Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Bem-estar de matrizes suínas em gestação: Estimativa da condição de conforto térmico, análise comportamental e produtiva no alojamento coletivo com uso de cama

Maria Luísa Appendino Nunes

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração: Física do Ambiente Agrícola

Piracicaba
2011

Maria Luísa Appendino Nunes
Zootecnista

Bem-estar de matrizes em gestação: Estimativa da condição de conforto térmico, análise comportamental e produtiva no alojamento coletivo com uso de cama

Orientador:
Profa. Dra. **KÉSIA OLIVEIRA DA SILVA MIRANDA**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração: Física do Ambiente Agrícola

Piracicaba
2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP

Nunes, Maria Luísa Appendino
Bem-estar de matrizes suínas em gestação: Estimativa da condição de conforto térmico, análise comportamental e produtiva no alojamento coletivo com uso de cama / Maria Luísa Appendino Nunes. - - Piracicaba, 2011.
153 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2011.

1. Bioclimatologia animal 2. Conforto térmico 3. Suínos I. Título

CDD 636.4
N972b

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Dedico este trabalho a todos aqueles que moram em meu coração, pois o “lar é onde o coração está”:

Em especial, aos meus pais Rubens e Leny Nunes e ao meu querido Claiton Zotti: Vocês me fizeram o que sou e, ao mesmo tempo, me ajudam a construir o que serei.

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora Profa. Késia Oliveira da Silva Miranda, pelo constante apoio às minhas ideias e aspirações no doutorado. Agradeço pela oportunidade e por ser sempre uma facilitadora amiga neste processo;

Ao Prof. Iran Oliveira da Silva pelos ensinamentos, grandes incentivos na reflexão sobre a vida profissional. Seu constante exercício de nos fazer olhar “daqui a 20 anos” contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional;

Ao Núcleo de Pesquisa em Ambiência, aqui representado pelos professores Iran e Késia, mas também por todas as pessoas que estiveram historicamente vinculadas a ele;

A Universidade do Estado de Santa Catarina, pela oportunidade de crescimento e capacitação profissional. Em especial, gostaria de agradecer o apoio precioso dos professores Luciano Hack, Dilmar Baretta e Diovani Paiano;

A Granja Água Branca, por permitir a realização deste estudo. Meu especial agradecimento a Olintho Rodrigues Arruda por receber minhas ideias com entusiasmo e colaborar nas discussões da pesquisa. Vale dizer que sua história e posição de destaque no cenário produtivo nacional da suinocultura sempre me inspiraram. Meus agradecimentos a todos os funcionários que colaboraram com esta pesquisa;

Aos meus amigos do NUPEA:

Frederico Márcio Vieira: Por me permitir discordar, concordar e conversar sobre a vida, você é especial!; Ariane Cristina de Castro: Seu esforço, comprometimento e, principalmente, fé me inspiram sempre! Paulo Garcia: Seu modo “no fim dá certo” de ver a vida é sábio, e vou levar isso comigo; Giselle Borges: determinada e comprometida nos objetivos, obrigada pela sua amizade; Aérica Cerqueira Nascimento: sua fé é contagiante, levarei suas palavras para sempre; Ilze Helena de Gaspari das Neves: pelo seu constante ombro para a gente chorar e por sua generosidade; Rofson Falcão: pela sua amizade e bom humor contagiantes; Gustavo Mostaço: pela prestatividade e gentileza em revisar este trabalho. Ao Aldie Trabachini, Ana Carolina Donofre e Iuri Ferreira, Guilherme Franchi e Felipe Barnabé (irmão): Foi ótimo conhecê-los;

Aos outros amigos do NUPEA que já não se encontram lá, especialmente a Sheila Nascimento (obrigada pelo apoio constante, nas discussões teóricas e nos assuntos particulares), ao Juliano Camargo (pela parceria e profissionalismo), a Valéria Rodrigues (pela identificação ideológica que temos e, principalmente, por suas palavras valerem ouro); a Natália Risi (sempre me deixará de exemplo sua seriedade e postura ética) e ao Elenilson Bortolini (sua ajuda foi crucial nas análises de imagem);

Aos meus queridos: Maicon Sbardella, Carlos Eduardo Oltramari , Daniel Junges, Jane Cristina Gonçalves, Camila Gavioli, Daniel Scialom, Taciana Diesel, Tamara Lorenzetti, Enedi Zanchet, Tia (Fernanda Cauduro), Adriano Dicesar Gonçalves, pela amizade sincera;

Ao Prof. Afrânio Vieira: Foi um prazer trabalhar contigo. Sua parceria engrandece e muito este trabalho;

Aos professores Sérgio Oliveira Moraes, Quirijn de Jong Van Lier, Luiz Roberto Angelocci, Valdomiro Miyada, Jarbas Miranda, Héliton Pandorfi e Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho: cada um ao seu modo me passou exemplos interessantes para a docência universitária;

Aos pesquisadores Irineu Arcaro Júnior e Luciandra de Macedo Toledo, pela parceria fundamental para a realização desta pesquisa;

Ao pesquisador Paulo Armando Oliveira, pelos preciosos ensinamentos e pela disponibilidade em discutir este trabalho;

A minha prima Raquel Nunes, pela amizade e ajuda nas versões em inglês;

A Angela Derigi Silva, por ser prestativa por natureza, sempre com uma palavra amiga (thanks!). Aos funcionários Antonio Agostinho Gozzo, Hélio de Toledo Gomes e Luiz Custódio Camargo: Por estarem sempre dispostos a ajudar. Vocês fazem a diferença e mostram que gostam do que fazem!

A Joana Demski e João Gabriel Almeida: Pelo auxílio comprometido durante o experimento de campo (e durante etapas inerentes a ele, como atolamentos de carro à noite e, principalmente, por me aturarem nos momentos de estresse): meu especial agradecimento. Foi muito bom trabalhar com vocês;

Ao meu querido marido Claiton Zotti: Realizar sonhos com você (longe ou perto fisicamente) está sendo gratificante e especial. Obrigada pelo seu apoio, incentivo ao

crescimento pessoal e profissional. Obrigada por compartilhar dos meus ideais e me respeitar acima de tudo. Eu te amo;

Agradeço aos meus pais Leny e Rubens Nunes pois nesta etapa, como sempre na minha vida, exerceram papel fundamental: Estiveram na retaguarda desta pesquisa, fornecendo pouso aos estagiários, me ajudando na organização logística. Amo vocês.

Ao meu irmão Luís Roberto (e seu constante e original *toque Nunes*), a minha cunhada Ana Carolina e ao meu sobrinho Fernando. Ao meu primo Luis Manoel, à Samyra e à minha afilhada Maria Alice: É bom demais ver a criançada crescendo e enobrecendo a família;

Aos meus tios Paulo e Regina Nunes, minha querida avó Ely Appendino e meu tio Roberto Appendino: Ficar mais próximo de vocês durante este período foi fantástico!

Agradeço a pessoas especiais que não estão mais entre nós: Severiano e Paulina Pagotto (meus queridos padrinhos) e aos meus avós Roberto Prado Appendino, Luiza e Luiz Nunes;

Agradeço à minha segunda família: Aos meus sogros Pedro e Carmen Zotti, e aos meus cunhados Vinícius e Calandra: Acolheram-me como se eu tivesse nascido de vocês: meu eterno reconhecimento! Obrigada também ao meu tio de coração Mauri Galeli: Você é exemplo de vida para todos nós;

Aos animais! Aos quais devemos respeito e compaixão sempre. Este trabalho tem muito desta minha convicção: Em especial aos meus cães: Pepa (de Botucatu – Itu – Chapecó – Piracicaba, sempre foi uma amiga) e Bob (sem palavras, um ser especial).

Tudo o que acontece à Terra acontece aos filhos da Terra.
O homem não teceu a teia da vida. Ele é meramente um fio dela.
O que quer que ele faça à teia, ele faz a si mesmo.”
(Carta do Cacique Seattle)

“...um gaviãozinho solitário, com garras afiadas e por vezes temido por ser predador de topo, não representa nada no meio de inúmeros joões-de-barro focados em sua capacidade construtiva.”
(Frase inspiradora, dita durante a comemoração do 1º lugar da Zootecnia/UDESC – ENADE 2010)

SUMÁRIO

RESUMO 13
ABSTRACT 15
LISTA DE FIGURAS 17
LISTA DE TABELAS 21
LISTA DE QUADROS 25
1 INTRODUÇÃO 27
Referências 29
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 31
2.1 Bem-estar animal 31
2.2 Bem-estar de matrizes suínas 33
2.3 Enriquecimento ambiental 35
2.4 Comportamento de matrizes suínas em gestação 37
2.5 Uso de cama na produção de suínos 42
2.6 Conforto térmico de matrizes suínas 44
2.7 Índices reprodutivos 52
2.8 Termografia de infra-vermelho 54
Referências 55
3 AVALIAÇÃO FISIOLÓGICA DE ESTRESSE POR CALOR EM PORCAS GESTANTES SUBMETIDAS A DIFERENTES SISTEMAS DE ALOJAMENTO EM CAMA E EM PISO DE CONCRETO 65
Resumo 65
Abstract 66
3.1 Introdução 66
3.2 Material e Métodos 70
3.2.1 Avaliação das variáveis físicas do ambiente 74
3.2.2 Avaliação das variáveis fisiológicas 78
3.2.3 Modelos estatísticos 80
3.3 Resultados e Discussão 80
3.3.1 Variáveis físicas do ambiente 80
3.3.2 Temperatura retal (TR) 96

