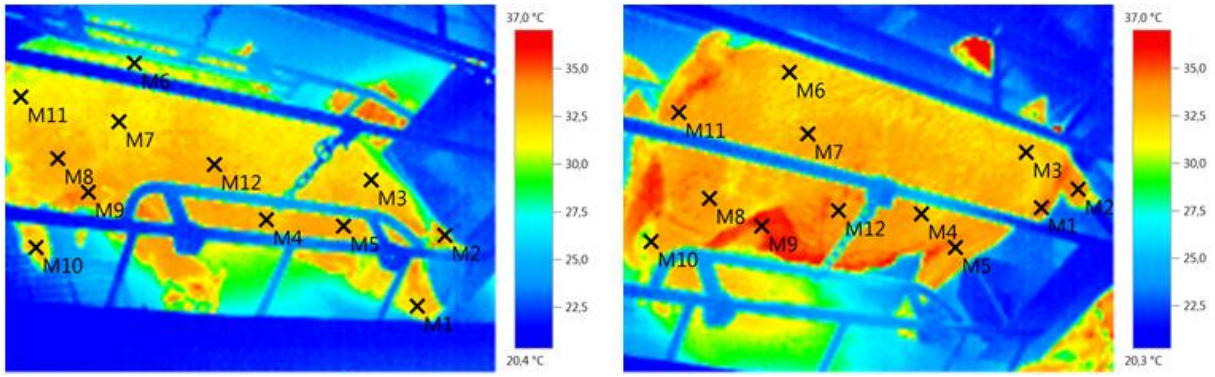
P-Valor = *: significativo (P<0,05); P-Valor = NS: não significativo.

Conforme citado por Black et al. (1993) o primeiro indicador fisiológico que o suíno está reagindo à temperatura ambiente elevada é o aumento na frequência respiratória com o objetivo de maximizar a perda de calor evaporativo através dos pulmões. Os suínos não tem um mecanismo eficaz para evaporação da pele e dependem do aumento na frequência respiratória. Esta resposta ocorre em menor temperatura ambiente para frequência respiratória do que para temperatura retal, como o esperado, uma vez que o objetivo é diminuir a elevação da temperatura interna (Eichen et al., 2008). Como no estudo dos autores, neste trabalho, o pico da frequência respiratória também ocorreu entre 15h00min e 17h00min.

Segundo CURTIS (1983), os suínos começam a ofegar em resposta ao estresse calórico quando a temperatura superficial aumenta acima de 35,0ºC. Nesse estudo, as porcas submetidas ao sistema de ventilação natural, estavam ofegantes com a temperatura superficial média de 33,5ºC no período da manhã, em conformidade com as observações de HUYNH et al. (2005) que os sinais fisiológicos de estresse calórico nos suínos modernos ocorrem em temperaturas moderadas devido à alta atividade metabólica. Além disso, a série de

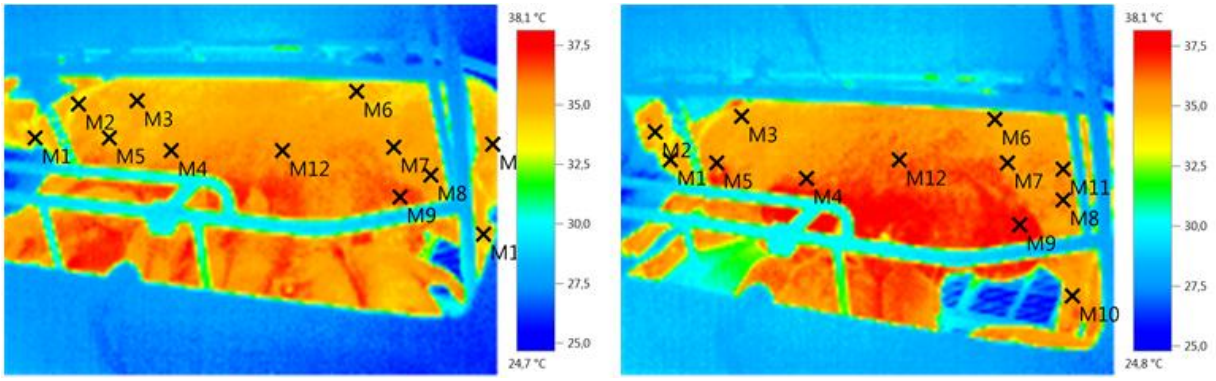
mecanismos de termorregulação exigidos na reação ao estresse calórico é dispendiosa e aumenta a carga de calor interno (CURTIS, 1983). Os valores elevados de temperatura superficial relatados nesta pesquisa mostram que em condições de temperatura ambiente acima da zona de conforto os suínos reagem não apenas mantendo a frequência respiratória elevada, mas também, mantendo a temperatura superficial elevada (THUY, 2005).

A redução na temperatura superficial com a utilização do SRE está de acordo com as observações de JIANG et al. (2004), em que o aumento nas perdas de calor por evaporação e convecção resultou em menor (P<0,05) temperatura superficial da pele. As Figuras 14 e 15 ilustram as imagens termográficas das temperaturas superficiais de fêmeas suínas, nos períodos da manhã e da tarde, de acordo com o sistema de ventilação.



Resfriamento evaporativo. TS = 33,0°C Ventilação natural. TS = 33,5°C

Figura 14. Imagens termográficas das temperaturas superficiais (TS) de fêmeas suínas, no período da manhã (entre 07h00min e 09h00min), de acordo com o sistema de ventilação.



Resfriamento evaporativo. TS = 35,6°C Ventilação natural. TS = 36,1°C

Figura 15. Imagens termográficas das temperaturas superficiais (TS) de fêmeas suínas, no período da tarde (entre 15h00min e 17h00min), de acordo com o sistema de ventilação.

O gradiente térmico de cores representa as diferenças de temperatura na superfície corporal do animal. As áreas mais quentes são retratadas como vermelhas e as regiões mais frias como azul.

CARVALHO et al. (2004) verificaram uma redução na temperatura superficial de suínos na fase de terminação de 35,39 para 31,64ºC ao utilizar o sistema de ventilação com nebulização em relação ao controle. Os autores sugeriram que a temperatura superficial sofre alterações mais rápidas em razão da dissipação de calor por convecção do fluxo sanguíneo, do interior do núcleo corporal para a periferia e a sua avaliação permite a tomada de decisões imediatas antes dos efeitos sobre o desempenho dos animais.

Adicionalmente à temperatura superficial, a frequência respiratória e a temperatura retal das fêmeas suínas também apresentaram valores mais elevados no período da tarde em relação ao período da manhã em todos os tratamentos, devido ao aumento na temperatura ambiente durante o dia.

Considerando-se a temperatura ambiente média de 24°C no período da manhã, o aumento na frequência respiratória e na temperatura superficial da pele das porcas sob o sistema de ventilação natural pode ter sido suficiente para eliminar o calor e evitar o aumento na temperatura retal neste período. No entanto, no período da tarde, a regulação térmica através do aumento na frequência respiratória e temperatura superficial não foi eficiente o bastante para prevenir o aumento na temperatura retal. Resultados semelhantes foram obtidos por QUINIOU e NOBLET (1999) na avaliação com porcas multíparas em lactação no ambiente com temperatura acima de 25ºC.

A temperatura retal elevada indica que os suínos podem ter esgotado sua capacidade de termorregulação. Este fato é mais importante para os suínos expostos à temperatura ambiente elevada durante períodos prolongados, quando os esforços de aumento na frequência respiratória, diminuição na produção de calor por menor atividade, mudança na postura corporal e redução no consumo de ração não foram suficientes para perder calor (THUY, 2005).

A temperatura retal é o indicador de temperatura corporal mais utilizado na pesquisa e na produção. Em contrapartida, essa metodologia apresenta alguns inconvenientes. Pode ocorrer erro de amostragem devido ao posicionamento errôneo do termômetro no interior do

reto e aferição da temperatura do lúmen das fezes e não na parede do reto, próximo aos vasos sanguíneos. Além disso, a resposta da temperatura retal à mudança no conteúdo de calor corporal é relativamente lenta (CURTIS, 1983).

Os resultados de frequência respiratória, temperatura retal e temperatura superficial, indicaram que o efeito do resfriamento evaporativo é maior no período da tarde, quando o animal está submetido a condições de temperaturas mais elevadas e umidade relativa do ar mais baixa. As Figuras 16, 17 e 18 representam os intervalos de confiança da frequência respiratória, temperatura retal e temperatura superficial mensuradas entre 15h00min e 17h00min, de acordo com a combinação dos tratamentos (SRE/BEA, SRE/BEN, SVN/BEA e SVN/BEN). Pode-se verificar que o balanço eletrolítico ajustado não proporcionou benefício significativo na frequência respiratória (Figura 14), temperatura retal (Figura 15) e temperatura superficial (Figura 16) em ambos os sistemas de ventilação (resfriamento evaporativo ou natural), no período da tarde. Enquanto a utilização do sistema de resfriamento evaporativo possibilitou melhoria significativa ($P<0.05$) em todos os parâmetros de termorregulação avaliados no período da tarde, tanto no balanço eletrolítico ajustado, como no balanço eletrolítico normal. A hipótese desse trabalho foi que o sistema de resfriamento evaporativo associado ao uso da dieta com balanço eletrolítico ajustado, poderia favorecer as trocas de calor das fêmeas suínas em lactação, durante a exposição ao calor ambiente excessivo. Porém, não houve interação significativa entre os tratamentos.

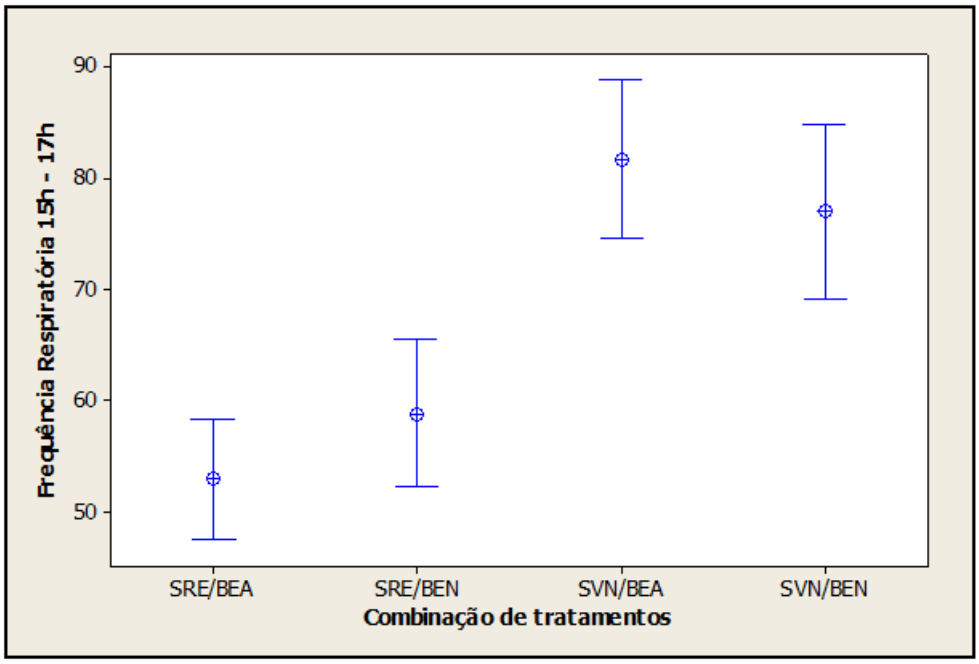


Figura 16. Intervalos de confiança para médias de frequência respiratória (15h - 17h), de acordo com a combinação dos tratamentos.