3.3.3 Temperatura da pele (TP)..... 99
3.3.4 Gradiente internos de temperatura 107
3.3.5 Frequência respiratória (FR)..... 111
3.4 Conclusões parciais..... 114
Referências 115
4. PADRÃO COMPORTAMENTAL E EFICIÊNCIA REPRODUTIVA DE PORCAS GESTANTES MANTIDAS EM SISTEMAS COLETIVOS COM E SEM O USO DE CAMA..... 119
Resumo..... 119
Abstract..... 120
4.1 Introdução..... 120
4.2 Material e Métodos 123
4.2.1 Avaliação das variáveis climáticas..... 124
4.2.2 Avaliação comportamental..... 124
4.2.3 Avaliação do escore de lesões 127
4.2.4 Avaliação das variáveis reprodutivas..... 128
4.2.5 Análise estatística..... 128
4.3 Resultados e Discussão 130
4.3.1 Avaliação das variáveis climáticas..... 130
4.3.2 Avaliação comportamental..... 132
4.3.3 Análise de lesões..... 140
4.3.4 Variáveis reprodutivas 145
4.4 Conclusões Parciais 147
Referências 148
5 CONCLUSÕES FINAIS 151
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 153

RESUMO

Bem-estar de matrizes suínas em gestação: Estimativa da condição de conforto térmico, análise comportamental e produtiva no alojamento coletivo com uso de cama

A discussão do bem-estar de matrizes suínas gestantes é um tema em destaque em função do uso de gaiolas individuais. Assim, é urgente a geração de conhecimentos voltados ao alojamento coletivo. Objetivou-se com esta pesquisa avaliar aspectos produtivos, comportamentais, fisiológicos e bioclimáticos resultantes do uso de cama na fase de gestação suína, em diferentes sistemas de alojamento. O experimento foi realizado no Município de Itu/SP, entre os meses de janeiro e setembro de 2010, durante 2 ciclos de gestação (experimentos 1 e 2). Em cada ciclo foram alojadas 216 porcas gestantes em quatro tratamentos de forma a avaliar: tipo de alojamento (combinado - GB ou coletivo – B) e tipo de piso (cama de maravalha - CC ou concreto - SC). No capítulo 3 foram avaliadas características físicas do ambiente e indicadores fisiológicos de conforto térmico. No capítulo 4 foram avaliados os padrões comportamentais nos tratamentos, bem como resultados reprodutivos. Foram verificadas piores condições microclimáticas em cama ($P<0,05$), com aumento da temperatura e entalpia específica do ar (1,14 ºC e 2,37 kJ/kg ar seco, respectivamente). No experimento 2, ocorreu interação ($P<0,05$) entre horário e presença de cama, de forma que somente nos horários da manhã e meio dia a presença de cama implicou em aumento da temperatura e entalpia específica do ar. No experimento 1, a temperatura do piso na área suja apresentou-se maior em cama, com um aumento de 2,61 ºC ($P<0,05$). O mesmo ocorreu no experimento 2, no entanto, com interação entre temperatura do piso na área suja e horário. Em geral, a temperatura do piso na área limpa apresentou-se maior nos sistemas SC. No experimento 1 a temperatura retal não diferiu significativamente ($P>0,05$), diferentemente do experimento 2 no qual foi observado aumento significativo na presença cama. Em ambos os experimentos, a temperatura da pele e frequência respiratória apresentaram-se maiores em cama. Fêmeas mantidas em cama tiveram maiores frequências na postura em pé (20,9 e 31,4% para GBSC e GBCC e 20,6 e 39,2% para BSC e BCC, respectivamente). Foram encontradas evidências de que a cama diminui a ocorrência de estereotipias orais e lesões corporais. Os modelos desenvolvidos mostraram que a maioria das variáveis reprodutivas não foi afetada pelos tratamentos. O uso de cama alterou negativamente aspectos bioclimáticos do sistema, expresso na maior entalpia específica do ar, com as variáveis fisiológicas indicando maior estresse por calor. Por outro lado, a avaliação comportamental e de lesões indicou vantagens relacionadas ao uso de cama. A similaridade dos resultados produtivos obtidos mostra que o uso de cama e o alojamento em grupo durante toda a gestação devem ser considerados, no entanto, devem ser estudadas formas de climatização do ambiente produtivo para permitir bem-estar térmico, associado a outros quesitos do bem-estar animal.

Palavras-chave: Conforto térmico; Bioclimatologia; Suínos; Enriquecimento ambiental

ABSTRACT

Welfare of gestating sows: an estimate of thermal comfort conditions, behavioral and productive analysis in group housing with the use of bedding

The increased concern about animal welfare in the world is evident. In this area, the housing system of gestating sows is especially significant due to the use of individual cages. Thus, the generation of knowledge of group housing is urgent. Information on the use of bedding for these animals in the Brazilian climate is scarce. The purpose of this research was to evaluate productive, behavioral, physiological and bioclimatic aspects resulting from the use of bedding in the gestation period of sows, in different housing systems. The experiments were conducted in Itu, state of São Paulo, between January and September 2010, during two gestation periods (experiments 1 and 2). In each period 216 gestating sows were housed in four treatments, in order to evaluate the type of housing – CP or P (cage and pen - CP or en - P) and the type of floor– WB or NB (wood shaving bedding/with bedding – WB or concrete/no bedding - NB). In Chapter 3 we analyzed the physical characteristics of the environment and the physiological indicators of thermal comfort. In chapter 4 we evaluated the behavioral patterns in the treatments, as well as the reproductive results. Worse microclimatic conditions were observed in the bedding ($P<0.05$), with increase in temperature and in specific enthalpy of air (1.14 ºC and 2.37 kJ/kg dry air, respectively). In experiment 2 there was interaction ($P<0.05$) between the time and the presence of bedding. Only in the morning and at noon the presence of bedding caused increase in temperature and in specific enthalpy of air. In experiment 1, the floor temperature in the dirty area was higher with the use of bedding, with an increase of 2.61 ºC ($P<0.05$). The same occurred in experiment 2, but there was interaction between floor temperature in the dirty area and the time. In general, the floor temperature in the clean area was higher in the NB systems. In experiment 1, the rectal temperature did not differ significantly in the treatments ($P<0.05$), whereas experiment 2 showed higher rectal temperature in the presence of bedding. In both experiments, skin temperature and respiratory rate were higher in the bedding. Sows kept in the bedding system had higher rates of standing posture (20.9 and 31.4% for CPNB and CPWB and 20.6 and 39.2% for PNB and PWB, respectively). We found evidence that the bedding decreases the occurrence of oral stereotypies and lesions. The models developed showed that most reproductive variables were not affected by the treatments. The use of bedding caused negative alterations in thermodynamic aspects of the system – higher specific enthalpy, with physiological variables indicating thermal stress. On the other hand, the evaluation of behavior and lesions indicated advantages related to the use of bedding. The similarity of the productive results obtained shows that the use of bedding and the group housing during all gestation period should be considered as viable practices. However, it is necessary to study climatization forms in the productive environment, in order to provide thermal comfort, in association with other requisites for animal welfare.

Keywords: Thermal comfort; Bioclimatology; Swine; Environmental enrichment

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema ilustrativo da distribuição dos tratamentos avaliados nos experimentos 1 e 2. 71
Figura 2 - Imagem ilustrativa da visão interna dos galpões utilizados no experimento – (a) Galpão com piso de concreto (tratamentos GBSC e BSC), e (b) Galpão com uso de cama (GBCC e BCC). 72
Figura 3 - Câmera termográfica FLUKE®, modelo TI25 utilizada durante o experimento 76
Figura 4 - Imagens termográficas das superfícies de piso, com a caixa central e valores de temperatura (média, máxima e mínima), (A) Cama, área limpa, (B) Cama, área suja, (C) Concreto, área limpa e (D) Concreto, área suja. 76
Figura 5 - Sequência de imagens termográficas registradas – Cabeça (A), paleta (B), lombo (C), pernil (D) e patas traseiras (E). 79
Figura 6 – Valores médios, máximos e mínimos da temperatura (ºC) (A, nos tratamentos com cama e B, nos tratamentos sem cama), umidade relativa (%) (C, nos tratamentos com cama e D, nos tratamentos sem cama) e entalpia específica (kJ/kg de ar seco) (E, nos tratamentos com cama e F, nos tratamentos sem cama) durante os períodos de avaliação do experimento 1. 81
Figura 7 - Valores médios, máximos e mínimos da temperatura (ºC) (A, nos tratamentos com cama e B, nos tratamentos sem cama), umidade relativa (%) (C, nos tratamentos com cama e D, nos tratamentos sem cama) e entalpia específica (kJ/kg de ar seco) (E, nos tratamentos com cama e F, nos tratamentos sem cama) durante os períodos de avaliação do experimento 2 82
Figura 8 – Variação da temperatura média do piso, na área limpa, nos três horários de avaliação (manhã – M, meio dia – MD e tarde – T), nos tratamentos com (CC) e sem (SC) cama, ao longo do experimento 1 88
Figura 9 - Variação da temperatura média do ar nos três horários de avaliação (manhã – M, meio dia – MD e tarde – T), nos tratamentos com (CC) e sem (SC) cama, ao longo do experimento 2. 91

Figura 10 - Variação da umidade relativa do ar (%) nos três horários de avaliação (manhã – M, meio dia MD e tarde – T), nos tratamentos com (CC) e sem (SC) cama, ao longo do experimento 2. 92
Figura 11 - Variação da entalpia específica do ar (kJ/kg de ar seco) nos três horários de avaliação (manhã – M, meio dia – MD e tarde – T), nos tratamentos com (CC) e sem (SC) cama, ao longo do experimento 2. 93
Figura 12 - Variação da temperatura média do piso, na área suja, nos três horários de avaliação (manhã – M, meio dia – MD e tarde – T), nos tratamentos com (CC) e sem (SC) cama, ao longo do experimento 2. 94
Figura 13 - Variação da temperatura média do piso, na área limpa, nos três horários de avaliação (manhã – M, meio dia – MD e tarde – T), nos tratamentos com (CC) e sem (SC) cama, ao longo do experimento 2. 96
Figura 14 – Temperatura da pele (cabeça) nos horários da manhã (M), meio dia (MD) e tarde (T), durante o experimento 2 105
Figura 15 – Temperatura de pele (paleta) nos horários da manhã (M), meio dia (MD) e tarde (T) durante o experimento 2 106
Figura 16 – Gradiente de temperatura entre a temperatura de pele (cabeça) e a temperatura do ar nos horários da manhã (M), meio dia (MD) e tarde (T) durante o experimento 2 107
Figura 17 - Temperatura do ar e gradiente entre as médias de temperatura retal e da pele, registradas nos tratamentos BCC (A, C e D) e BSC (B, D e E), nos períodos da manhã (A e B), meio dia (C e D) e tarde (D e E), do experimento 1 108
Figura 18 - Temperatura do ar e gradiente entre as médias de temperatura retal e da pele, registradas nos tratamentos BCC (A, C e D) e BSC (B, D e E), nos períodos da manhã (A e B), meio dia (C e D) e tarde (D e E) , do experimento 2 109
Figura 19 - Gradiente entre temperatura retal e temperatura de pele (lombo) nos horários da manhã (M), meio dia (MD) e tarde (T), para os tratamentos com (CC) e sem (SC) cama, durante o experimento 1. 110