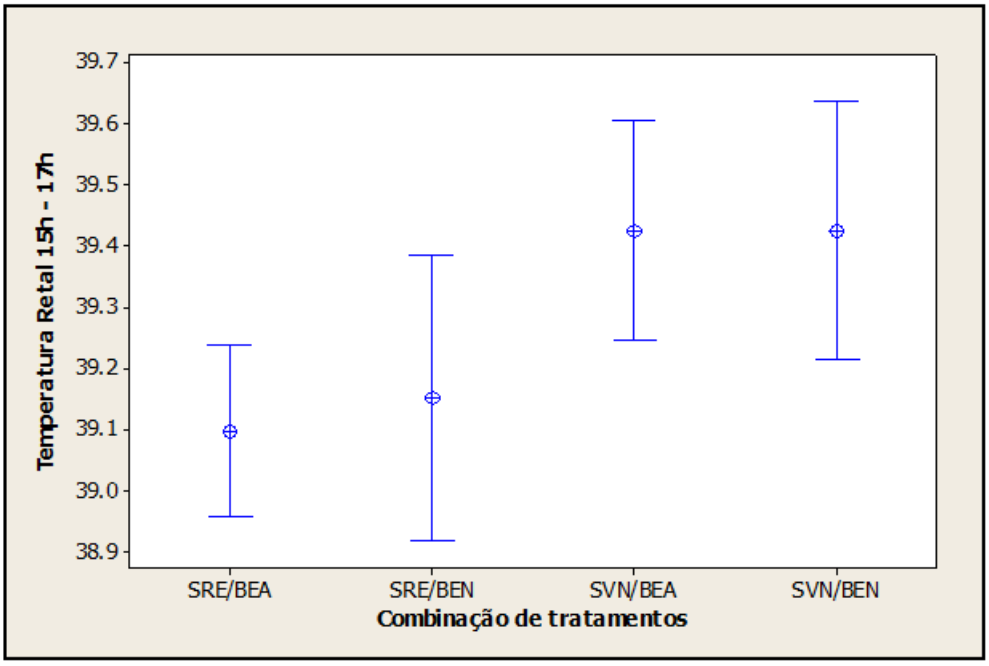


Figura 17. Intervalos de confiança para médias de temperatura retal (15h - 17h), de acordo com a combinação dos tratamentos.

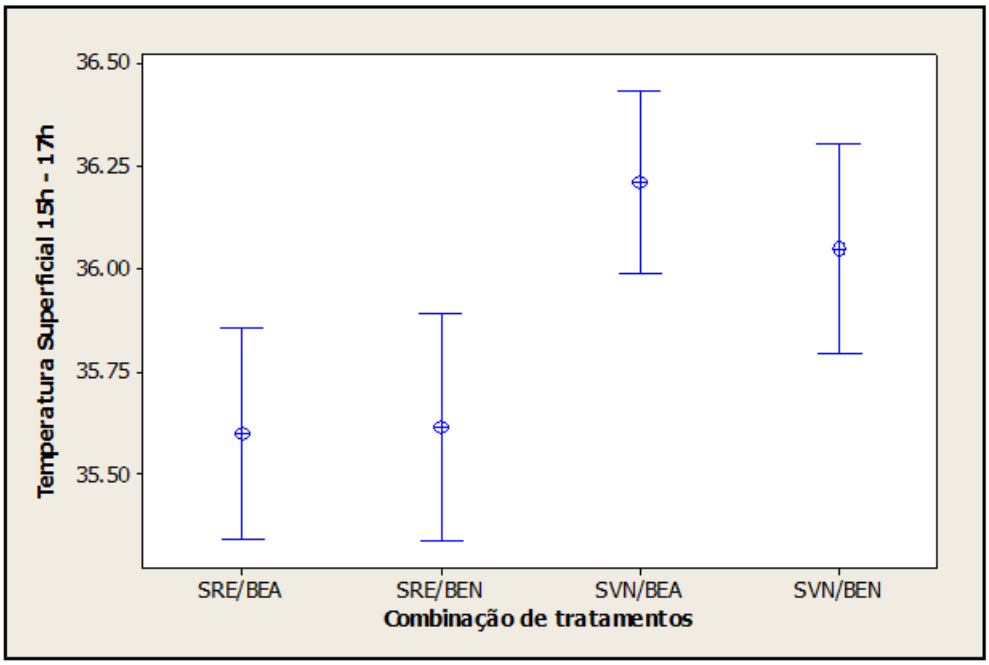


Figura 18. Intervalos de confiança para médias de temperatura superficial (15h - 17h), de acordo com a combinação dos tratamentos.

b. Efeitos da ordem de parto

Os resultados dos parâmetros de termorregulação das fêmeas suínas de acordo com a ordem de parto (primíparas ou multíparas) são apresentados na Tabela 11.

A ordem de parto não ocasionou efeito significativo sobre a temperatura superficial e temperatura retal, no entanto, as fêmeas primíparas apresentaram menor (P<0,05) frequência respiratória nos períodos da manhã e da tarde. Isto pode ser explicado pela menor taxa metabólica das fêmeas primíparas em decorrência do menor (P<0,05) peso corporal, consumo de ração e peso dos leitões ao nascimento e ao desmame.

Por outro lado, MARTINS (2012) não encontrou efeito significativo da ordem de parto sobre a frequência respiratória e temperatura superficial, contudo, as fêmeas primíparas apresentaram maior (P<0,001) temperatura retal (38,8ºC) do que as multíparas (38,6ºC) indicando maior estresse durante a lactação. GOURDINE et al. (2007) também observaram maior (P<0,01) temperatura retal em primíparas (38,9ºC) do que em multíparas (38,7ºC) e

concluíram que as respostas de termorregulação ao estresse calórico podem apresentar diferenças entre a ordem de parto e a genética.

Tabela 11. Parâmetros de termorregulação das fêmeas suínas de acordo com a ordem de parto (P = primíparas; M = multíparas).

Variável	OP	Média ± erro padrão	P-Valor
Freqüência respiratória manhã (movimentos min^{-1})	P	36,68 ± 2,13	*
	M	42,70 ± 1,37	
Freqüência respiratória à tarde (movimentos min^{-1})	P	61,87 ± 3,32	*
	M	69,10 ± 2,53	
Temperatura retal manhã (ºC)	P	38,61 ± 0,07	NS
	M	38,48 ± 0,05	
Temperatura retal à tarde (ºC)	P	39,36 ± 0,13	NS
	M	39,24 ± 0,05	
Temperatura superficial manhã (°C)	P	33,38 ± 0,19	NS
	M	33,23 ± 0,07	
Temperatura superficial à tarde (°C)	P	35,71 ± 0,19	NS
	M	35,90 ± 0,07	

P-Valor = *: significativo (P<0,05); P-Valor = NS: não significativo.

Outros estudos são necessários para elucidar a interação entre a genética, os níveis de alimentação, metabolismo e termorregulação das fêmeas primíparas e multíparas.

5.4.2 Concentração de sódio, potássio e cloretos na urina

As médias dos resultados de análise das amostras de urina seguem de acordo com o sistema de ventilação e o balanço eletrolítico da dieta (Tabela 12).

O sistema de ventilação não apresentou efeito significativo sobre a concentração de sódio, potássio e cloretos na urina. Todavia, o balanço eletrolítico ajustado (BEA) ocasionou uma diminuição (P<0,05) do nível de cloretos. Este efeito pode estar relacionado ao nível de cloro da ração com BEA, que foi reduzido em 30%, enquanto os níveis de sódio e potássio apresentaram menor diferença entre as rações devido ao ajuste do balanço eletrolítico.

Tabela 12. Concentração de sódio, potássio e cloretos na urina de fêmeas suínas de acordo com o sistema de ventilação (SRE ou SVN) e o balanço eletrolítico da dieta (BEA ou BEN).

Variável	Sistema de ventilação			Balanço eletrolítico		
		Média ± erro padrão	P-Valor		Média ± erro padrão	P-Valor
Sódio (mg dL^{-1})	SRE	45,64 ± 7,42	NS	BEA	43,58 ± 7,94	NS
	SVN	45,27 ± 8,13		BEN	47,36 ± 8,08	
Potássio (mg dL^{-1})	SRE	84,35 ± 11,59	NS	BEA	84,50 ± 12,44	NS
	SVN	87,44 ± 12,69		BEN	87,00 ± 12,65	
Cloretos (mg dL^{-1})	SRE	69,92 ± 12,13	NS	BEA	50,66 ± 11,75	*
	SVN	65,78 ± 12,13		BEN	85,41 ± 11,96	

P-Valor = *: significativo (P<0,05); P-Valor = NS: não significativo.

Considerando-se os valores elevados do erro padrão das médias, é necessário maior número de repetições para melhor avaliação dos resultados.

5.4.3 Concentração de cortisol salivar

a. Gestação

Os resultados das análises da concentração de cortisol salivar das porcas em gestação são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13. Valores médios e desvio padrão (DP) de cortisol salivar de porcas em gestação de acordo com os tratamentos, antes ou depois da alimentação, ventilação forçada ou ventilação natural.

Dia 1	Média ± DP (µg dL^{-1})	Intervalo (µg dL^{-1})	Tratamentos
07h00min	0,09 ± 0,03	0,05 - 0,14	Antes da alimentação
09h00min	0,05 ± 0,03	0,00 - 0,13	Depois da alimentação
13h00min	0,03 ± 0,02	0,00 - 0,06	Ventilação forçada
15h00min	0,05 ± 0,02	0,02 - 0,07	Ventilação natural
Dia 2			
07h00min	0,08 ± 0,03	0,05 - 0,13	Antes da alimentação
07h30min**	0,06 ± 0,03	0,00 - 0,12	Antes da alimentação
09h00min	0,04 ± 0,03	0,01 - 0,11	Depois da alimentação
13h00min	0,05 ± 0,03	0,02 - 0,12	Ventilação forçada
15h00min	0,04 ± 0,03	0,00 - 0,10	Ventilação natural

** Neste dia foi realizada mais uma coleta antes da alimentação.

Embora antes da alimentação, percebe-se que no dia de temperatura mais baixa houve resultados mais baixos de cortisol (Figura 19), não foi encontrada correlação significativa (P>0,05) entre a temperatura ambiente (temperatura de bulbo seco – TBS) e os valores de cortisol salivar. Ou seja, quando se compara os valores entre os mesmos horários nos dias diferentes, não há diferença significativa entre os dois momentos (P>0,05).

A Figura 20 mostra a média e o erro padrão da média (epm) da concentração de cortisol em porcas gestantes, em que foi encontrada diferença significativa (P<0,05) nos horários 09h00min, 13h00min e 15h00min, em relação às 07h00min no dia 1 e 09h00min e 15h00min, em relação às 07h00min no dia 2. Este ritmo circadiano do cortisol é normal e nos suínos, o pico de atividade do hormônio ocorre durante o período da manhã entre, 05h00min e 10h00min, e o nível mais baixo de concentração é encontrado no período vespertino e noturno (DALLA COSTA et al., 2007).

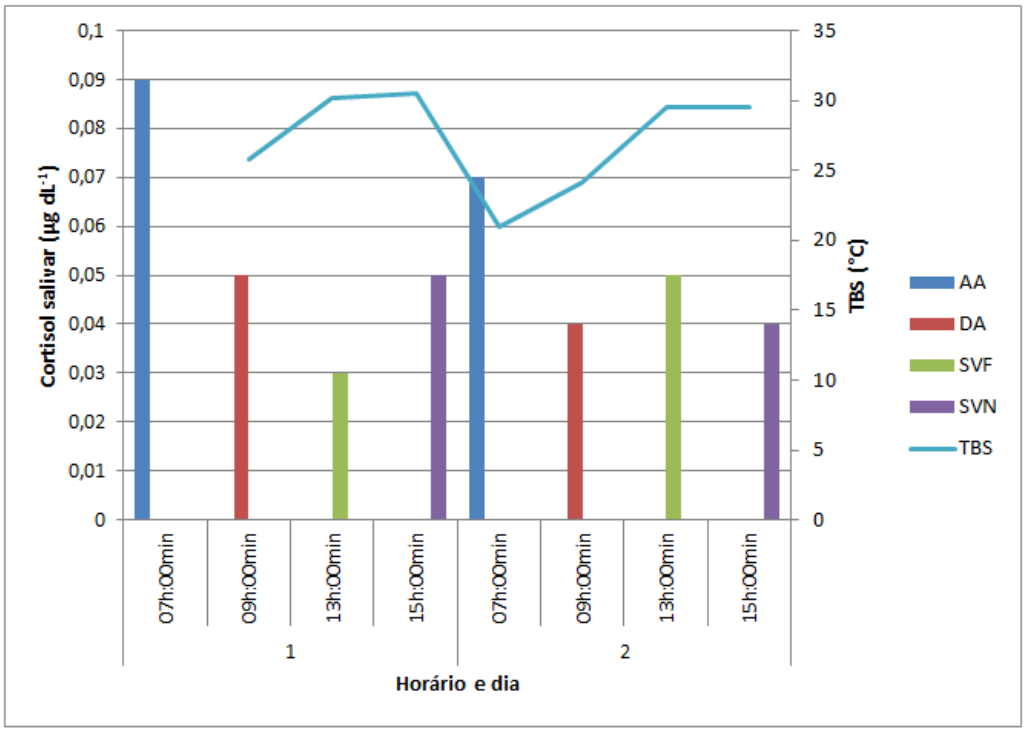


Figura 19. Perfil da variação de cortisol salivar em porcas gestantes antes da alimentação (AA), depois da alimentação (DA) e submetidas ao sistema de ventilação forçada (SVF) ou ventilação natural (SVN) e a variação da temperatura ambiente (TBS).

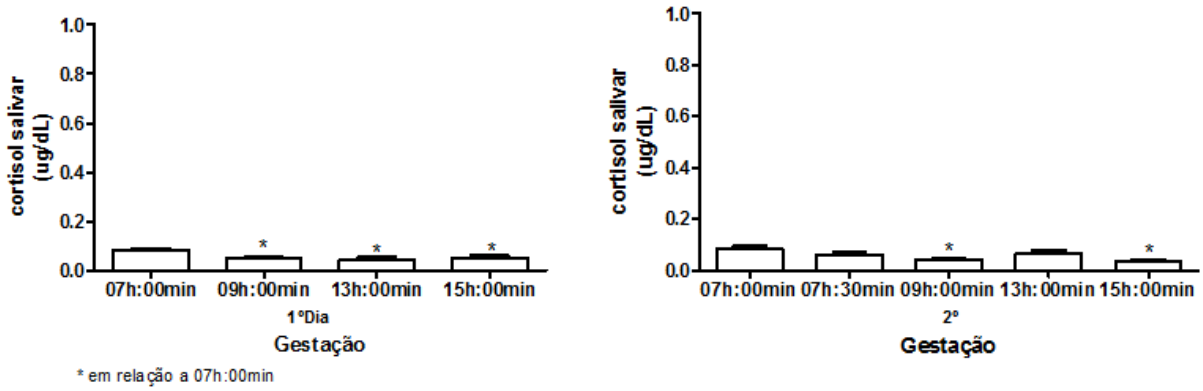


Figura 20. Média e epm da concentração de cortisol salivar em porcas gestantes, ao longo de dois dias consecutivos.
1º dia e 2ºdia:* diferença significativa em relação às 7h, teste *Kruskal-Wallis* seguido de *Dunn´s* (P<0,05).
epm: erro padrão da média.

A temperatura ambiente, a frequência de alimentação e o horário de alimentação determinam o perfil comportamental nos suínos entre períodos de atividade intensa (fase pré alimentar condicionada e fase de consumo de ração) e períodos de atividade mínima (fase pós alimentar com o seu respectivo período de descanso condicionado). Uma alta variabilidade na concentração de cortisol é inerente a cada indivíduo e decorre do perfil comportamental que determina a forma de ativação do eixo HPA e em consequência determina as variações na concentração de cortisol secretado pelo animal (DALLA COSTA et al., 2007).

b. Maternidade

Os resultados das análises da concentração de cortisol salivar das porcas em lactação submetidas ao SRE ou SVN são apresentados na Tabela 14.

Os dados apresentaram uma variação muito acentuada, provavelmente, devido ao número restrito de amostras (seis amostras por tratamento), de forma que, para se proceder à análise estatística, foi necessário abstrair os *outliers*.

Pode-se notar um acréscimo do nível de cortisol em porcas submetidas à ventilação natural, com exceção do caso das 17h00min do dia 1, em todos os demais horários, este cenário foi notado. Isto corrobora com a literatura corrente, cujos autores indicam o estresse

térmico quando as temperaturas ambientes são altas e não há mitigação sobre este efeito (BROWN-BRANDL et al., 2004; BARBARI et al., 2007; MARTINS e COSTA, 2008).

Tabela 14. Valores médios de cortisol salivar de porcas em lactação de acordo com os tratamentos, sistema de resfriamento evaporativo (SRE) ou ventilação natural (SVN).

Dia 1	Sistema de Ventilação	Média ($\mu g\ dL^{-1}$)	Intervalo ($\mu g\ dL^{-1}$)
06h00min			
10h00min			
	SRE	0,15	0,05 - 0,41
12h00min	SVN	0,48	0,08 - 1,59
	SVN (sem *outliers*)	0,21	0,08 - 0,32
	SRE	0,28	0,15 - 0,63
17h00min	SVN	0,15	0,11 - 0,18
	SRE (sem *outliers*)	0,19	0,15 - 0,23
Dia 2			
	SRE	0,50	0,09 - 1,42
06h00min	SVN	1,88	0,11 - 6,64
	SRE (sem *outliers*)	0,16	0,09 - 0,24
	SVN (sem *outliers*)	0,20	0,11 - 0,29
	SRE	0,29	0,05 - 0,40
10h00min	SVN	0,35	0,16 - 1,09
	SRE (sem *outliers*)	0,08	0,05 - 0,12
	SVN (sem *outliers*)	0,17	0,16 - 0,17
	SRE	0,17	0,00 - 0,55
14h00min	SVN	2,67	0,14 - 14,12
	SRE (sem *outliers*)	0,04	0,00 - 0,11
	SVN (sem *outliers*)	0,19	0,14 - 1,12
	SRE	0,22	0,00 - 0,33
18h00min	SVN	0,19	0,08 - 0,37
	SRE (sem *outliers*)	0,11	0,00 - 0,28
	SVN (sem *outliers*)	0,23	0,08 - 0,34

Quando se associa a temperatura ambiente aos dados, tem-se a Figura 21. O perfil da variação de cortisol salivar em porcas lactantes submetidas ao resfriamento evaporativo (SRE) ou ventilação natural (SVN) versus a variação de temperatura ambiente (TBS), não apresenta uma correlação clara. Entretanto, verifica-se que o valor de cortisol salivar é geralmente mais

alto quando as temperaturas ambientes estão altas, como indicam MARTINS e COSTA (2008).

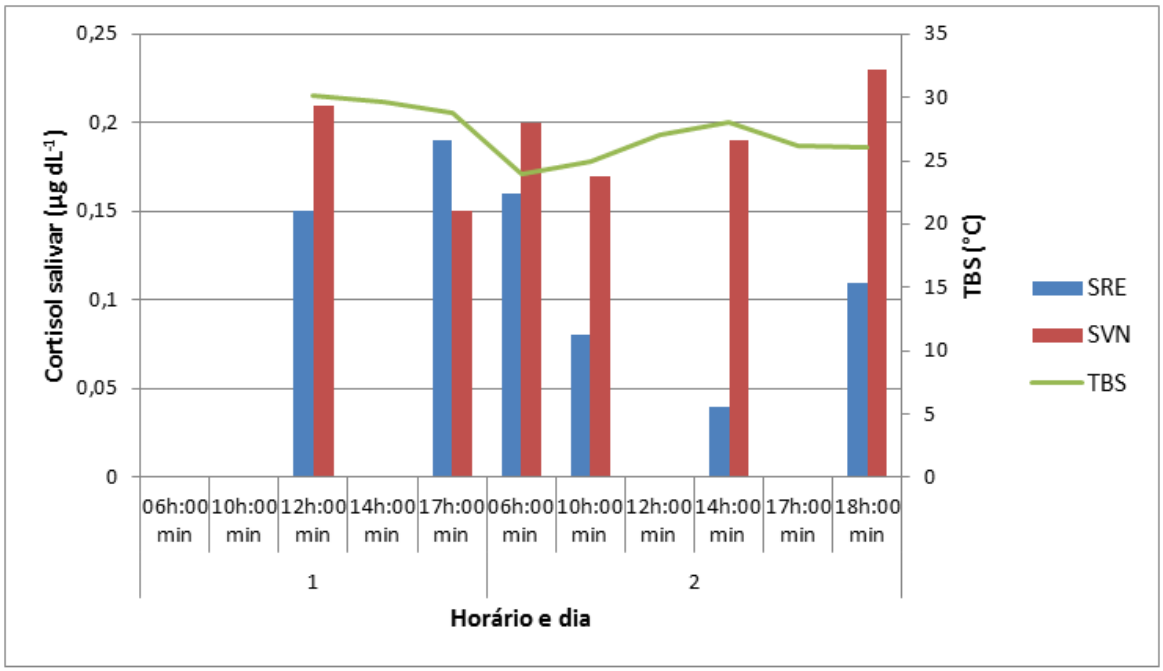


Figura 21. Perfil da variação de cortisol salivar em porcas lactantes submetidas ao sistema de resfriamento evaporativo (SRE) ou ventilação natural (SVN) e a variação de temperatura ambiente (TBS).

Conforme observação anterior para as porcas em gestação, quando se compara os valores de cortisol salivar entre os mesmos horários nos dias diferentes, não há diferença significativa entre os dois momentos (P>0,05) também para as porcas em lactação.

A Figura 22 mostra a média e epm da concentração de cortisol de porcas em lactação, ao longo do dia, nos horários 06h00min, 10h00min, 12h00min, 14h00min e 18h00min. Não houve diferença significativa (P>0,05) entre os horários. No dia 1, há resultados apenas para os horários 12h00min e 17h00min, devido à dificuldade de coleta da saliva das porcas neste dia para os primeiros horários.

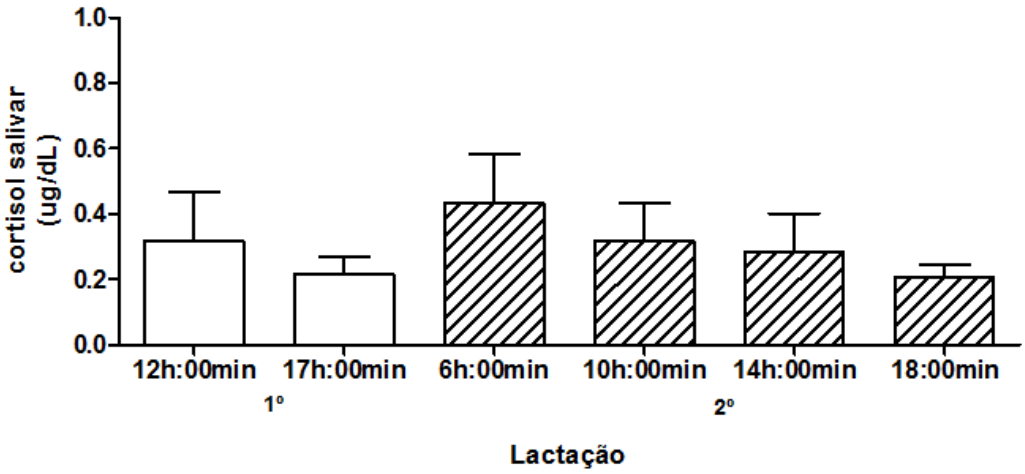


Figura 22. Média e epm da concentração de cortisol salivar de porcas em lactação, ao longo de dois dias consecutivos.
Não há diferença significativa entre os horários (P>0,05).
epm: erro padrão da média.

Como não foi possível detectar diferença significativa na concentração do cortisol salivar entre os tratamentos para as porcas em gestação e lactação, as amostras de cortisol salivar coletadas em horários próximos foram agrupadas de acordo com a fase reprodutiva das fêmeas em gestação e lactação com o objetivo de fazer uma comparação entre os níveis de cortisol conforme o estado fisiológico, gestantes ou lactantes (Figura 23).

Houve diferença significativa (P<0,05) entre os níveis de cortisol das fêmeas gestantes e lactantes, mensurados em períodos equivalentes de coleta. Isto indica que o período de lactação é percebido como estressante pelas porcas. E devem ser fornecidas boas condições de manejo, nutrição, sanidade e ambiência para minimizar os efeitos da situação de estresse nesta fase.