Figura 20 - Gradiente entre temperatura retal e temperatura de pele (lombo) nos horários da manhã (M), meio dia (MD) e tarde (T), para os tratamentos com (CC) e sem (SC) cama, durante o experimento 2. 111
Figura 21 - Frequência respiratória nos horários da manhã (M), meio dia (MD) e tarde (T), ao longo do experimento 2. 114
Figura 22 - Imagem ilustrativa da marcação individual realizada para análise comportamental 125
Figura 23 - Esquema adotado para a avaliação comportamental, nos períodos 1 a 4, aonde R1, R2 e R3 representam as repetições 1, 2 e 3, respectivamente, de cada tratamento. 127
Figura 24 - Esquema adotado para a avaliação comportamental, nos períodos 5 a 7, aonde R1, R2 e R3 representam as repetições 1, 2 e 3, respectivamente, de cada tratamento 127
Figura 25 - Regiões corporais da análise de lesões (1 – orelhas, 2 – cabeça, 3 – pescoço e paleta, 4 –dorso e flanco, 5 – pernil, 6 – rabo e região peri-anal e 7 – vulva).....128
Figura 26 - Imagens ilustrativas da avaliação qualitativa das lesões corporais, (a) Lesão de nível 1, (b) Lesão de nível 2 e (c) Lesão de nível 3. 128
Figura 27 - Temperatura média do ar (ºC) nos horários da manhã (A), meio dia (B) e tarde (C) para os tratamentos sem (SC) e com (CC) cama. TCS: temperatura crítica superior. TCI: temperatura crítica inferior 130
Figura 28 - Umidade relativa do ar (%) nos horários da manhã (A), meio dia (B) e tarde (C), nos tratamentos sem (SC) e com (CC) cama. UR MAX e UR MIN estabelecem respectivamente limites máximos e mínimos da faixa de umidade relativa ideal 131
Figura 29 - Entalpia específica média do ar (kJ/kg de ar seco) nos dias de avaliação comportamental, nos horários da manhã (a), meio dia (b) e tarde (c), para os tratamentos sem (SC) e com (CC) o uso de cama.....132
Figura 30 - Percentual (%) de observações das posturas analisadas (A: ajoelhada, S: sentada, D: deitada e P: em pé) nos tratamentos GBSC, GBCC, BSC e BCC.....135

Figura 31 - Variação da porcentagem da postura “deitada” nos diferentes tratamentos, no período da manhã (M), meio dia (MD e tarde (T). 137
Figura 32 - Variação da porcentagem de estereotipias totais nos diferentes tratamentos, no horário da manhã (M), meio dia (MD) e tarde (T). 138
Figura 33 - Percentual de observação das principais posturas e temperatura média do ar, nos tratamentos GBSC (A), GBCC (B), BSC (C) e BCC (D), nos períodos 1 a 4 (GBSC e GBCC) e 1 a 7 (BSC e BCC) 139
Figura 34 – Número total de lesões de nível 1 (A), 2 (B) e 3 (C) nos diferentes tratamentos estudados 141
Figura 35 – Representações gráficas da análise de correspondência realizada para interpretação da relação existente entre grau de lesões e tratamento verificado, nas regiões da cabeça (A), paleta/pescoço (B), dorso/flanco (C) e pernil (D) 144

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Temperatura média do ar nos tratamentos com e sem uso de cama durante o experimento 1.....83
Tabela 2 - Temperatura média do ar nos horários da manhã, meio dia e tarde, durante o experimento 1.....84
Tabela 3 – Entalpia específica média do ar nos tratamentos com e sem uso de cama durante o experimento 1 84
Tabela 4 – Entalpia específica média do ar nos horários da manhã, meio dia e tarde, durante o experimento 1 85
Tabela 5 – Temperatura média do piso (área suja) nos tratamentos com e sem uso de cama durante o experimento 1.....86
Tabela 6 – Temperaturas médias do piso (área suja) nos horários da manhã, meio dia e tarde, durante o experimento 1 87
Tabela 7 – Temperaturas médias do piso (área limpa) nos tratamentos com e sem cama, nos três horários de avaliação (manhã, meio dia e tarde) durante o experimento 1.....87
Tabela 8 – Taxa de perda de calor condutivo com o piso (q_p) e variáveis utilizadas no cálculo para piso de concreto e cama de maravalha, nas áreas limpa e suja durante o experimento 1 89
Tabela 9 - Temperaturas médias do ar nos tratamentos com e sem cama, nos três horários de avaliação (manhã, meio dia e tarde) durante o experimento 2. 90
Tabela 10 – Umidades relativas do ar nos tratamentos com e sem cama, nos três horários de avaliação (manhã, meio dia e tarde) durante o experimento 2. 92
Tabela 11 – Entalpias específicas médias do ar nos tratamentos com e sem cama, nos três horários de avaliação (manhã, meio dia e tarde) durante o experimento 2. 93
Tabela 12 – Temperaturas médias do piso (área suja) nos tratamentos com e sem cama, nos três horários de avaliação (manhã, meio dia e tarde) durante o experimento 2.....94

Tabela 13 - Temperaturas médias do piso (área limpa) nos tratamentos com e sem cama, nos três horários de avaliação (manhã, meio dia e tarde) durante o experimento 2. 95
Tabela 14 - Temperatura retal médias nos horários da manhã, meio dia e tarde, durante o experimento 1 97
Tabela 15 – Temperaturas retais médias observadas nos tratamentos com e sem cama durante o experimento 2 98
Tabela 16 - Temperatura retal média (ºC) obtida nos diferentes horários de avaliação durante o experimento 2 99
Tabela 17 – Fatores considerados na elaboração do modelo das temperaturas de pele, das regiões avaliadas durante o experimento 1, com respectivas significâncias. 100
Tabela 18 - Temperaturas de pele médias (cabeça) observadas nos tratamentos com e sem cama durante o experimento 1 100
Tabela 19 - Temperaturas de pele (cabeça e pernil) (ºC) obtidas nos diferentes horários de avaliação durante o experimento 1. 101
Tabela 20 – Temperaturas médias de pele registradas nas regiões da paleta, lombo e pata traseira, nos diferentes tratamentos, durante o experimento 1. 102
Tabela 21 – Fatores considerados na elaboração do modelo das temperaturas de pele, das regiões avaliadas durante o experimento 2, com respectivas significâncias. 104
Tabela 22 - Temperaturas médias de pele registradas nas regiões da cabeça, paleta, lombo e pernil, nos diferentes tratamentos, durante o experimento 2. 104
Tabela 23 – Gradientes entre a temperatura de pele na cabeça e a temperatura do ar (TPcab – Tar) nos diferentes tratamentos durante o experimento 2. 106
Tabela 24 – Valores de frequência respiratória obtidos durante o experimento 1, nos diferentes tratamentos 112
Tabela 25 – Dados médios de frequência respiratória registrados nos três horários de avaliação, durante o experimento 1. 113
Tabela 26 - Valores de frequência respiratória obtidos durante o experimento 2, nos diferentes tratamentos. 113

Tabela 27 – Frequência absoluta e porcentagem das diferentes categorias comportamentais avaliadas nos tratamentos. 133
Tabela 28 – Percentuais da postura “deitada” nos diferentes tratamentos e horários do dia 137
Tabela 29 – Percentuais (%) das estereotipias comportamentais nos diferentes tratamentos e horários do dia.....138
Tabela 30 – Número de lesões de nível 1, 2 e 3, nas regiões da cabeça (cab), orelha (or), paleta e pescoço (PP), dorso e flanco (DF), pernil (per), rabo (rab) e vulva (vul), nos diferentes tratamentos.....140
Tabela 31 – Valores obtidos do teste de *qui*-quadrado (QQ) para cada região corporal em que o teste apresentou-se significativo 142
Tabela 32 - Médias e desvios padrões das variáveis número de dias de gestação (DG), número de leitões nascidos vivos (NV), natimortos (NM), mumificados (MM) e peso médio do leitão (PL) em relação ao tratamento analisado.....145
Tabela 33 - Número e percentual de retornos de cio (RC), abortos (AB) e mortes (M) durante o experimento, de acordo com o tratamento.....145

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características relevantes a serem consideradas na avaliação de sistemas de criação de porcas gestante, sob o ponto de vista do bem-estar animal.34
Quadro 2 - Fatores físicos que influenciam a transferência de energia da superfície do animal.....52
Quadro 3 - Estrutura de tratamentos adotada durante os experimentos 1 e 2. 71
Quadro 4 - Períodos de avaliação comportamental, com respectivos números de dias consecutivos de análise, e fase gestacional (número de dias em gestação que as porcas encontravam-se no início do período de avaliação).....125
Quadro 5 - Etograma de trabalho utilizado na avaliação comportamental 126

1 INTRODUÇÃO

O tema bem-estar animal tem gerado interesse na sociedade, o que faz com que a percepção pública sobre o assunto afete a forma pela qual a produção de alimentos de origem animal se desenvolverá no futuro. Em alguns locais do mundo, a sociedade tem reagido a este assunto, induzindo mudança nas formas de manejo e alojamento tradicionais.

No contexto da ciência do bem-estar animal, a criação de matrizes suínas é um tema muito discutido, devido ao fato da grande maioria destes animais ser mantida em isolamento individual (gaiola) durante toda a gestação ou em parte dela. Assim, o uso de gaiolas passa a ser questionado em função da incapacidade dos animais realizarem exercícios e entrarem em contato com estímulos ambientais, o que está em desacordo com as cinco liberdades estabelecidas pelo Comitê Brambell: virar-se, cuidar-se corporalmente, levantar-se, deitar-se e estirar seus membros (FAWC, 2009).

Por um lado, é indiscutível que o isolamento em gaiolas impacta negativamente em pré-requisitos fundamentais do bem-estar animal. No entanto, por outro lado o agrupamento de porcas gestantes possui a desvantagem de ocasionar agressividade nestes animais, em muitos casos levando à ocorrência de lesões de gravidade variável, bem como perdas de ordem reprodutiva.

Em consonância com recentes legislações aprovadas na União Europeia que toleram o uso de gaiolas no início do período gestacional (fixação embrionária), no Brasil, em sua maioria, os sistemas produtivos utilizam celas individuais nos primeiros 28 dias de gestação e, posteriormente, os animais são transferidos para baias coletivas. Este sistema que combina alojamento individual e coletivo é pautado, principalmente, na redução de perdas embrionárias. No entanto, o impacto reprodutivo deste manejo em comparação com a gestação totalmente realizada em sistemas coletivos é assunto controverso. Além disso, a sociedade começa a questionar até que ponto ganhos produtivos são justificáveis em contraposição aos requisitos mínimos do bem-estar animal.

No Brasil, a discussão ainda é incipiente, e os argumentos limitam-se às questões relacionadas às perdas e ganhos produtivos de cada sistema a ser empregado. Indiscutivelmente, existem vantagens operacionais e produtivas de se utilizar a

contenção de porcas em período reprodutivo, o que explica a maciça utilização e a padronização deste modelo em grande parte da cadeia de produção de suínos. Por outro lado, é necessário investigar qual é a dimensão do impacto produtivo da eliminação das gaiolas de gestação, uma vez que é indiscutível a vantagem em termos de bem-estar animal que esta decisão teria.

O pressuposto de que a Legislação Europeia tolera o uso de gaiola nas quatro semanas após a inseminação/cobertura é, de certa forma, questionável sob o ponto de vista do bem-estar. O uso de gaiolas durante este período, bem como durante os 28 dias na maternidade, seguido do intervalo desmame-cio (média de cinco dias) significa a impossibilidade de movimentação da porca por, em média, 140 dias por ano (considerando-se a média de 2,3 partos/ano).

A necessidade de alojamento coletivo e oferecimento de substratos que enriqueçam o ambiente na fase de gestação suína constituem-se pré-requisitos para a promoção do bem-estar animal. Neste sentido, a utilização de cama pode ser visto como uma forma de enriquecer o ambiente produtivo, constituindo-se em uma alternativa para substituir o alojamento em baias de piso de concreto. No entanto, apesar do uso da cama na criação de suínos em crescimento e terminação ter sido testado em condições de clima brasileiro, o mesmo não se aplica à fase gestacional da suinocultura.

Esta pesquisa teve como foco principal o estudo dos efeitos do uso de cama de maravalha em menores profundidades em relação ao modelo maciçamente difundido no Brasil (cama sobreposta) durante o alojamento coletivo de matrizes suínas gestantes. Para tanto, foram testados dois diferentes esquemas de alojamento dos animais: gestação totalmente desenvolvida em baias coletivas (sistema coletivo) e o sistema combinado, caracterizado pelo uso de gaiola durante as quatro semanas iniciais da gestação, seguido de alojamento em baias coletivas. Foram elencadas as seguintes hipóteses centrais:

- O uso de cama de maravalha proporciona um ambiente enriquecido, com consequente modificação do padrão comportamental dos animais;
- O uso de cama de maravalha pode impactar nas trocas de calor de porcas gestantes, uma vez que tais animais permanecerem grande parte do tempo na posição deitada;

- O uso de cama de maravalha pode influenciar nos resultados reprodutivos de porcas gestantes, esperando-se uma interação entre os fatores sistema de alojamento (combinado x coletivo) e tipo de piso (com ou sem o uso de cama).

Diante destas hipóteses centrais da pesquisa, objetivou-se avaliar aspectos produtivos, comportamentais, fisiológicos e bioclimáticos resultantes do uso de cama na fase de gestação de matrizes suínas, em dois sistemas de alojamento (coletivo e combinado). Os objetivos específicos foram:

a) Avaliar aspectos bioclimáticos do ambiente produtivo proporcionados pelo uso de cama;
b) Estudar o efeito do uso de cama de maravalha nas variáveis fisiológicas indicadoras de estresse térmico;
c) Estimar o efeito do uso de cama de maravalha nos aspectos comportamentais de matrizes suínas em gestação;
d) Avaliar o efeito do uso de cama de maravalha nos índices reprodutivos de matrizes suínas em gestação;
e) Avaliar o efeito do alojamento adotado (coletivo e combinado) no comportamento animal;
f) Avaliar o efeito do alojamento adotado (coletivo e combinado) nos índices reprodutivos de porcas gestantes;

Referências

FAWC. Farm Animal Welfare Council. **Five freedoms**. Disponível em <http://www.fawc.org.uk/freedoms.htm>. Acesso em: 16 nov. 2009.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Bem-estar animal

A definição clássica de bem-estar animal apresenta o tema como o estado relacionado às tentativas do indivíduo em lidar com seu ambiente. O fato de uma medida como taxa de crescimento ser normal, não significa que o bem-estar animal é bom. O bem-estar pode ser classificado em uma escala de muito pobre a muito bom, e irá variar ao longo da vida e, para avaliar esta variação uma grande gama de medidas deve ser utilizada (BROOM, 1991; 1992).

Ponderando que uma definição precisa não é possível, Duncan (2005) apresenta uma definição operacional de bem-estar animal, em que são considerados aspectos do bem-estar físico e mental dos animais. Discutindo a avaliação científica do bem-estar animal, o autor apresenta o tema como primeiramente relacionado aos sentimentos experimentados pelos animais, com a ausência de estados de sofrimento e presença de sentimentos positivos.

A definição de bem-estar animal está vinculada à possibilidade de execução dos comportamentos naturais da espécie. O estado psicológico em que o animal não consegue obter estímulos que são por ele desejados é denominado de privação (HURNIK, 1992). A motivação cronicamente insatisfeita pode resultar em desenvolvimento de estereotipias e respostas fisiológicas indicadoras de patologia (DELLMEIER, 1989).

Medidas relacionadas ao funcionamento biológico, particularmente aquelas conectadas ao aumento das respostas ao estresse fisiológico contribuem na avaliação global do bem-estar animal (DUNCAN, 2005; BROOM, 1992).

A teoria de Amsterdã (1997) reconheceu os animais como seres sencientes, a partir de então, o conceito de senciência passou a ser aceito pela comunidade científica, assumindo-se a capacidade de sentir dos animais. A senciência é a capacidade de ter sentimentos associados à consciência, sendo assim um pré-requisito para a discussão de bem-estar (MOLENTO, s/d).

De forma paradoxal aos conceitos de bem-estar animal, tecnologia e ciência vêm alterando marcantemente as práticas produtivas da maioria das espécies zootécnicas. Em sistemas de produção especializados em uma espécie animal apenas, uma grande

quantidade de animais é alojada em estruturas de confinamento, o que permite, entre outros pontos, o manejo mais preciso da alimentação animal e o aumento da eficiência produtiva (CENTNER, 2010). No entanto, o ambiente de confinamento é, frequentemente, mais pobre e limita o desenvolvimento de muitos comportamentos (LASSEN; SANDØE; FORKMAN, 2006).

Em virtude das dissonâncias observadas entre sistemas produtivos mais ou menos intensivos, é necessário avaliar o bem-estar animal. Porém, a maioria destas avaliações é carregada de dificuldades, muitas vezes associada à importância relativa que é colocada sobre as várias medidas do bem-estar (MARCHANT-FORDE, 2009). Neste sentido, as vantagens técnicas associadas ao ambiente de confinamento convencional passam a ser aceitas em contraposição a ganhos em termos de bem-estar.

Baseadas no aspecto multidisciplinar do conceito de bem-estar animal existem iniciativas que tentam operacionalizar a avaliação multidisciplinar do bem-estar animal, em nível de sistema produtivo. O Welfare Quality®, projeto proposto pela Comissão Europeia, com a participação de diversos países, entre eles o Brasil, objetiva desenvolver sistemas de avaliação padronizados que forneçam informações seguras de como os animais são produzidos. A abordagem multidisciplinar foi construída a partir de quatro princípios: boa alimentação, bom alojamento, boa saúde e comportamento adequado (WELFARE QUALITY, 2011).

Apesar da controvérsia associada ao assunto, observam-se em diferentes realidades mundiais, ações efetivas voltadas à re-estruturação dos sistemas produtivos sob critérios do bem-estar animal. Legislação da União Europa estabelece limitações em diferentes etapas dos sistemas de produção animal (FRASER, 2008b). Até mesmo nos EUA observam-se ações direcionadas a esta realidade. Levantamento realizado por Centner (2010) verificou que sete estados norte-americanos possuem projetos de lei relacionados a exigências ao bem-estar animal. Apesar de cada estado agir de forma independente frente a estas exigências, o impulso comum em todas estas regiões baseia-se na regulação do alojamento individual na suinocultura, produção de vitelo e aves poedeiras.

2.2 Bem-estar de matrizes suínas

O confinamento de matrizes gestantes e lactantes em gaiolas é um tema muito debatido em termos de bem-estar animal, uma vez que neste sistema os animais são impossibilitados de desenvolverem comportamentos sociais, bem como outros padrões comportamentais intrínsecos da espécie suína.

O sistema de gaiolas passou a ser uma prática comum com a intensificação da suinocultura e as principais vantagens relacionadas a ele são a maior densidade de animais, a redução de custos com mão-de-obra e a facilidade de manejo (MARCHANT-FORDE, 2009). No entanto, a comparação entre o alojamento de porcas em gaiolas e em baias coletivas, mostra que no alojamento em grupo os animais apresentam menor incidência de comportamentos resultantes do estresse ambiental (SILVA; PANDORFI; PIEDADE, 2008), além de apresentarem vantagens imunológicas, menor incidência de problemas de pernas e cascos e estereotipias (KARLEN et al., 2007).