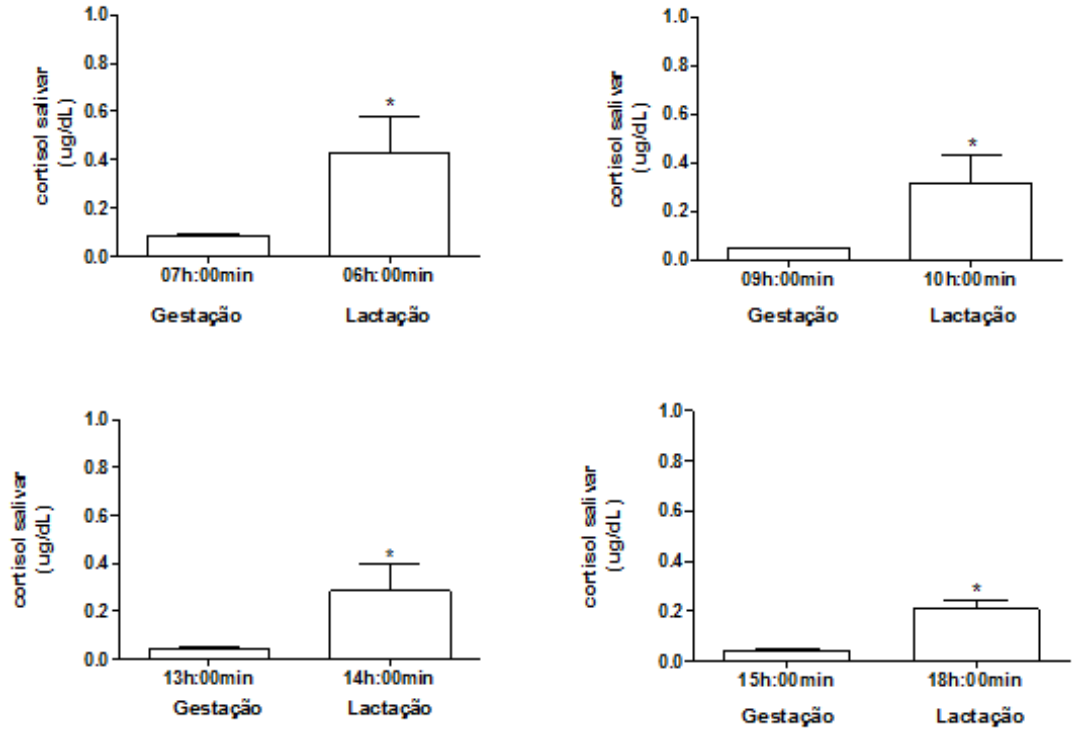


Figura 23. Média e epm da concentração de cortisol salivar de porcas em gestação e lactação de acordo com os horários de coleta.
*P-Valor = significativo (P<0,05).

Em termos de pesquisa, para obter um indicativo seguro sobre o bem estar dos suínos através da análise de cortisol na saliva é necessário que sejam realizadas coletas no mesmo animal em intervalos sequenciais visando eliminar o efeito do estresse causado pelo manejo durante a coleta (DALLA COSTA et al., 2007).

5.5 Parâmetros de desempenho

5.5.1 Efeitos do sistema de ventilação e da dieta

Os resultados dos parâmetros de desempenho das fêmeas suínas de acordo com o sistema de ventilação e o balanço eletrolítico da dieta são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15. Parâmetros de desempenho das fêmeas suínas de acordo com o sistema de ventilação (SRE ou SVN) e o balanço eletrolítico da dieta (BEA ou BEN).

Variável	Sistema de ventilação			Balanço eletrolítico		
		Média ± erro padrão	P-Valor		Média ± erro padrão	P-Valor
Consumo de ração diário (kg)	SRE SVN	7,131 ± 0,147 6,787 ± 0,138	NS	BEA BEN	6,923 ± 0,154 6,995 ± 0,136	NS
Peso inicial (kg)[1]	SRE SVN	259,42 ± 5,15 261,45 ± 5,60	NS	BEA BEN	261,78 ± 5,90 260,57 ± 5,00	NS
Peso inicial (kg)[2]	SRE SVN	234,41 ± 4,88 238,31 ± 5,47	NS	BEA BEN	235,86 ± 5,59 236,86 ± 4,76	NS
Peso final (kg)	SRE SVN	240,71 ± 5,29 240,10 ± 6,04	NS	BEA BEN	240,13 ± 6,10 240,68 ± 5,10	NS
Espessura de toucinho inicial (mm)	SRE SVN	19,17 ± 0,79 18,78 ± 0,66	NS	BEA BEN	18,69 ± 0,68 19,25 ± 0,78	NS
Espessura de toucinho final (mm)	SRE SVN	18,86 ± 0,76 18,06 ± 0,64	NS	BEA BEN	17,97 ± 0,67 18,94 ± 0,73	NS
Intervalo desmame-estro (dias)	SRE SVN	4,9 ± 0,2 4,7 ± 0,2	NS	BEA BEN	4,8 ± 0,2 4,9 ± 0,2	NS

P-Valor = NS: não significativo.
[1]Peso inicial das fêmeas com placenta e leitões.
[2]Peso inicial das fêmeas sem placenta e leitões.

Não foram observados efeitos significativos (P>0,05) do sistema de ventilação e do balanço eletrolítico da dieta sobre as variáveis relacionadas ao consumo de ração, peso corporal, espessura de toucinho e intervalo desmame-estro das porcas. Resultados encontrados também por DOVE e HAYDON (1994) e MORALES et al. (2009).

a. Consumo de ração

A ração lactação com menor incremento calórico (RENAUDEAU, 2001; BROWN-BRANDL et al., 2004), através de alta inclusão de óleo vegetal (MCGLONE et al., 1988) e aminoácidos (LE BELLEGO et al., 2001; FERREIRA et al., 2005) e nível adequado de proteína bruta, fornecida quatro vezes ao dia, na forma umedecida, certamente contribuiu para o consumo suficiente dos nutrientes, mesmo no verão, de modo que tanto o ajuste no balanço eletrolítico, como o sistema de resfriamento evaporativo não apresentaram efeito significativo.

Segundo KEMP et al. (2011), dietas ricas em gordura podem ser benéficas em climas quentes considerando-se que a produção de calor é menor quando a gordura é usada para produção de leite em comparação a carboidratos. Desse modo, BLACK et al. (1993) relataram que o desempenho de porcas em lactação expostas à temperaturas elevadas pode ser melhorado reduzindo a produção de calor corporal através da redução na fibra e aumento no conteúdo de gordura da dieta. No entanto, aumentar a perda de calor da porca, particularmente através da evaporação da pele apresenta efeito positivo maior sobre o desempenho do que a modificação da dieta.

Na avaliação realizada por Teixeira (2010), o balanço eletrolítico da dieta de lactação (150, 199, 247 e 297 mEq kg^{-1}) também não interferiu (P>0,05) no consumo de ração das fêmeas durante a lactação sob condições de temperatura ambiente acima de 29ºC. Conforme observado pelo autor, os resultados sugeriram que o suíno apresenta uma rápida capacidade de compensação renal aos desequilíbrios eletrolíticos em granjas com manejos adequados e elevado padrão sanitário. No estudo de Dove e Haydon (1994) o aumento na densidade nutricional da dieta ajudou a manter o consumo de nutrientes durante os períodos quentes e aliviou alguns dos efeitos prejudiciais do estresse calórico. Enquanto no mesmo estudo, o ajuste no balanço eletrolítico da dieta não reduziu os efeitos adversos do estresse calórico.

Devido à alta temperatura ambiente interna da sala de maternidade no verão e a produção de leite de aproximadamente 10 kg por dia, a necessidade de ingestão de água é elevada no período de lactação (KEMP et al., 2011). Neste experimento, o fornecimento de água de boa qualidade, temperatura e vazão dos bebedouros adequados, também podem ter beneficiado o consumo de ração e água e a produção de leite das porcas.

b. Condição corporal

Tendo em vista o consumo médio de ração de 6,96 kg por dia, as porcas desse estudo, em geral, não entraram em catabolismo, ao contrário, apresentaram ganho de peso médio de 4,0 kg durante os 21 dias de lactação. Esses resultados confirmam as recomendações de BORTOLOZZO et al. (2011) no sentido de reduzir a perda de peso na fase lactacional, melhorando o conforto ambiental e o consumo voluntário de ração. Utilizando níveis de balanço eletrolítico das rações gestação e lactação, entre 117 e 297 mEq kg^{-1} de ração,

TEIXEIRA (2010) também não encontrou resposta para a variável perda de peso da porca durante a lactação. O peso da fêmea suína ao parto e ao desmame são variáveis pouco exploradas na maioria das granjas comerciais, porém, bastante importantes para avaliar o estado metabólico das porcas no final da lactação, como pôde ser verificado nesse estudo.

Segundo LÚCIA JÚNIOR et al. (2011), a espessura de toucinho (ET) é um indicador do estado metabólico. Em porcas desmamadas, a redução da ET e a perda de condição corporal podem influenciar no descarte, em função do consumo reduzido de ração na lactação, pois um maior catabolismo leva à redução das reservas metabólicas, especialmente em primíparas, com efeitos negativos sobre a expressão do estro pós-desmame. Nesse trabalho, em média, as porcas ganharam peso durante a lactação e perderam espessura de toucinho, no entanto, estes resultados não foram significativos (P>0,05). Assim, os dados obtidos concordam com JONES e STAHLY (1999) que a variação na espessura de toucinho não é uma característica sensível para avaliar a condição corporal da porca.

Além disso, não houve correlação significativa entre peso inicial e ET inicial (Figura 24) e peso final e ET final (Figura 25). Ou seja, porcas mais leves podem apresentar menor ou maior espessura de toucinho, assim como também porcas mais pesadas.

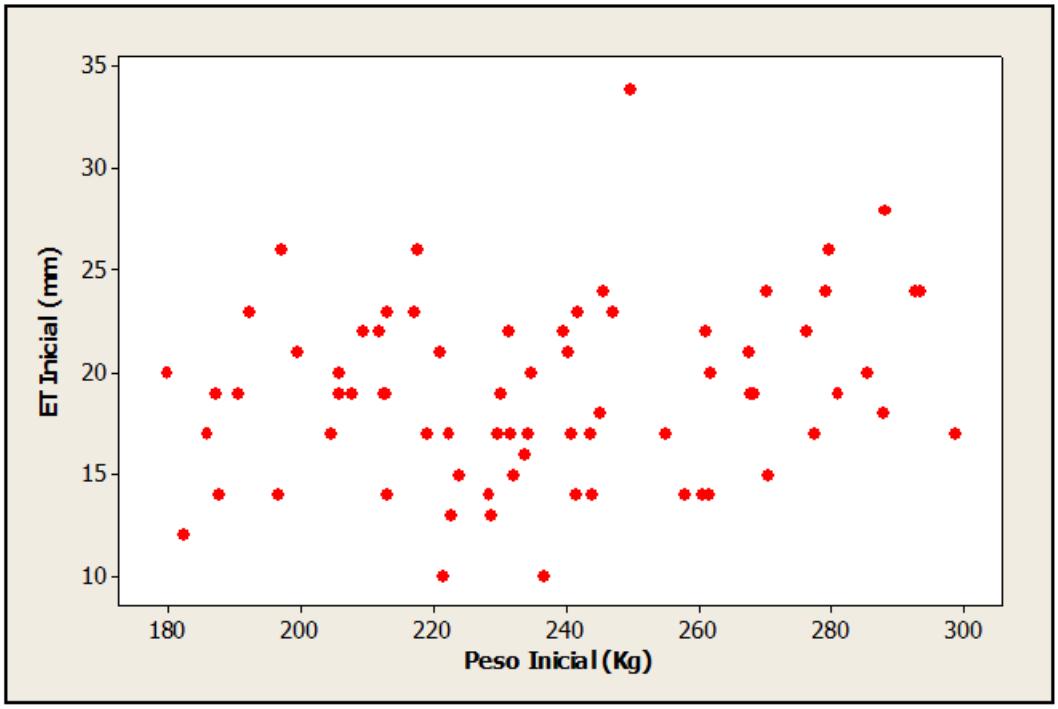


Figura 24. Gráfico da correlação entre espessura de toucinho (ET) inicial e peso inicial.