Um dos principais aspectos a serem discutidos em termos de bem-estar de porcas gestantes é o paradoxo existente entre a falta de oportunidades das porcas mantidas em ambiente de confinamento isolado em contraposição à agressividade dos animais mantidos em baias coletivas.

Quando porcas são agrupadas ocorrem lutas para que a estabilidade social seja constituída (ENGLISH; SMITH; MACLEAN, 1982). Diferentes elementos influenciam a agressividade de porcas mantidas em grupo, como dimensões da baia, tamanho e composição do grupo (BORBERG; HOY, 2009) e presença de elementos enriquecedores do ambiente.

Historicamente, os sistemas de alojamento de porcas gestantes eram classificados como “individuais” ou “em grupo”. No entanto, o cenário atualmente é mais complexo que isto, uma vez que existe uma variedade de sistemas de criação de porcas gestantes (MARCHANT-FORDE, 2009). As principais características a serem consideradas em uma análise de bem-estar de porcas gestantes são elencadas no Quadro 1.

Existem muitas combinações possíveis das características elencadas no Quadro 1, sendo praticamente impossível em uma análise simples, verificar qual é o melhor sistema em termos de bem-estar de porcas gestantes. Em função destas controvérsias,

o uso de gaiolas em períodos longos ou curtos (todo o período gestacional ou em parte dele), suas vantagens e desvantagens são ainda assuntos controversos na literatura científica.

Características	Tipos
Tipo de instalação	Confinado Híbrido Ar livre
Agrupamento	Alojada individualmente ou em grupo Se em grupo: tamanho do grupo e taxa de lotação Se em grupo: estático ou dinâmico
Sistema de alimentação	Controle individual - Alimentação em gaiola - Alimentadores eletrônicos Controle de grupo
Piso e cobertura de piso	Confinado - Em cama - Sem cama (Piso ripado, semi-ripado ou compacto) Ar livre - Com sistema de pastejo - Sem sistema de pastejo

Quadro 1 - Características relevantes a serem consideradas na avaliação de sistemas de criação de porcas gestante, sob o ponto de vista do bem-estar animal
Fonte: Adaptado de Marchant-forde (2009)

Para exemplificar as controvérsias a respeito do uso de gaiolas na gestação suína, a contradição sobre o assunto entre diferentes grupos de cientistas foi descrita por Fraser (2008a). O comitê científico criado pela União Europeia publicou uma revisão de literatura sobre bem-estar de suínos, questionando, entre outros fatores, se as gaiolas de gestação conferem problemas em relação ao bem-estar de porcas. A revisão concluiu que muitos problemas sérios de bem-estar animal persistem mesmo nos melhores sistemas de gestação em gaiola. Posteriormente, grupo de cientistas australiano (BARNETT et al., 2001) realizou uma segunda revisão sobre o assunto, propondo questionamentos semelhantes, no entanto, estabelecendo conclusões opostas. O grupo australiano conclui que tanto alojamento individual como em grupo podem preencher pré-requisitos de bem-estar animal a porcas gestantes.

Centner (2010) realizou análise crítica sobre a legislação que restringe o confinamento de animais visando o bem-estar dos mesmos, e colocou que as normas

europeias sobre o assunto estão pelo menos 10 anos na frente, em relação às norte-americanas. No entanto, é importante citar a ementa 10 da Flórida que trata da proibição de celas individuais na gestação de porcas. A referida legislação coloca como exceção os sete dias antes da data prevista do parto, ocasião em que as porcas são direcionadas às instalações de maternidade, bem como animais que requerem cuidados ou intervenções veterinárias. O uso de gaiolas em períodos estritamente necessários torna a legislação Norte Americana mais impactante em termos de melhoria do bem-estar de porcas gestantes, em relação à legislação europeia.

A legislação Europeia quanto à produção de porcas proíbe o alojamento em gaiolas individuais durante a gestação a partir de janeiro de 2013. No entanto, o período de desmame até quatro semanas após a inseminação/cobertura é excluído desta proibição (COUNCIL DIRECTIVE 2001/88/EC).

As razões pelas quais o período de quatro semanas após inseminação/cobertura foi excluído da legislação europeia de banimento das gaiolas individuais estão voltadas ao argumento de que a mistura de porcas durante este período seria desvantajosa em termos de expressão do estro, taxa de prenhez e desenvolvimento e sobrevivência embrionária (PICKETT, 2009). No entanto, existe também controvérsia quanto a esta informação. Cassar et al. (2008), investigando porcas alojadas individualmente, em grupo de 15 animais após a inseminação e após cinco semanas não encontraram efeito do tipo de agrupamento nos índices reprodutivos.

2.3 Enriquecimento ambiental

O termo “enriquecimento ambiental” pode ser definido como uma melhoria no funcionamento biológico de animais cativos resultado de modificações em seu ambiente (NEWBERRY,1995). Na perspectiva de contemplar tal melhoria nos sistemas de produção de suínos, a Legislação da União Europeia em sua Diretiva 2001/93/EC estabelece que porcos devem ter acesso permanente a suficiente quantidade de material que permita investigação adequada e atividades de manipulação, tais como palha, feno, madeira, serragem, compostos de cogumelo, turfa, ou uma mistura destes materiais que não comprometa a saúde dos animais (COUNCIL DIRECTIVE 2001/93/EC).

O fornecimento de materiais para fuçar faz com que a necessidade de exploração dos suínos seja atendida, reduzindo o risco do desenvolvimento de padrões anormais de comportamento (STUDNITZ; JENSEN; PEDERSEN, 2007), o que passa a ser importante devido ao padrão simplificado dos sistemas produtivos que, em geral, não oferece possibilidades de expressão do repertório comportamental natural da espécie suína.

O uso de palha em sistemas de criação de suínos em crescimento fornece estímulo e um canal para atividades exploratórias e de manipulação, envolvendo o focinho e a boca, atividades que poderiam ser redirecionadas a companheiros de baia. Quando o uso de palha não é possível, o fornecimento de outros substratos para mastigação e hábito de fuçar pode permitir alcançar os mesmos resultados (FRASER et al., 1991).

Em estudo comparando diferentes características de objetos e substratos utilizados para suínos como enriquecimento ambiental, Van de Weerd et al. (2003) mostraram que estes elementos devem ser, dentre outros aspectos, passíveis de ingestão e do ato de fuçar. Em estudo posterior, Van de Weerd et al. (2006) identificaram que o uso de substrato no piso (cama profunda de palha) proporcionou maior interesse dos animais, em relação a objetos pontuais utilizados como enriquecimento ambiental.

Hotzel et al. (2009) apresentam o uso de casca de arroz e maravalha como adequados para a criação de suínos em crescimento-terminação, em condições climáticas brasileiras. No entanto, verificaram uma relativa preferência dos animais à cama de maravalha, discutindo que esta última é mais atrativa como material de fuçar, bem como cama para descanso.

Averós et al. (2010) em meta-análise sobre efeitos interativos entre diferentes características do sistema produtivo de suínos elencaram o uso de cama como um tipo de enriquecimento ambiental, além do uso de objetos pontuais (brinquedos). Verificou-se que os efeitos positivos do aumento da disponibilidade de espaço aos animais são condicionados à presença de cama ou objetos pontuais na baia de criação. Especificamente, o uso de cama foi visto como auxiliar na redução de comportamentos negativos no alojamento de grandes grupos.

O uso de quantidades moderadas de cama (maravalha e palha cortada) em fases iniciais da vida de suínos mostrou ser interessante sob o ponto de vista de reduzir

comportamentos agressivos, inclusive modificando o comportamento dos animais em idades mais avançadas (MUNSTERHJELM et al., 2009).

O estudo da efetividade e benefícios do enriquecimento ambiental é escasso para matrizes suínas e cachaços (VAN DE WEERD; DAY, 2009). No entanto, os trabalhos existentes que classificam os diferentes tipos de enriquecimento ambiental, em geral podem ser extrapolados para as diferentes categorias de animais, uma vez que as bases motivacionais são semelhantes quando se trata da mesma espécie animal.

2.4 Comportamento de matrizes suínas em gestação

Comportamento animal é a expressão de um esforço de adaptação ou ajuste a diferentes condições internas e externas, ou seja, o comportamento pode ser descrito como uma resposta do animal ao seu ambiente (BLACKSHAW, 1986). Isso inclui todos os tipos de atividade nas quais os animais se ocupam, tais como locomoção, cuidados corporais, reprodução, cuidados ao filhote, comunicação, etc. O comportamento pode envolver um indivíduo reagindo a um estímulo ou mudança fisiológica, mas pode também envolver dois indivíduos, cada um respondendo às atividades do outro (JENSEN, 2001).

A necessidade de entender o comportamento natural de porcos é óbvia quando se considera que bem-estar está diretamente associado à capacidade de desenvolver comportamentos de uma forma natural (KILEY-WORTHINGTON, 1989).

Um dos critérios apresentados pelo Projeto Welfare Quality®, na avaliação padronizada do bem-estar animal, refere-se ao desenvolvimento de “comportamentos apropriados” (WELFARE QUALITY, 2011). No entanto, Temple et al. (2011) encontraram resultados que sugerem cautela na interpretação de “comportamento apropriado”. Comparando-se sistemas de criação intensivos e extensivos de porcos Ibéricos, os autores verificaram que animais criados em sistemas intensivos desempenharam maior frequência de interações sociais positivas. Esta maior frequência de interações positivas pode ser uma estratégia adaptativa de animais criados em ambientes pobres. Por outro lado, a incidência de comportamento social negativo foi maior no sistema intensivo, caracterizando evidente bem-estar pobre neste sistema.

De acordo com predisposições genéticas e experiências ontogênicas, um animal pode ser motivado a alcançar ou evitar certos estímulos os quais podem estar ausentes ou presentes no ambiente do animal. A combinação entre a intenção do organismo em alcançar ou evitar estímulos e a presença ou ausência destes elementos no meio classificam o estado psicológico do animal. O estado de privação é caracterizado como a inabilidade de experimentar estímulos desejados, ocorrendo respostas de procura ou estímulos compensatórios, tais como as estereotipias (HURNIK, 1992).