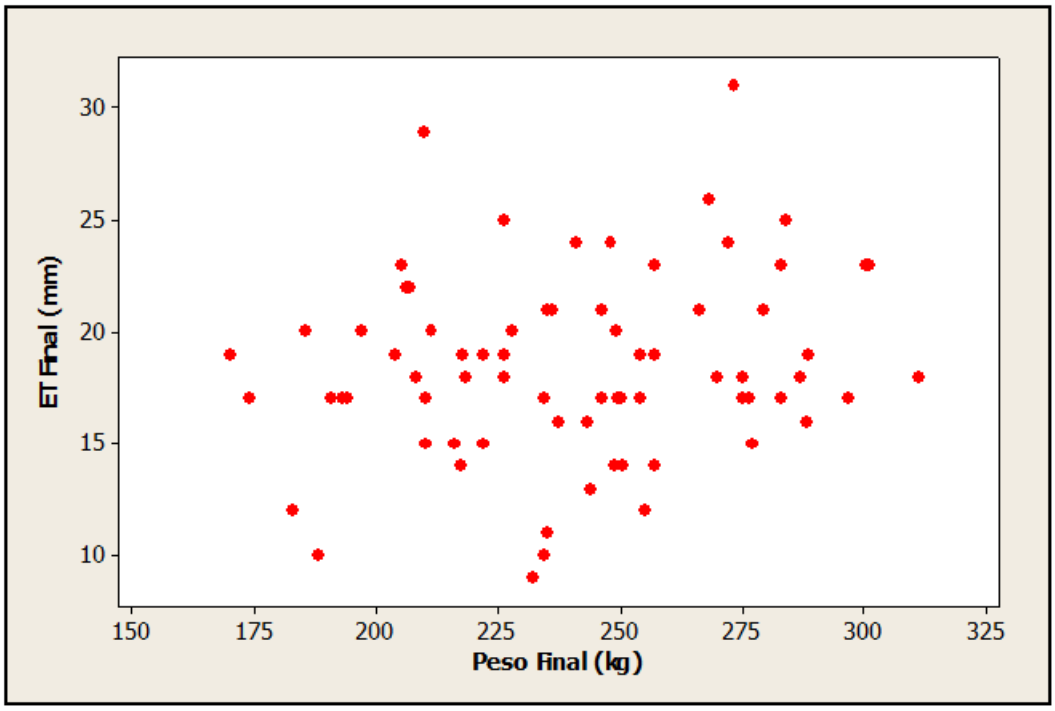


Figura 25. Gráfico da correlação entre espessura de toucinho (ET) final e peso final.

c. Intervalo desmame-estro

Não foi observada diferença significativa (P>0,05) entre os tratamentos para o intervalo desmame-estro, provavelmente em razão do bom estado metabólico geral das porcas após o desmame. A observação diária das fêmeas, em relação à sua saúde, disponibilidade de água e consumo de ração contribui para os bons resultados produtivos e reprodutivos da granja e o bem-estar das porcas (BORTOLOZZO et al., 2011).

O baixo valor médio de 4,8 dias para o retorno das porcas ao estro após o desmame é coerente com a boa condição corporal ao desmame dos diferentes tratamentos. De forma semelhante, HAESE et al. (2010) não observaram efeito (P>0,05) das dietas sobre a variação de peso corporal das porcas (redução média de 1,8%) e sobre o intervalo desmame-estro.

Os resultados dos parâmetros de desempenho dos leitões de acordo com o sistema de ventilação e o balanço eletrolítico da dieta são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16. Parâmetros de desempenho dos leitões de acordo com o sistema de ventilação (SRE ou SVN) e o balanço eletrolítico da dieta (BEA ou BEN).

Variável	Sistema de ventilação			Balanço eletrolítico		
		Média ± erro padrão	P-Valor		Média ± erro padrão	P-Valor
Número de leitões uniformizados	SRE SVN	11,97 ± 0,16 12,12 ± 0,15	NS	BEA BEN	12,07 ± 0,15 12,02 ± 0,14	NS
Mortalidade (%)	SRE SVN	0,84 ± 0,27 0,84 ± 0,28	NS	BEA BEN	1,15 ± 0,27 0,54 ± 0,26	NS
Número de leitões desmamados	SRE SVN	11,19 ± 0,15 11,64 ± 0,16	NS	BEA BEN	11,38 ± 0,16 11.45 ± 0,17	NS
Peso médio do leitão ao nascer (kg)	SRE SVN	1,511 ± 0,044 1,496 ± 0,048	NS	BEA BEN	1,504 ± 0,041 1,535 ± 0,046	NS
Peso médio do leitão ao desmame (kg)	SRE SVN	6,857 ± 0,162 6,627 ± 0,125	**	BEA BEN	6,702 ± 0,156 6,782 ± 0,134	NS
Ganho de peso diário (kg/dia)	SRE SVN	0,255 ± 0,007 0,242 ± 0,005	NS	BEA BEN	0,247 ± 0,006 0,252 ± 0,005	NS

P-Valor =**: significativo (P<0,1); P-Valor = NS: não significativo.

d. Mortalidade dos leitões na maternidade

Tendo em vista o alto *status* sanitário da granja não houve efeito significativo (P>0,05) do sistema de ventilação ou balanço eletrólito da dieta sobre a mortalidade, e o número de leitões manteve-se em média 11,4 leitões desmamados por fêmea (Tabela 16). KIEFER et al. (2012) também não obtiveram diferença significativa no número de leitões desmamados ou mortalidade ao desmame no sistema de resfriamento evaporativo para as porcas na maternidade.

e. Peso dos leitões ao desmame

TEIXEIRA et al. (2004) e MORALES et al. (2009) relataram maior (P<0,05) peso dos leitões ao desmame com o sistema de resfriamento evaporativo. Nesse trabalho, houve diferença significativa ao nível de P<0,1 para essa variável. O maior peso ao desmame pode estar relacionado à maior perda de calor para o ambiente no sistema de resfriamento

evaporativo (BLACK et al., 1993) e à boa produção de leite das fêmeas, em consequência ao consumo de ração suficiente para atender as exigências nutricionais.

Quanto à presença de ventilação forçada nas salas da maternidade, o sistema de resfriamento evaporativo foi direcionado na região dorsal da porca, diretamente ao hipotálamo, ou seja, influenciou na fêmea e não no microclima do galpão (TOLON e NÄÄS, 2005), não ocasionando, portanto, qualquer problema no desenvolvimento dos leitões.

É importante destacar que o peso dos leitões ao desmame é reduzido quando as porcas são expostas a períodos prolongados de temperatura acima de 25°C (BANHAZI et al., 2008 b). O ambiente quente combinado com elevada produção de calor metabólico na lactação prejudica o desempenho das porcas e dos leitões. Esse problema pode ser reduzido com adequação na ambiência, como o uso do resfriamento evaporativo a fim de aumentar a perda de calor da porca e minimizar os efeitos do estresse calórico (MARTIN, 2012).

A dieta com balanço eletrolítico ajustado não proporcionou efeito significativo no peso dos leitões ao desmame. Estes resultados concordam com as observações de BLACK et al. (1993) que os efeitos de mudança na dieta são pequenos comparando-se àqueles obtidos através do aumento na perda de calor para o ambiente, particularmente perda de calor evaporativo.

5.5.2 Efeitos da ordem de parto

Os resultados dos parâmetros de desempenho das fêmeas suínas de acordo com a ordem de parto são apresentados na Tabela 17.

a. Consumo de ração

Os resultados da Tabela 17 indicaram que, em relação às multíparas, as fêmeas primíparas apresentaram significativamente ($P<0,05$) menor consumo de ração (14,5%). Na análise estatística, observamos que a condição corporal e o intervalo desmame-estro das primíparas estão relacionados ao consumo de ração. Estes resultados estão de acordo com os achados de EISSEN et al. (2000) que porcas apresentando maior consumo de ração durante a lactação mostraram significativamente menores perda de peso e de espessura de toucinho,

maior ganho de peso da leitegada e menor probabilidade de intervalo desmame-estro prolongado.

Estudos de MARTIN (2012) comprovaram que as fêmeas primíparas apresentam padrão diferente de consumo de ração durante toda a lactação quando comparada às multíparas. Esses resultados podem ser atribuídos às diferenças nos mecanismos endócrinos e metabólicos entre as diferentes ordens de parto.

Tabela 17. Parâmetros de desempenho das fêmeas suínas de acordo com a ordem de parto (P = primíparas; M = multíparas).

Variável	OP	Média ± erro padrão	P-Valor
Consumo de ração diário (kg)	P	6,133 ± 0,155	
	M	7,174 ± 0,103	*
Peso inicial (kg)[1]	P	225,63 ± 3,85	
	M	269,45 ± 3,86	*
Peso inicial (kg)[2]	P	204,26 ± 4,03	
	M	244,11 ± 3,77	*
Peso final (kg)	P	200,80 ± 4,05	
	M	250,16 ± 3,87	*
Espessura de toucinho inicial (mm)	P	21,20 ± 0,67	
	M	18,45 ± 0,59	*
Espessura de toucinho final (mm)	P	20,67 ± 0,87	
	M	17,97 ± 0,56	*
Intervalo desmame-estro (dias)	P	5,6 ± 0,3	
	M	4,6 ± 0,1	*

P-Valor = *: significativo (P<0,05); P-Valor = NS: não significativo.
[1]Peso inicial das fêmeas com o peso da placenta e dos lei
[2]Peso inicial das fêmeas sem o peso da placenta e dos leitões.

b. Condição corporal

As fêmeas primíparas apresentaram significativamente (P<0,05) menor peso inicial (16,3%) e peso final (19,7%) e maior espessura de toucinho inicial (14,9%) e final (15%) (Tabela 17). Conforme relatado por EISSEN et al. (2000), o peso corporal aumenta com a ordem de parto. Porcas com maior ordem de parto e, consequentemente mais pesadas

apresentam exigências nutricionais mais elevadas para manutenção durante a lactação e podem consumir mais ração. Por outro lado, porcas com menor ordem de parição ainda estão em crescimento e necessitam de maior quantidade de energia e proteína. A ordem de parto pode, portanto, afetar o direcionamento de energia e/ou proteína entre tecido maternal e produção de leite durante a lactação. De acordo com os autores, as primíparas apresentam menor tamanho corporal, menor capacidade de ingestão, maior exigência de energia para mantença e crescimento, menor produção de leite e maior perda de peso corporal.

Em estudos conduzidos por JONES e STAHLY (1999), também foi evidenciado que o parâmetro espessura de toucinho não refletiu a variação na condição corporal de fêmeas primíparas recebendo diferentes níveis de lisina na ração durante a lactação, uma vez que esses autores constataram que a variação na mobilização de gordura corporal das porcas, entre os tratamentos, não foi detectada pela mensuração na espessura de toucinho, mesmo tendo sido avaliada em diferentes pontos no animal.

c. Intervalo desmame-estro

Como pode se observar na Tabela 17 as fêmeas primíparas apresentaram em média ($P<0,05$) o acréscimo de um dia no intervalo desmame-estro em relação às multíparas. De acordo com ESTIENNE e HARPER (1999), o baixo consumo de ração durante a lactação aumenta o intervalo desmame-estro. Esta afirmação pôde ser comprovada nesse estudo com o menor consumo de ração das primíparas (diferença de 1,041 kg de ração dia^{-1}) e maior intervalo desmame-estro (diferença de um dia). O menor consumo de ração das fêmeas primíparas também foi relacionado com maior intervalo desmame-estro nos estudos de (KEMP et al., 2011). MARTINS e COSTA (2008) igualmente encontraram maior intervalo desmame-estro ($P<0,05$) em primíparas alojadas em ambientes com temperatura ambiente elevada.

Segundo BORTOLOZZO et al. (2011), o desmame de porcas que sofreram catabolismo acentuado, devido ao menor consumo alimentar na maternidade, associado ao aumento da temperatura ambiente, compromete os resultados reprodutivos. Algumas fêmeas atrasam a entrada em estro após o desmame, principalmente as mais jovens, outras, devido à

excessiva perda corporal necessitam maior tempo de recuperação antes de serem novamente inseminadas.

Os resultados dos parâmetros de desempenho dos leitões de acordo com a ordem de parto são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18. Parâmetros de desempenho dos leitões de acordo com a ordem de parto das fêmeas suínas (P = primíparas; M = multíparas).