Os porcos utilizam 75% do seu tempo ativo em comportamentos relacionados ao forrageamento e parecem ser motivados a explorar o seu ambiente com o focinho. Assim, a alimentação concentrada e a ausência de substratos têm sido as causas principais de uma série de problemas comportamentais nos suínos (MARCHANT-FORDE, 2009). Neste sentido, as categorias animais que sofrem restrição alimentar, como é o caso de porcas em gestação, estão mais susceptíveis ao desenvolvimento de tais comportamentos.

Além dos ninhos encontrados na natureza, com a finalidade de criação de leitegadas, é comum que o porco selvagem realize a formação de camas, destinadas exclusivamente ao descanso (MAYER; MARTIN; BRISBIN, 2002). Neste sentido, é notório que a existência de substratos no piso de criação aproxima os animais de suas necessidades naturais e, desta forma, pode promover o bem-estar animal.

Alguns autores denominaram de auto-direcionados, os comportamentos de porcas como a simulação de mastigação e a movimentação de cabeça (ZONDERLAND et al., 2004), frequentemente associando altas incidências destes comportamentos ao baixo nível de saciedade dos animais. Assim, observou-se que altas frequências destes comportamentos estiveram associadas a baixo nível de fibra na dieta (RAMONET; MEUNIER-SALAÜN; DOURMAD, 1999; STEWART et al., 2010).

As diferenças entre estereotipias e outros tipos de anormalidades foram discutidas por FRASER (2008a). Para o autor, o termo comportamento anormal é mais empregado em casos em que os animais provocam auto-injúrias, por estes comportamentos não relacionarem-se à seleção natural. No entanto, são considerados anormais os comportamentos que diferem no padrão, frequência ou contexto em que ocorrem, em

relação àqueles mostrados pela maioria dos membros da mesma espécie, em uma situação que permita uma ampla gama de oportunidades (FRASER; BROOM, 1990).

Ainda na diferenciação de comportamentos anormais, Fraser (2008a) denominou de “fontes comportamentais”, itens importantes do repertório comportamental das espécies (por exemplo, a mastigação para porcos) que acabam por originar comportamentos anormais. Ou seja, os comportamentos comuns nas espécies são redirecionados em situações de ambiente pobre em estímulos. Neste sentido, o autor citou a ingestão excessiva de água em porcas, como um comportamento adjuntivo. A frequente sensação de fome destes animais acarreta em consumo exagerado de água, sendo um indicativo importante de situação de baixo grau de bem-estar.

As estereotipias foram categorizadas por Hurnik (1992) como indicadores comportamentais de privação, ou seja, estado psicológico em que o animal não consegue experimentar estímulos que são desejados. Assim, as estereotipias representam um dos temas mais discutidos em termos de bem-estar de suínos, representando um indicador de ambiente físico e ambiental pobre e/ou inadequada nutrição. A dieta restrita de porcas em período gestacional resulta em constante sensação de fome (BARNETT et al., 2001), o que pode justificar a alta incidência de estereotipias. Em geral, o nível de estereotipias aumenta com o tempo em porcas, e sua expressão varia de animal para animal (COURBOULAY et al., 2009).

As estereotipias típicas de ungulados em confinamento são movimentos repetitivos, sem aparente função, geralmente configuradas como atividades oro-nasais. No que diz respeito a porcas adultas, exemplos comuns de estereotipias incluem morder grade, simular mastigação e excessivo consumo de água em porcas (BERGERON et al., 2006). Zanella et al. (1996) mencionaram que as estereotipias tais como morder grade, simular mastigação e enrolar língua são comumente vistas em condições de exploração comercial de porcas gestantes.

No comportamento natural de suínos, existem picos de atividade no período da manhã e no final da tarde, com períodos de descanso no meio do dia. Os padrões de atividade diurna podem mudar em resposta a mudanças da temperatura (MARCHANT-FORDE, 2009). Em consonância, estudo conduzido no México, com a observação de cinco grupos de porcos criados em sistema livre durante a estação seca e chuvosa,

mostrou que a distribuição dos comportamentos de manutenção durante o dia variou entre as fases do ano analisadas. Claramente, os porcos evitaram caminhar nas horas de alta temperatura e, como resultado, as atividades de forrageamento durante a estação seca concentraram-se no início da manhã e ao final da tarde (COPADO et al., 2004).

No que diz respeito ao uso do espaço pelos suínos, sabe-se que porcos selvagens utilizam mecanismos comportamentais para a termorregulação. Além disso, utilizam a área habitada dividindo-a para diferentes atividades (áreas de descanso, de forrageamento, etc.). Assim, quando disponível, os suínos utilizam a escolha ambiental (MARCHANT-FORDE, 2009).

Os estudos bioclimatológicos mostram que as respostas comportamentais são as primeiras a serem executadas frente a ambientes térmicos desafiadores e refletem as preferências dos animais quando expostos a condições específicas. Assim, o padrão de descanso dos animais fornece um indicador prontamente observável da adequação ambiental e do nível de balanço térmico, de forma integrada com fatores internos (saúde, estado fisiológico, etc.) e externos (nutrição e ambiente térmico) (DESHAZER; HAHN; XIN, 2009).

Variações comportamentais como mudança de postura, atividade e de localização na baia podem caracterizar mecanismos de ajuste das perdas de calor sensível. Assim, o comportamento postural pode ser um indicativo do estado térmico de suínos (ANDERSEN et al., 2008).

Brown-Brandl et al. (2001) trabalhando com a estimativa da produção total de calor de suínos em fase de crescimento-terminação submetidos a diferentes temperaturas ambiente (18, 24, 38 e 32ºC), verificaram que os animais gastaram mais tempo na postura deitada com o acréscimo da temperatura do ar. Kiefer et al. (2009) também encontraram resultados semelhantes em animais da mesma categoria, em estresse (31,3°C) e conforto (21,5°C). Assim, é notório que as trocas de calor sensível são influenciadas tanto por mecanismos fisiológicos, como pelo comportamento.

Uma vez que a postura é uma estratégia fundamental em ambientes de alta temperatura, o tipo de piso passa a ser elemento decisivo na dinâmica termorregulatória dos animais via comportamento. Savary et al. (2009) encontraram diferenças posturais

em suínos em crescimento-terminação mantidos em baias com piso semi-ripado e diferentes tipos de área de descanso (concreto compacto, palha e placa sintética de borracha). Neste estudo, os animais evitaram deitar na área de piso de borracha, preferindo as áreas sujas, evidenciando problemas deste piso em relação ao comportamento termorregulatório.

Outro elemento importante na discussão do bem-estar de porcas gestantes é a agressividade social dos sistemas coletivos, considerando-se o já discutido paradoxo existente entre a falta de oportunidades das porcas mantidas em ambiente de confinamento isolado e a agressividade dos animais mantidos em baias coletivas. O banimento das gaiolas de gestação previsto na União Europeia (COUNCIL DIRECTIVE 2001/88/EC) certamente tornará os sistemas de alojamento em grupo mais difundidos (ISON et al., 2010) e, consequentemente, a agressividade do sistema, um item de maior relevância.

Em decorrência da agressividade observada quando porcas são agrupadas, diferentes trabalhos utilizaram o escore de lesões para caracterizar diferentes manejos e sistemas e seus impactos sobre injúrias decorrentes do comportamento agressivo (JANSEN et al., 2007; KARLEN et al., 2007; REMIENCE et al., 2008).

Os porcos domésticos retiveram as mesmas táticas de luta do porco selvagem (SIGNORET et al. 1975). Estas táticas estão baseadas em movimentos ofensivos no qual o animal atinge seu oponente particularmente na região da cabeça e movimentos defensivos nos quais o animal tenta evitar ser atingido (AREY; EDWARDS, 1998).

A mistura de porcas não familiares resulta em comportamento de luta. As consequências da agressão para o bem-estar animal têm sido reportadas pela literatura e existem evidências de que o estresse social pode afetar a fisiologia reprodutiva e a produtividade do plantel. As lutas estabilizam o ranking social relativo, no entanto, as interações agressivas podem continuar com animais familiares, principalmente quando existe falta de recursos, como alimento ou espaço (AREY; EDWARDS, 1998).

A ordem de aceitação foi observada em porcas de forma que quando existe disponibilidade de espaço, os animais subordinados podem inibir agressão das porcas dominantes pelo comportamento de baixar e virar a cabeça (JENSEN, 1982).

Em estudo comparativo (alojamento em baias com cama e gaiola), Karlen et. al. (2007) verificaram a ocorrência de agressividade no sistema de cama, comportamento este que foi reduzido ao longo da gestação devido à estabilização social. Por outro lado, neste estudo foi detectado nas gaiolas um aumento no percentual de neutrófilos e uma diminuição do percentual de linfócitos, quando comparado ao sistema de cama, o que sugere disfunção imune das porcas mantidas em gaiola, talvez como consequência do estresse.

Averós et al. (2010) verificaram que a percentagem de tempo gasto com comportamentos sociais negativos aumentou com o tamanho do grupo na ausência do uso de cama, mas permaneceu praticamente constante quando cama foi fornecida. Os autores concluem na análise que a presença de cama em sistemas de criação de suínos ajuda a mitigar, em grande extensão os efeitos do aumento do tamanho de grupo, expresso principalmente no aumento de comportamentos sociais negativos.

2.5 Uso de cama na produção de suínos

O uso de cama na suinocultura tem sido verificado principalmente nas fases de crescimento, terminação e creche, frequentemente sendo associado com vantagens de ordem ambiental, em especial no que diz respeito ao manejo dos dejetos (GOULART, 1997; CORRÊA et al., 2009). O sistema difere do convencional, pois substitui o piso compacto ou ripado por uma camada de substrato rico em carbono (serragem, casca de arroz ou palha de cereais). Ao longo do ciclo de produção dos animais, ocorre a incorporação de dejetos no leito de cama, ocorrendo um processo semelhante à compostagem (OLIVEIRA et al., 1999).