Variável	OP	Média ± erro padrão	P-Valor
Número de leitões nascidos vivos	P	12,60 ± 0,68	
	M	13,17 ± 0,44	NS
Número de leitões uniformizados	P	12,14 ± 0,14	
	M	12,02 ± 0,13	NS
Peso médio do leitão ao nascer	P	1,403 ± 0,066	
(kg)	M	1,544 ± 0,034	*
Mortalidade	P	0,64 ± 0,23	
(%)	M	0,62 ± 0,11	NS
Número de leitões desmamados	P	11,50 ± 0,25	
	M	11,40 ± 0,14	NS
Peso médio do leitão ao desmame	P	6,153 ± 0,213	
(kg)	M	6,863 ± 0,112	*
Ganho de peso diário	P	0,224 ± 0,008	
(kg dia^{-1})	M	0,255 ± 0,005	*

P-Valor = *: significativo (P<0,05); P-Valor = NS: não significativo.

d. Mortalidade dos leitões na maternidade

Não houve diferença significativa (P>0,05) entre fêmeas primíparas e multíparas para número de leitões nascidos, uniformizados e desmamados e mortalidade na maternidade. Conforme mencionado anteriormente, a granja apresentava bom *status* sanitário confirmado pelo baixo índice de mortalidade na maternidade (média de 0,64% para primíparas e 0,62% para multíparas).

e. Peso dos leitões ao desmame

Nesse estudo, as fêmeas primíparas obtiveram menor (P<0,05) peso dos leitões ao nascimento (9,1%) e ao desmame (10,3%) e menor ganho de peso diário (12,1%). Esses resultados são essenciais para entender os desafios encontrados no primeiro parto, causados pela demanda metabólica da lactação, particularmente sob condição de estresse calórico. A determinação das exigências nutricionais e ambientais de diferentes ordens de parto durante a lactação poderia ser considerada a fim de prevenir perdas na produtividade das porcas (MARTIN, 2012).

a. Relação entre ordem de parto, consumo de ração na maternidade e peso dos leitões ao desmame

A análise dos dados utilizando o teste Qui-quadrado (FLEISS et al., 2003) mostrou evidências de que a distribuição do consumo de ração das fêmeas por ordem de parto foi significativamente diferente (P<0,01). Como pode ser observado na Figura 30, 92,86% das fêmeas primíparas apresentaram consumo igual ou abaixo da média (valor médio = 6,96 kg dia^{-1}) e apenas 7,14% apresentaram consumo acima da média. Quanto às multíparas, 63,79% apresentaram consumo acima da média e 36,21% apresentaram consumo igual ou abaixo da média. Ou seja, o risco relativo de baixo consumo de ração nas primíparas é 2,56 vezes maior do que nas multíparas.

Foi observado nível de dependência entre o peso dos leitões ao desmame e o consumo de ração das fêmeas (P<0,05). De acordo com a Figura 31, fêmeas consumindo igual ou abaixo da média produziram apenas 26,47% dos leitões com peso acima de 6,5 kg ao desmame. Enquanto fêmeas consumindo acima da média, produziram 47,37% dos leitões com peso acima de 6,5 kg ao desmame. Ou seja, o risco relativo de leitões com peso menor ou igual à média de 6,5 kg é 1,39 vezes maior nas fêmeas consumindo ração igual ou abaixo da média. Estes resultados estão de acordo com relatos da literatura, os quais indicam que o maior consumo de água e ração reduz a perda de peso corporal e aumenta o peso dos leitões ao desmame (KRUSE, 2010) e, também que as porcas consumindo mais ração, produzem mais leite para suas leitegadas (TEIXEIRA et al., 2004).

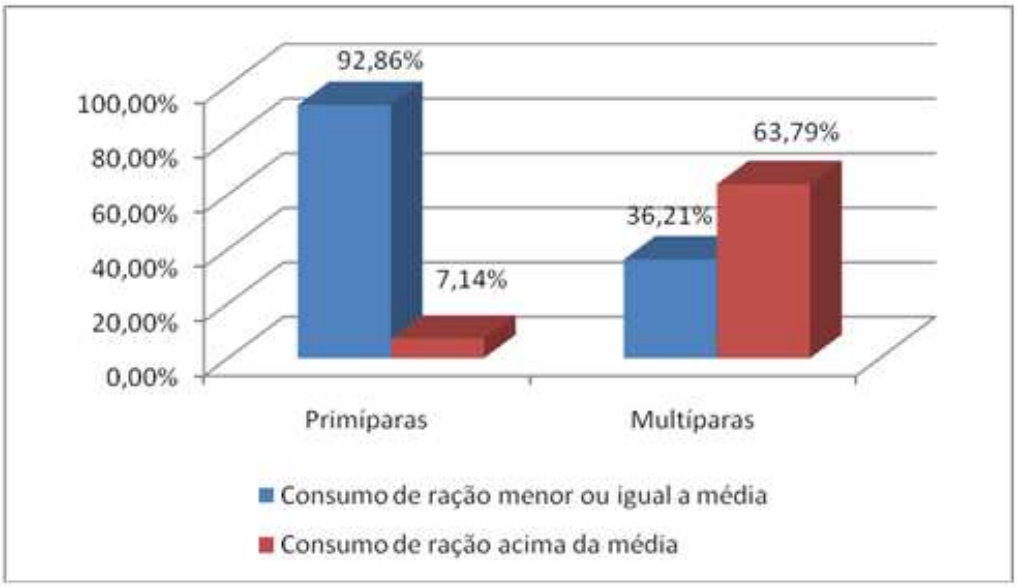


Figura 26. Distribuição do consumo de ração das fêmeas suínas em lactação, de acordo com a ordem de parto.

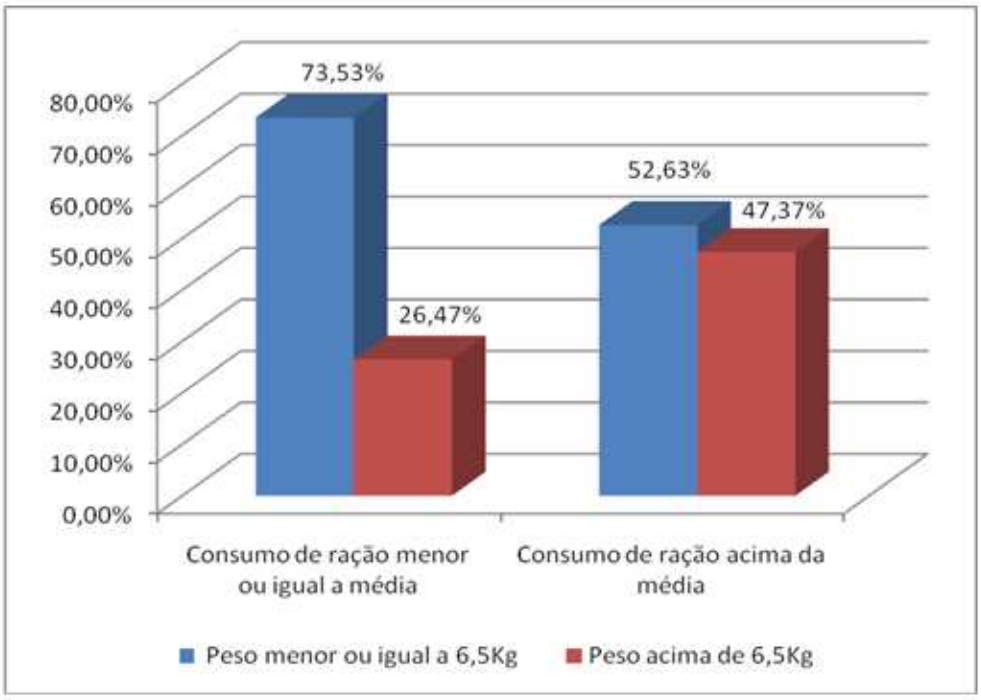


Figura 27. Distribuição do peso dos leitões ao desmame, de acordo com o consumo de ração das fêmeas suínas em lactação.

5.6 Análise econômica

Como o ajuste do balanço eletrolítico da ração não apresentou efeito significativo sobre as variáveis estudadas, consideramos na análise econômica apenas o custo do equipamento de resfriamento evaporativo com os dutos de ventilação, conforme a cotação do dólar a R$ 2,00 (US$ 5.500,00) sobre o tempo de retorno econômico do investimento e sobre a quantidade de kg de peso vivo a mais na creche e na terminação.

a. Tempo de retorno econômico do investimento

O cálculo foi obtido de acordo com os dados da granja onde foi realizado o experimento: plantel de 160 matrizes, 32 partos mês^{-1}, 11,2 leitões desmamados porca^{-1} e 0,230 kg de ganho de peso diário (GPD) a mais no SRE em relação ao SVN.

O tempo de retorno econômico do investimento foi analisado em duas situações:

- **Situação A:** preço de venda do kg suíno = U$ 1,25

  preço de venda do leitão desmamado de 6,857 kg = US$ 32,11

$$32_{partos/mês} \times 12_{meses} = 384_{partos/ano}$$

$$384_{partos/ano} \times 11{,}2_{leitões} = 4.300{,}8_{leitões/ano}$$

$$4.300{,}8_{leitões/ano} \times 0{,}230_{kg} = 989{,}18_{kg_leitões/ano}$$

$$\frac{989{,}18_{kg_leitões/ano}}{6{,}857_{kg}} = 144{,}26_{leitões/ano}$$

$$144{,}26_{leitões/ano} \times US\$32{,}11 = US\$4.632{,}19$$

$$\frac{US\$4.632{,}19}{12_{meses}} = US\$386{,}02 \times 14{,}3_{meses} = US\$5.520{,}09$$

Figura 28. Tempo de retorno do investimento na Situação A.

– **Situação B:** preço de venda do kg suíno = US$ 1,72

preço de venda do leitão desmamado de 6,857 kg = US$ 44,23

$$32_{partos/mês} \times 12_{meses} = 384_{partos/ano}$$

$$384_{partos/ano} \times 11{,}2_{leitões} = 4.300{,}8_{leitões/ano}$$

$$4.300{,}8_{leitões/ano} \times 0{,}230_{kg} = 989{,}18_{kg_leitões/ano}$$

$$\frac{989{,}18_{kg_leitões/ano}}{6{,}857_{kg}} = 144{,}26_{leitões/ano}$$

$$144{,}26_{leitões/ano} \times US\$44{,}23 = US\$6.380{,}62$$

$$\frac{US\$6.380{,}62}{12_{meses}} = US\$537{,}72 \times 10{,}4_{meses} = US\$5.592{,}29$$

Figura 29. Tempo de retorno do investimento na situação B.

Pode ser observado que mesmo na situação A (Figura 28) com menor preço de venda do suíno, o sistema de resfriamento evaporativo é vantajoso e o tempo de retorno econômico do investimento acontece em 14,3 meses. Em época de maior preço de venda do suíno, o tempo de retorno econômico do investimento é de 10,4 meses (Figura 29), ou seja, é reduzido em 27%. Considerando-se que o equipamento utilizado no experimento pode atender um galpão com 40 fêmeas, para os mesmos resultados de desempenho, o tempo de retorno do investimento seria ainda menor.

b. Quantidade de kg de peso vivo a mais na creche e na terminação

Cada 100 gramas a mais no peso do leitão ao desmame representa o acréscimo de 1 a 2 kg no peso da saída de creche e de 3 a 4 kg no peso ao abate (COLE e VARLEY, 2000). Portanto, para esta granja a diferença de 230 gramas no peso do leitão ao desmame pode significar uma boa redução no número de dias para o abate dos animais aos 100 kg de peso vivo.

Conforme citado por BANHAZI et al. (2007), o investimento em sistema de resfriamento evaporativo apresenta uma excelente relação custo-benefício e auxilia a aliviar problemas relacionados ao calor, como redução no consumo de ração das porcas e ganho de peso dos leitões.

5.7 CONCLUSÕES

- Nas condições climáticas onde foi realizado o experimento e o ITU representa condições térmicas de “alerta” e “perigo” no período da tarde, é recomendável a instalação de mecanismos de climatização para proteger as porcas do calor.

- A utilização do sistema de resfriamento evaporativo contribui para reduzir os efeitos do calor sobre as variáveis relacionadas à termorregulação das porcas em lactação durante o verão. E o desempenho dos leitões não foi prejudicado pelo fluxo do ar direcionado na cabeça das porcas.

- Em dieta com níveis nutricionais adequados para climas quentes, o ajuste do balanço eletrolítico não minimiza os efeitos do estresse calórico.

- A ordem de parto apresenta influência direta na frequência respiratória, consumo de ração e condição corporal das fêmeas, intervalo desmame-estro, e no peso dos leitões ao desmame. Devem ser realizadas estratégias de manejo, como melhor ambiência e dietas específicas para incrementar o consumo de ração das fêmeas primíparas a fim de maximizar a ingestão de nutrientes e o peso dos leitões ao desmame.

- O acompanhamento da temperatura superficial da porca com a câmera termográfica auxilia na detecção precoce dos problemas de hipertermia.

- A amostragem de saliva é um método útil e não invasivo para mensuração da concentração de cortisol e do nível de estresse nas fêmeas suínas.

- O investimento em resfriamento evaporativo proporciona retorno econômico para o produtor através de maior ganho de peso dos leitões ao desmame.

5.8 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

- Avaliar a temperatura superficial através da valorização dos pontos mensurados: orelha, nariz, dorso, peitoral, lombar, flanco, pernil dianteiro, pernil traseiro, canela e cauda.

- Calcular a troca de calor sensível no sistema de ventilação natural e sistema de resfriamento evaporativo.