Pelletier et al. (2010) descreveram a análise de ciclo de vida do sistema convencional de produção de carne suína no EUA, em comparação a um sistema alternativo, que utiliza cama durante as diferentes fases da suinocultura. A análise apontou vantagens do sistema alternativo com relação à emissão de gases de efeito estufa, devido ao manejo dos dejetos na forma sólida, possibilitado pelo uso de cama. No entanto, a baixa produtividade faz com que o impacto ambiental baseado na unidade de carne produzida (por peso vivo) seja maior no sistema alternativo, com uso de cama. Os autores fizeram uma análise crítica dos resultados obtidos, atribuindo o

alto desempenho do sistema convencional ao maciço subsídio científico e de difusão de conhecimentos voltado a este sistema, o que não ocorreu historicamente aos sistemas alternativos.

Muitos fatores relativos ao uso de cama na suinocultura requerem maiores investigações, a fim de verificar questões sobre o bem-estar e à produtividade dos animais nas diferentes categorias produtivas. A fase gestacional da suinocultura apresenta poucas informações científicas sobre o uso de cama e seus efeitos operacionais, zootécnicos e relacionados ao bem-estar dos animais.

Considerando-se as premissas apresentadas por Groenestein (2006), o alojamento coletivo e o oferecimento de cama na fase de gestação suína constituem-se pré-requisitos para a promoção de bem estar animal. Apesar da palha ser o material preferido, outros substratos têm sido usados para este fim, como serragem e maravalha.

O sistema de cama nos moldes desenvolvidos no Brasil apresenta aspectos negativos sobre o conforto térmico dos suínos. Diferentes trabalhos já mencionaram diferenças em termos de desempenho dos animais mantidos em cama profunda, especialmente no que diz respeito às fases de crescimento e terminação. Estas diferenças (GENTRY, et al., 2002; MARGETA; TOLUŠIĆ, KRALIK, 2005, HIGARASHI; OLIVEIRA; COLDEBELLA, 2008) podem ser atribuídas às condições microclimáticas da instalação produtiva, afetadas pelo desenvolvimento do processo de compostagem, iniciado a partir da incorporação de dejetos no leito de substrato.

Cordeiro et al. (2007), em experimento comparativo dos sistemas de criação de suínos na fase de crescimento e terminação, utilizando-se cama sobreposta com casca de arroz e maravalha, e o sistema de piso compacto, concluíram que as temperaturas da superfície do piso de concreto são sempre menores que nos pisos com cama, o que contribui para melhorar o conforto térmico na fase final da vida dos animais. Este fato acaba por resultar que o desempenho animal na fase final seja melhor no sistema de piso de concreto.

Corrêa et al. (2009) testaram duas profundidades de cama de casca de arroz em comparação com o piso de concreto, em crescimento-terminação. Neste estudo, a temperatura superficial da cama, nas duas profundidades (50 e 25 cm), foi superior à

temperatura da superfície do piso, fato explicado pela atividade microbiana nas camas. A menor profundidade de cama condicionou uma maior amplitude nas temperaturas da superfície, o que pode influenciar o conforto térmico para os suínos, alterando a perda de calor dos suínos por condução, ao se deitarem no piso.

Fatores como o tipo e a profundidade da cama, fase da compostagem e características da instalação produtiva estão diretamente relacionados com o condicionamento ambiental proporcionado aos animais no sistema de cama.

No que diz respeito às vantagens relacionadas ao bem-estar dos animais, Hotzel et al. (2009) verificaram vantagens dos sistemas de cama (casca de arroz e maravalha), quando comparados ao piso de concreto na criação de suínos em crescimento-terminação. Além da cama não ter sido associada a perdas produtivas (ganho de peso e conversão alimentar), o sistema proporcionou o desenvolvimento de comportamentos naturais, principalmente quando maravalha foi utilizada como substrato.

No que diz respeito à fase de gestação, não existem resultados científicos sobre o uso de cama e seus efeitos bioclimáticos sobre os animais. A proposta de utilização de cama em pequenas profundidades (0,2 m) na gestação, apesar de ainda não validada cientificamente, parece ser uma alternativa viável, tomando-se como base os resultados de Corrêa et al. (2009) apresentados acima, além de experiências de campo.

2.6 Conforto térmico de matrizes suínas

O ambiente térmico é um dos temas mais relevantes em termos de bem-estar de suínos, em função destes animais serem inábeis em suar (BARNETT et al., 2001), além de evolutivamente adaptados a climas temperados e, maciçamente produzidos em regiões de clima tropical, como o Brasil (BLOEMHOF et al., 2008).

A definição de estresse térmico apresentada por Silva (2008) refere-se a uma característica inerente ao ambiente, ou seja, relacionada aos fatores físicos que se impõem aos diferentes organismos. Utilizando-se como analogia o exemplo de uma mola, a força exercida sobre esta resulta em uma redução de seu tamanho (tensão). Neste caso, a força representa o estresse e a tensão são as suas consequências. Por outro lado, Volpato et al. (2009) definiram estresse como um mecanismo biológico e adaptativo sendo, portanto, inerente ao animal. Independentemente das definições

acima, é importante a consideração de elementos físicos do ambiente, conciliados com as respostas observadas nos animais.

Animais são considerados expostos ao calor quando a temperatura encontra-se acima da zona de conforto térmico e energia é despendida na tentativa de manutenção da temperatura corporal. A zona de conforto térmico compreende a faixa de temperatura entre a temperatura crítica inferior e a temperatura crítica evaporativa (BLACK et al., 1993).

A temperatura crítica superior das espécies animais depende de muitos fatores, incluindo grau de aclimatização, taxa de produção (crescimento ou lactação), *status* da gestação, movimento do ar sobre os animais e umidade relativa. Muitos trabalhos desta área, envolvem a utilização de ambientes controlados, o que torna a aplicação à campo dificultosa. Em condições de campo, ocorrem mecanismos compensatórios que dificultam a compreensão da reação dos animais aos ambientes estressantes (FUQUAY, 1981).

A faixa de temperatura recomendada para matrizes suínas encontra-se entre 12 e 22ºC (BLACK et al., 1993) ou 18 a 21ºC em faixa de umidade relativa de 50 a 70% (MOURA, 1999). Estes valores de temperatura recomendados são muito inferiores às condições brasileiras típicas, na maior parte das regiões e períodos do ano.

Como todos os animais homeotermos, os suínos têm sua temperatura corpórea interna relativamente constante o que significa que trocam energia na forma de calor continuamente com o ambiente (HANNAS, 1999). Para que a temperatura interna seja constante, a perda de calor deve ser igual ao ganho (ROBERTSHAW, 1981). Estas trocas envolvem a produção de calor pelo metabolismo, estocagem e dissipação, e são dependentes de fatores biológicos e físicos (HAHN et al., 2009).

Os processos de condução, radiação, convecção e evaporação são os mecanismos utilizados para a dissipação do calor produzido pela atividade metabólica dos animais. Destes processos, condução, radiação e convecção são consideradas trocas sensíveis, dependendo de um diferencial de temperatura entre o animal e o meio ambiente e, a evaporação, como mecanismo de transferência de calor latente (SILVA, 2008; DESHAZER; HAHN; XIN, 2009).

A condução é a transferência de energia de partículas mais energéticas de uma substância para as menos energéticas adjacentes. A radiação é a transferência de energia térmica sob a forma de ondas eletromagnéticas ou fótons. A convecção é caracterizada pela transferência de energia de uma superfície sólida e o líquido ou gás adjacente em movimento, envolvendo os efeitos combinados de condução e movimento do fluido (ÇENGEL; BOLES, 2007). Neste sentido, pode-se dizer que a convecção invariavelmente acelera o processo de transferência de calor por condução (SCHMIDT-NIELSEN, 2002).

Diferentes estratégias comportamentais auxiliam na manutenção da homeostase (HILLMAN, 2009). Em condições de calor, porcos naturalmente são motivados a chafurdar em água ou lama e a evaporação desta umidade aumenta a perda de calor evaporativa pela superfície cutânea. No entanto, outras estratégias comportamentais são utilizadas como, agrupamento de animais e aumento ou diminuição da superfície corporal em contato com o piso (TURNPENNY et al., 2000).

A habilidade dos homeotérmicos manterem a temperatura corporal constante pode ser afetada quando as condições ambientais limitam a perda de calor oriundo do metabolismo ou contribuem para a carga térmica do ambiente para o animal. Estas situações ocorrem quando a temperatura ambiente é maior que a temperatura da superfície do animal ou, quando calor é obtido de outros objetos por radiação (SCHMIDT-NIELSEN, 2002).

Se mecanismos comportamentais são insuficientes no equilíbrio térmico, os animais podem utilizar respostas autônomas tais como, aumento do ofego, sudação ou vasodilatação das extremidades corporais. Ou seja, quando a temperatura do ar aumenta, as formas evaporativas começam a ser a principal via para perdas de calor, uma vez que não dependem do gradiente de temperatura como a convecção e a condução (FUQUAY, 1981). Ou seja, Quando o gradiente de temperatura entre a superfície do animal e o ambiente é reduzido em climas quentes, o animal aumenta suas perdas de calor evaporativas para compensar a diminuição de suas perdas de calor na forma sensível (DESHAZER; HAHN; XIN, 2009). Estes mecanismos fisiológicos e comportamentais atuam na manutenção da temperatura corporal a um nível próximo ao constante.

Brown-Brandl et al. (2001) mencionaram que os atuais padrões que definem o alojamento de suínos estão desatualizados em termos de produção total de calor pelos animais. O suíno criado nos dias atuais apresenta maior produção total de calor, devido à maior deposição muscular, o que aumenta a pressão na manutenção da homeotermia. Por outro lado, os processos produtivos e vitais requerem uma certa constância da temperatura corporal.