- Avaliar os parâmetros de termorregulação e consumo de ração das porcas e o ganho de peso dos leitões de acordo com o estágio de lactação (1 a 7 dias, 7 a 14 dias e 14 a 21 dias de lactação), o sistema de ventilação (SVN e SRE) e as condições ambientais.

5.9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AARNINK, A.J.A.; SCHRAMA, J.W.; HEETKAMP, M.J.W.; STEFANOWSKA, J.; HUYNH, T.T.T. Temperature and body weight affect fouling of pig pens. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.84, p.2224-2231, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA – ABIPECS. **Carne suína brasileira**. <http://www.abipecs.org.br/uploads/relatorios/documentos-tecnicos>, 12/07/2012.

BANHAZI, T.; AARNINK, A.; THUY, H.; PEDERSEN, S.; HARTUNG, J.; MALTZ, E.; PAYNE, H.; MULLAN, B.; BERCKMANS, D. Issues related to livestock housing under hot climatic conditions including the animals' response to high temperatures. In: Workshop of CIGR Section II "Animal Housing in Hot Climate", 2007, Cairo. **Proceedings…** Cairo: CIGR, 122p., p. 4-24, 2007.

BANHAZI, T.M.; SEEDORF, J.; RUTLEY, D.L.; PITCHFORD W.S. Identification of risk factors for sub-optimal housing conditions in Australian piggeries: Part 3. Environmental parameters. **Journal of Agricultural Safety and Health,** Adelaide, v.14, n.1, p.41-52, 2008.

BAPTISTA, R.I.A.A.; BERTANIL, G.R.; BARBOSA, C.N. Indicadores do bem-estar em suínos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.10, p.1823-1830, out., 2011.

BARBARI, M.; BIANCHI, M.; GUERRI, F.S. Preliminary analysis of different cooling systems of sows in farrowing room. **Rivista di Ingegneria Agraria**, Bologna, v.1, p.9-15, 2007.

BARROS, L.R.; PASCOAL, L.A.F.; SILVA, L.P.G.; BRANDÃO, J.S. Distúrbios de impacto econômico na produção de suínos: agalaxia. **Revista Electrónica de Veterinaria,** Uruguai, v.9, n.7, 2008. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n070708/070807.pdf.>, 21/05/2009.

BENEDI, J.M.H. **El ambiente de los alojamentos ganaderos.** Ministerio de Agricultura, Pesca Y Alimentación. Servicio de Extensión Agraria, Madrid. Hojas Divulgadoras, 1986.

BIANCHI, I.; DESCHAMPS, J.C.; LÚCIA JÚNIOR, T.; CORRÊA, M.N.; VARELA JÚNIOR, A.S.; FONTINELLI, E.; MEINCKE, W. Fatores de risco associados ao desempenho de fêmeas suínas de primeiro e segundo partos durante a lactação. **Revista Brasileira de Agrociência,** Pelotas, v.12, n.3, p.351-355, jul./set., 2006.

BLACK, J. L.; MULLAN, B. P.; LORSCHY, M. L.; GILES, L. R. Lactation in the sow during heat stress. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.35, p.153-170, 1993.

BLOEMHOF, S.; VAN DER WAAIJ, E.H.; MERKS, J.W.M.; KNOL, E.F. Sow line differences in heat stress tolerance expressed in reproductive performance traits. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.86, p.3330-3337, 2008.

BORGES, S.A.; MAIORKA, A.; SILVA, A.V.F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural,** Santa Maria, v.33, n.5, p.975-981, set./out., 2003.

BORTOLOZZO, F.P.; GAGGINI, T.S.; WENTZ, I. Infertilidade sazonal no suíno: caracterização e consequências durante a fase gestacional. In: Simpósio Internacional de Suinocultura. Produção, Reprodução e Sanidade Suína. 6, 2011. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, p.117-131, 2011.

BRASIL. Ministério de Estado da Saúde. PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011. <http://bvsms.saude.gov.br.>, 11/09/2012.

BROWN-BRANDL, T.M.; NIENABER, J.A.; XIN, H.; GATES, R.S. A literature review of swine heat production. **Transaction of the ASABE**, St. Joseph, v.47, n.1, p.259-270, 2004.

BROWN-BRANDL, T.M.; EIGENBERG, R.A.; PURSWELL, J.L. Determining Heat Tolerance in Finishing Pigs Using Thermal Imaging. In: International Livestock Environment Symposium, 9, 2012, Valencia, **Proceedings...** Valencia: ASABE, 2012.

CARR, J. Investigação física da granja suína: piso, ventilação e pessoal. **Suis Brasil**, Caçador, n.5, p.44-55, 2005.

CARVALHO, L.F.O.S. **Determinação dos padrões normais e da influência do sexo, do período de cio, da gestação, do parto e da raça sobre a frequência respiratória,**

frequência cardíaca e temperatura retal de suínos (Sus Scrofa) criados no Estado de São Paulo. 43p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 1981.

CARVALHO, L.E.; OLIVEIRA, S.M.P.; TURCO, S.H.N. Utilização da nebulização e ventilação forçada sobre o desempenho e a temperatura da pele de suínos na fase de terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.6, p.1486-1491, 2004.

COMMISSION INTERNATIONALE DU GÉNIE RURAL – CIGR. **Animal housing in hot climates**. A multidiciplinary view. Section II Working group. Catania. 105p. 2006.
CLOSE, W.H.; COLE, D.J.A. **Nutrition of sows and boars**. United Kingdom: Nottingham University, 2000.

COLE, M.; VARLEY, M. Recent advances in the feeding and nutrition of the piglet. In Seminário Internacional de Suinocultura**,** 5**,** 2000. São Paulo. **Anais…** São Paulo: p.37-52, 2000.

CUEVAS, L. **Estrategias de manejo de reprodutores em epocas de calor**. Revista de la Asociación Nacional de Porcinocultura Cientifica, p.103-116, 1999.

CUI, S.R., WANG, K.Y, MIAO, X.W., GEERS, R., GOEDSEELS, V. Experimental study on cooling effect of growing pig housing in southern China. **ASAE Annual International Meeting / CIGR XVth World Congress Sponsored** by ASAE and CIGR. Illinois, 2002.

CURTIS, S. E. **Environmental Management in Animal Agriculture**. 2ed. Ames: Iowa State University Press, 1983.

DALLA COSTA, O.A.; COSTA, M.J.R.P.; FAUCITANO, L.; KICH, J.D.; ARMILIATO, N.; TRIQUES, N.J.; COLDEBELLA, A.; LUDKE, J.V.; PELOSO, J.V.; HOLDEFER, C.; BAILDI, P.C.; ROZA, D.D. Efeito do tempo de jejum dos suínos na granja sobre o bem-estar, medido pelo cortisol na saliva e pela frequência cardíaca, durante o manejo pré-abate. **Comunicado técnico Embrapa Suínos e Aves**, Concórdia: 439, dez., 2006.

DALLA COSTA, O.A.; LUDKE, J.V.; COSTA, M.J.R.P.; COLDEBELLA, A.; FAUCITANO, L.; PELOSO, J.V.; TRIQUES, N.J.; KICH, J.D. Determinação do Ritmo Ultra-Diano do Cortisol na Saliva de Fêmeas Suínas em Peso de Abate. **Comunicado Técnico Embrapa Suínos e Aves**, Concórdia: 460, dez., 2007.

DOVE, C.R.; HAYDON, K.D. The effect of various diet nutrient densities and electrolyte balances on sow and litter performance during two seasons of the year. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.72, p.1101-1106, 1994.

EICHEN, P.A.; LUCY, M.C.; SAFRANSKI, T.J.; COATE, E.A.; WILLIAMS, A.M.; SPIERS, D.E. Heat Stress Effects on Sow Reproductive Performance Using Simulated Forced Air and Evaporative Cooling Systems. In: Livestock Environment Conference, 8, 2008, Foz do Iguaçu, **Proceedings…** ASABE, p.773-779, 2008.

EISSEN, J.J.; APELDOORN, E.J.; KANIS, E.; VERSTEGEN, M.W.A.; GREEF, K.H. The importance of a high feed intake during lactation of primiparous sows nursing large litters. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.81, p.594-603, 2003.

EISSEN, J.J.; KANIS, E.; KEMP, B. Sow factors affecting voluntary feed intake during lactation. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.64, p.147-165, 2000.

ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. Westport: Avi Publishing Company Inc, 1982. apud SAMPAIO, C. A. P.; CRISTIANI, J.; DUBIELA, J. A.; BOFF, C. E.; OLIVEIRA, M. A. Avaliação do ambiente térmico em instalação para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.3, p.1-9, 2004.

ESMAY M.L.; DIXON J.E. **Environmental control for agriculture buildings.** Westport: Avi Publishing Company Inc., 1986.

ESTIENNE, M., HARPER, A. **Feeding sows for a rapid return to estrus after weaning.** <http://sites.ext.vt.edu/newsletter-archive/Feeding>. 21/03/2011.

FAGUNDES, A.C.A.; NEGRÃO, J.A.; SILVA, R.G.; GOMES, J.D.F.; SOUZA, L.W.O.; FUKUSHIMA, R.S. Environmental temperature and serum cortisol levels in growing-finishing pigs. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v.45, p.136-140, 2008.

FERREIRA, R.A.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; ARAÚJO, C.V.; SILVA, F.C.O.; FONTES, D.O.; SARAIVA, E.P. Redução do nível de proteína bruta e suplementação de

aminoácidos em rações para suínos machos castrados mantidos em ambiente termoneutro dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.2, p.548-556, 2005.

FLEISS, J.L.; LEVIN, B.; PAIK, M.C. **Statistical Methods for Rates and Proportions**. 3ed. New York: John Wiley & Sons Wiley, 2003.

GOURDINE, J.L.; BIDANEL, J.P.; RENAUDEAU, D. Rectal temperature of lactating sows in a tropical humid climate according to breed, parity and season. **Asian Australasian Journal Animal Science**, Seoul, v.20, n.6, p.832-841, 2007.

HAESE, D.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.; KILL, J.L.; ABREU, M.L.T.; SARAIVA, A.; SILVA, F.C.O.; DEL PUPPO, D. Validação das relações dos aminoácidos metionina, treonina, triptofano e valina com a lisina digestível na proteína ideal em rações para porcas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.7, p.1497-1502, 2010.

HANNAS, M.I. Aspectos fisiológicos e a produção de suínos em clima quente. In: Ambiência e Qualidade na Produção Industrial de Suínos, 1999, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p.01-33, 1999.

HIROSE, F.; SEVERINO NETO, J. Utilização de medicação via água de bebida na suinocultura: aspectos práticos e econômicos. In: Simpósio Brasil Sul de Suinocultura, 5, 2012, Chapecó, **Anais...** Concórdia, p.93-123, 2012.

HUYNH, T.T.T.; AARNINK, A.J.A.; VERSTEGEN, M.W.A.; GERRISTS, W.J.J.; HEETKAMPS, M.J.W.; KEMPS, B.; CANH, T.T. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.83, p.1385-1396, 2005.

ITO, N.M.K. Fisiopatologia do estresse induzido pelo calor; implicações sobre o sistema digestório e respiratório. In: Encontro Técnico da Elanco Saúde Animal Ltda, 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2004.

JACOBSON, L.D. Energy and ventilation management issues in U.S. pig buildings. In: London Swine Conference – Exploring the Future, 2011, Ontario. **Proceedings…** Ontario**:** p.117-123, 2011.

JIANG, M.; GEBREMEDHIN, K.G.; ALBRIGHT, L.D. Numerical Simulation of Coupled Heat and Mass Transfer through the Hair Coat. In: ASAE/CSAE Annual International Meeting, 2004, Ontario. **Proceedings…** Ontario**:** 2004.

JONES, D.B.; STAHLY, T.S. Impact of amino acid nutrition during lactation on body nutrient mobilization and milk nutrient output in primiparous sows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.77, n.6, p.1513-1522, 1999.

KEMP, B.; WIENTJES, A. J.; LEEUWEN, V.; HOVING, L.; SOEDE, N. Key factors to improve production and longevity of primiparous sows. In: Simpósio Internacional de Suinocultura. Produção, Reprodução e Sanidade Suína, 6, 2011, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, p.13-22, 2011.

KIEFER, C.; MARTINS, L.P.; FANTINI, C.C. Evaporative cooling for lactating sows under high ambient temperature. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v.41, n.5, p.1180-1185, 2012.

KOEPPEN, B.M.; STANTON, B.A. **Berne y Levy: Fisiología**. 3.ed. Barcelona: Elsevier Mosby, 2009 apud BAPTISTA, R.I.A.A.; BERTANIL, G.R.; BARBOSA, C.N. Indicadores do bem-estar em suínos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.10, p.1823-1830, out., 2011.

KOKETSU, Y.; DIAL, G.D.; PETTIGREW, J.E.; KING, V.L. Influence of feed intake during individual weeks of lactation on reproductive performance of sows on commercial farms. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.49, p.217–225, 1997.

KOTRBÁCEK, V.; NAU, H.R. The changes in skin temperatures of periparturient sows. **Acta Veterinary Brno**, Czech Republic, v.54, p.35-40, 1985.

KRUSE, S. **Water and feed intake of sows – patterns during lactation and - gestation and the potential for process control**. 82p. Dissertation (Master of Science) – Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Germany, 2010.

LE BELLEGO, L.; MILGEN, J. VAN; DUBOIS, S.; NOBLET, J. Energy utilization of low protein diets in growing pigs. **Journal of Animal Science,** Champaign, v.79, p.1259-1271, 2001.

LEMAN, A.D.; STRAW, B.E.; MENGELING, W.L.; D´ALLAIRE, S.; TAYLOR, D.J. **Diseases of Swine**. 7ed. Ames, Iowa: Iowa State University Press, 1992.

LESSKIU, P.E.; GONÇALVES, M.A.D.; BRANDT, G.; WENTZ, I.; BORTOLOZZO, F.P. Descarte de fêmeas jovens: racionalização das políticas de descarte e seus impactos sobre a produtividade do plantel. In: Simpósio Internacional de Suinocultura. Produção, Reprodução e Sanidade Suína. 6, 2011. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, p.139-161, 2011.

LIMA, A.L.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; FERNANDES, H.C.; CAMPOS, P.H. R.F.; ANTUNES, M.V.L. Resfriamento do piso da maternidade para porcas em lactação no verão. **Revista Brasileira de Zootecnia,** Viçosa, v.40, n.4, p.804-811, 2011.

LIZARDO, R. O bicarbonato de sódio na alimentação de suínos. **Suis Brasil**, Caçador, n.11, p.14-23, 2006.

LÚCIA JÚNIOR, T.; ULGUIM, R.R.; MOREIRA, F.; CORCINI, C.D.; BIANCHI, I. Uso do monitoramento de abates para validação de causas de descarte de fêmeas suínas. In: Simpósio Internacional de Suinocultura. Produção, Reprodução e Sanidade Suína. 6, 2011. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, p.133-138, 2011.

MAHAN, D.C. Mineral nutrition of the sow: A Review. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.68, p.573-582, 1990.

MARTIN, W.R. **Effects of heat stress on thermoregulation, reproduction and performance of different parity sows.** 2012. 154f. Thesis (Master of Science) - Faculty of the Graduate School University of Missouri, Missouri, 2012.

MARTINS, T.D.D.; COSTA, A.N. Desempenho e comportamento de fêmeas suínas lactantes criadas em climas tropicais. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v.57, p.77-88, 2008.

MARTINS, F.M.; SANTOS FILHO, J.I.; SANDI, A.J.; MIELE, M.; LIMA, G.J.M.M.; BERTOL, T.M.; AMARAL, A.L.; MORÉS, N.; KICH, J.D.; DALLA COSTA, O.A. Coeficientes técnicos para o cálculo do custo de produção de suínos. **Comunicado técnico Embrapa Suínos e Aves**, Concórdia: 506, dez., 2012.

MCGLONE, J.J. STANSBURY, W.F. TRIBBLE, L.F. Management of Lactating Sows during Heat Stress: Effects of Water Drip, Snout Coolers, Floor Type and a High Energy-Density Diet. **Journal of Animal Science,** Champaign, v.66, p.885-891, 1988.

MEIRELES, E.J.L.; VOLPATO, M.M.L.; GARCIA, A.L.A. Balanço hídrico dos anos agrícolas 2008/2009 e 2009/2010 para áreas cafeeiras no município de Patrocínio, MG. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 7, 2011. Araxá. **Anais...** Araxá: 6p. 2011.

MELLAGI, A.P.G. Protocolos de detecção de estro e inseminação artificial em suínos. In: Simpósio Brasil Sul de Suinocultura. 4, 2011. Chapecó. **Anais...** Concórdia, p.26-39, 2011.

MELLAGI, A.P.G.; FURTADO, C.S.D.; WENTZ, I.; BORTOLOZZO, F.P. **Efeito da infertilidade sazonal na eficiência reprodutiva de suínos**, <http://www.suinoculturaemfoco.com.br.>, 17/05/2009.

MENDES, A.S. **Efeito do manejo da ventilação natural no ambiente de salas de maternidade para suínos**. 89p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP. Piracicaba, 2005.

MESCHY, F. Balance electrolítico y productividad en animales monogástricos. In: Curso de Especialización Avances en Nutrición y Alimentación Animal, 14, 1998, Barcelona. **Proceedings...** Barcelona: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, p. 95-108, 1998.

MINITAB. ***Software***, version 15.1.0.0 Inc. 2005. CD-Rom.

MORALES, O.E.S.; GONÇALVES, M.A.D.; STORTI, A.A.; BERNARDI, M.L.; WENTZ, I.; BORTOLOZZO, F.P. Aspectos produtivos de fêmeas suínas e suas leitegadas em diferentes sistemas de ambiência na maternidade. In: Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos. 14, 2009. Uberlândia. **Anais...** Belo Horizonte, p.265-266, 2009.

NÄÄS, I.A. **Princípios de Conforto Térmico na Produção Animal.** São Paulo: Ícone, 1989.

NÄÄS, I.A. A influência do meio ambiente na reprodução das porcas. In: Seminário Internacional de Suinocultura, 5, 2000, São Paulo. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves: p.142-151, 2000.

NÄÄS, I. A. Mudanças climáticas: o impacto na produção de suínos. In: Seminário de Aves e Suínos, 8, 2009, São Paulo. **Anais…** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves: p.135-143, 2009.

NATIONAL PORK BOARD. Provide proper swine care to improve swine well-being: ventilation. In Swine Care Handbook. Des Moines, Iowa, p.98-99. 2011.

NUNES, L.A.O.; ANDRADE FILHO, A.C.C.; SARTORI, J.L. **Diagnóstico de diversas patologias com tecnologia brasileira.** <www.suframa.gov.br>, 13/01/2009.

NUNES, C.G.V.; COSTA, E.P.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; NUNES, R.V.; CARVALHO, G.R. Efeito do acondicionamento térmico ambiental sobre o desempenho reprodutivo da fêmea suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.4, p.854-863, 2003.

PANAGAKIS, P.; AXAOPOULOS, P. Simulation comparison of fogging strategies based on growing swine apparent heat-stress indices. In: AgEng'06, Agricultural Engineering for a Better World, 2006, Bonn. **Proceedings…** Bonn, 2006.

PATIENCE, J.F. A review of the role of acid-base balance in amino acid nutrition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.68, p.398-408. 1990.

QUINIOU, N.; NOBLET, J. Influence of high ambient temperatures on performance of multiparous lactating sows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.77, p.2124-2134, 1999.

RENAUDEAU, D.; QUINIOU, N.; NOBLET, J. Effects of exposure to high ambient temperature and dietary protein level on performance of multiparous lactating sows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.79, p.1240–1249, 2001.

ROLLER, W. L.; GOLDMAN, R. F. Response of swine to acute heat exposure. **Transactions of the ASAE**, v.12, n.2, p.164-169, 174, 1969 apud PANAGAKIS, P.; AXAOPOULOS, P. Simulation comparison of fogging strategies based on growing swine apparent heat-stress indices. In: AgEng'06, Agricultural Engineering for a Better World, 2006, Bonn. **Proceedings…** Bonn, 2006.

ROMANINI, C.E.B.; TOLON, Y.B.; NÄÄS, I.A.; MOURA, D.J. Physiological and productive responses of environmental control on housed sows. **Journal of Science Agriculture,** Cambridge, v.65, n.4, p.335-339, 2008.

RORIZ, M. **Psicrom 1.0** – Software para relações psicrométricas. Universidade Federal de São Carlos. 2003.

ROSTAGNO, H.S. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos:** Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. 2ed. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005.

RUIS, M.A.W.; TE BRAKE, J.H.A.; ENGEL, B.; DINAND EKKEL, E.; BUIST, W.G.; BLOKHUIS, H.J.; KOOLHAAS, J.M. The circadian rhythm of salivary cortisol in growing pigs: effects of age, gender, and stress. **Physiology & Behavior**, Cincinnati, vol.62, n.3, p.623–630, 1997.

SAAD, M.S.M.; CLÁUDIO, L.D.G. A cadeia produtiva da carne suína no Brasil. **Porkworld**, Campinas, n.49, p.16-18, 2009.

SAMPAIO, C.A.P.; CRISTIANI, J.; DUBIELA, J.A.; BOFF, C.E.; OLIVEIRA, M.A. Avaliação do ambiente térmico em instalação para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.3, p.1-9, 2004.

SAVARIS, V.D.L. **Estudo do balanço eletrolítico e da proteína bruta da ração para suínos em crescimento em condições de alta temperatura.** 59p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2008.

SCHÖNREITER, S.; ZANELLA, A.J. Assessment of cortisol in swine by saliva: new methodological approaches. **Archiv Tierzucht,** Dummerstorf, v.43, p.165-170, 2000.

SILVA, B.A.N.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; FERNANDES, H.C.; ABREU, M.L.T.; NOBLET, J.; NUNES, C.G.V. Effect of floor cooling on performance of lactating sows during summer. **Livestock Science**, Cincinnati, v.105, p.176-184, 2006.

SILVA, B.A.N.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; FERNANDES, H. C.; LIMA, A. L.; RENAUDEAU, D.; NOBLET, J. Effect of floor cooling and dietary amino acids content on performance and behaviour of lactating primiparous sows during summer. **Livestock Science**, Cincinnati, v.120, p.25–34, 2009.

SOBESTIANSKY, J.; PERUZO, B.F; COSTA, O.D.; WENDT, M. Infecção urinária de origem multifatorial na fêmea suína em produção. Suinocultura Dinâmica, **Periódico técnico-informativo elaborado pela EMBRAPA–CNPSA,** Concórdia, v.4, n.16, 1995.

SOUSA, P. **Avaliação do índice de conforto térmico para matrizes suínas em gestação segundo as características do ambiente interno.** 103p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2002.

TEIXEIRA, H.S. **Impacto do balanço eletrolítico sobre parâmetros reprodutivos da fêmea suína.** 60p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Setor de Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Paraná, 2010.

TEIXEIRA, V.H.; TEIXEIRA, A.S.; LOPES, S.P. Efeito do resfriamento adiabático evaporativo e da ventilação forçada no desempenho de porcas lactantes e suas leitegadas. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.12, n.1, p.51-56, 2004.

THOM, E.C. Cooling degree: day air conditioning, heating, and ventilating. **Transaction of the American Society of Heating**, Michigan, v.55, n.7, p.65-72, 1958.

THUY, H.T.T. **Heat stress in growing pigs.** 163p. Thesis – Wageningen Institute of Animal Science, Wageningen. The Netherlands. 2005.

TOLON, Y. B; NÄÄS, I. A. Avaliação de tipos de ventilação em maternidade de suínos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.565-574, 2005.

VAN HOOGMOED, L.M.; SNYDER, J.R. Use of infrared thermography to detect injections and palmar digital neurectomy in horses. **The Veterinary Journal**, Cincinnati, v.164, p.129-141, 2002.

VINING, R.F.; MCGINLEY, R.A.; MAKSVYTIS, J.J.; HO, K.Y. Salivary cortisol: a better measure of adrenal cortical function than serum cortisol. **Annals of Clinical Biochemistry**, Japan, v.20, p.329-335, 1983.

WENTZ, I.; UEMOTO, D.A.; BORTOLOZZO, F.P.; POZZOBON, M. C.; BARIONI Jr., W. Sobrevivência embrionária, número de embriões viáveis e taxa de retorno ao estro em leitoas com elevada temperatura corporal. In: Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos, 9, 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Concórdia: Embrapa suínos e aves, p.393, 1999.

YAN, P.S.; YAMAMOTO, S. Relationship between thermoregulatory responses and heat loss in piglets. **Animal Science Journal,** Japan, v.71, n.10, p.505-509, 2000.