O equilíbrio térmico dos suínos depende do balanço entre a produção de calor metabólico e a troca de calor com o ambiente. A produção de calor metabólico é variável ao longo do dia, dependendo do ritmo circadiano que por sua vez é mediado por diferentes fatores, como ingestão de alimento e nível de atividade. As variáveis ambientais influenciam este ritmo. Assim, para manter a temperatura constante é esperado que exista variação das trocas de calor ao longo do dia, já que a estocagem de calor resulta em aumento da temperatura corporal (ANDERSEN et al., 2008).

O processo adaptativo denominado aclimatização modifica a tolerância do animal às mudanças climáticas. Assim, respostas adaptativas permitem ao animal manter a produção normal dentro de uma certa gama de condições térmicas (DESHAZER; HAHN; XIN, 2009). Períodos de exposição a climas desfavoráveis com a ocorrência de adaptação, seguidos de exposição a climas favoráveis podem resultar em ganhos compensatórios de produtividade (HABEER; MARAI; KAMAL, 1992).

Em estresse por calor os animais intensificam as perdas de calor evaporativas, principalmente através do aumento da frequência respiratória, mecanismo que permite a manutenção da temperatura corporal (HUYNH et al., 2006). Diferenças na taxa de produção de calor nos diferentes órgãos fazem com que não se possa falar em uma única temperatura central, no entanto, para fins práticos, a temperatura retal profunda pode ser utilizada como medida representativa (SCHMIDT-NIELSEN, 2002).

A frequência respiratória (FR) e a temperatura retal (TR) são bons indicadores de estresse por calor. O aumento da temperatura ambiente diminui as perdas de calor sensível, tornando o animal mais dependente das perdas de calor latente. Nestas situações, o aumento da FR é um indicador de que o animal está utilizando das perdas latentes para manutenção da homeotermia. Quando estes métodos não são eficientes, a TR começa a aumentar (BROWN-BRANDL et al., 2001).

Avaliação de leitoas submetidas a diferentes temperaturas ambiente (18 a 32ºC) mostrou que o aumento da temperatura até 16ºC não alterou a frequência respiratória, permanecendo constante em cerca de 32 $mov.min^{-1}$. Com o aumento da temperatura do ar, acima de 22ºC houve aumento da FR em 13 $mov.min^{-1}.ºC^{-1}$ (BROWN-BRANDL et al., 2001). Estes dados mostram que o aumento da FR é um comportamento termorregulatório utilizado para promover as perdas de calor evaporativas de suínos. No entanto, principalmente em ambientes de alta temperatura e umidade, suínos empregam a estratégia de umedecer a superfície corporal para aumentar as perdas de calor, de forma preferencial ao aumento da frequência respiratória (HUYNH et al., 2007).

O estresse por calor provoca respostas fisiológicas em porcas, incluindo o aumento temperatura da pele (TP). O aumento da TP se deve à intensificação da circulação periférica que ocorre para que a perda de calor para o ambiente seja maior (WILLIAMS, 2009), ou seja, ocorre redirecionamento do fluxo sanguíneo de tecidos e órgãos para a pele, como forma de dissipação de calor (BLACK et al., 1993; SCHMIDT-NIELSEN, 2002). As perdas de calor sensível são mediadas por ajustes cardiovasculares, o que mostra que a TP é um indicador da sensação de conforto térmico. Mudanças na TP resultantes de respostas vasomotoras são mais intensas nas extremidades do que nas regiões interiores (ANDERSEN et al., 2008).

Williams (2009) denominou de estado de vasodilatação completa quando os valores de temperatura da pele se aproximam dos valores de temperatura corporal, estimados pela temperatura retal. Neste sentido, durante a avaliação do estresse por calor, passa ser importante a análise conjunta dos valores de temperatura da pele e retal.

Experimento comparando ambientes em estresse por calor (37,8ºC) e conforto (23,3ºC) em quatro diferentes fases da gestação de marrãs (0 a 8, 8 a 16, 53 a 61, 102 a 110 dias de gestação), mostrou que independente da fase estudada, a temperatura retal (TR) das porcas mantidas no tratamento estresse por calor foi maior em relação ao ambiente controle. As curvas de resposta da TR foram semelhantes em todos os períodos, havendo redução da TR ao longo dos dias de exposição, sinal de aclimatação que não foi tão pronunciado na fase final de gestação. A TR média observada nas porcas mantidas no ambiente de conforto foi de 38,7± 0,2ºC (OMTVEDT et al., 1971).

Para se ter ideia do efeito do *status* reprodutivo na manifestação dos indicadores fisiológicos de estresse por calor, Heitman, Hughes e Kelly (1951) encontraram que, em situação de estresse por calor (36,7ºC), a frequência respiratória (FR) de porcas em final de gestação foi de 186 mov.min^{-1}, diferentemente da FR obtida em porcas vazias (64 mov.min^{-1}), nas mesmas condições de temperatura do ar. Estes resultados mostram dificuldades de dissipação de calor no caso das porcas gestantes, resultado de adicional carga metabólica oriunda dos fetos.

Porcas lactantes submetidas a mudanças de temperatura ambiente (18 a 29ºC) mantiveram os mesmos valores de temperatura retal (TR) entre 18 e 22ºC (média da TR de 38,6ºC), porém a TR aumentou em temperaturas maiores (média da TR de 39 a 39,4ºC, entre 25 e 29ºC). A temperatura da pele (TP) aumentou a cada aumento da temperatura ambiente, no entanto, não de forma linear. Os aumentos de temperatura de 18 a 22, 22 a 25, 25 a 27 e 27 a 29ºC originaram aumentos de TP de 1,2; 0,8; 0,6; e 0,2ºC, respectivamente. Outro fator importante foi a diminuição do gradiente entre TR e TP, atingindo um valor mínimo de 2ºC, a uma temperatura de 29ºC. Os valores de frequência respiratória aumentaram com a temperatura ambiente (de 26 para 124 mov.min^{-1}, de 18 para 29ºC, respectivamente). Os dados do trabalho mostram que altas temperaturas do ar induzem aumento da TR que por sua vez contribui para maximizar o gradiente entre as temperaturas do núcleo corporal e do ambiente, condição que favorece as perdas de calor por condução (QUINIOU; NOBLET, 1999).

Estudo desenvolvido por Williams (2009) mostrou que porcas submetidas a estresse por calor durante a gestação (24 a 30ºC) possuem temperatura retal (TR) média maior em relação aos animais mantidos em termoneutralidade (18 a 20ºC). Neste trabalho, as porcas permaneceram os últimos 19 dias de gestação, submetidas aos tratamentos de termoneutralidade e estresse por calor, no entanto, no último dia de permanência na gestação, não houve diferença de TR entre os tratamentos, o que pode ser explicado pelo aumento da TR ao longo da gestação, que ocorreu em ambos os tratamentos.

Outros resultados encontrados por Williams (2009) mostram a importância de serem considerados aspectos do *status* reprodutivo dos animais, bem como a aclimatação. Porcas em gestação (tanto em estresse como as mantidas no ambiente

termoneutro) apresentaram maiores valores de frequência respiratória (FR) quando comparadas às porcas entre desmame e cio. Os maiores valores de FR ocorreram apesar de nesta fase (gestação) terem sido verificados menores valores de temperatura retal (TR), quando comparados à fase entre desmame e cio. Esta situação (menor FR e maior TR nas porcas depois do desmame) mostra uma relativa adaptação das porcas após o período de lactação. Ou seja, depois de se manter durante todo o período de lactação com altos valores de TR, após o desmame, o *set point* termorregulatório sofre uma modificação, uma vez que apesar dos animais estarem com altos valores de TR após desmame, a FR não é aumentada como resposta ao estresse por calor.

Existem algumas experiências em que a temperatura do ar, tomada isoladamente confere uma boa representação do impacto de ambientes quentes na produção animal. A temperatura de bulbo seco foi um bom preditor de temperatura retal de vacas holandesas, em ambiente subtropical (DIKMEN; HANSEN, 2009). Por outro lado, a análise conjunta da temperatura de bulbo seco e da umidade relativa é importante para checar o ambiente zootécnico no que diz respeito à conforto térmico e estresse por calor (RODRIGUES et al., 2011).

As condições ambientais incluem não apenas a temperatura de bulbo seco, mas também a pressão de vapor que afeta a quantidade de perda de calor latente. A temperatura de bulbo seco fornece uma medida do conteúdo de calor sensível do ar e representa a maior porção das forças que determinam as trocas de calor entre o animal e o meio. No entanto, outras medidas do ambiente térmico impactam na troca de calor total, incluindo o conteúdo de calor latente do ar, representado pelas medidas de calor latente do ar (temperatura de ponto de orvalho e umidade), radiação térmica e fluxo de vento (HAHN et al., 2009).

A entalpia específica do ar tem sido utilizada como um índice de conforto para frangos de corte (BARBOSA FILHO et al., 2009) e suínos (PANDORFI; SILVA; PIEDADE, 2008). Estes autores utilizaram diferentes equações para cálculo da entalpia específica do ar (ALBRIGHT, 1990; BARBOSA FILHO et al., 2007).

A equação proposta por Rodrigues et al. (2011) representa uma reformulação a partir da equação de Albright (1990) que calcula a energia térmica no ambiente interno de instalações. A teoria consistiu no ajuste da fórmula que depende diretamente da

temperatura, umidade relativa do ar e pressão atmosférica local, garantindo que estes valores representem a energia absoluta no interior de sistemas de produção.

A entalpia específica (h) é uma quantidade intensiva, por que considera a quantidade de energia por massa, e sua unidade é kJ/kg de ar seco. Rodrigues et al. (2011) apresentaram a equação do cálculo da entalpia específica do ar, considerando o calor sensível medido no ambiente, que é transmitido ou absorvido através das trocas secas como, condução, convecção e radiação. Além disso, o segundo termo da equação depende da temperatura e umidade relativa, referente ao calor latente, responsável pelas trocas de calor úmidas como evaporação local de água ou ofego.

Outros elementos que caracterizam o meio produtivo também influenciam nos processos de troca de calor. O tipo de piso pode afetar a habilidade de porcos em utilizar o comportamento excretório na termorregulação. Em piso compacto, os animais podem chafurdar nas excretas, incrementando o resfriamento evaporativo, o que não ocorre no piso ripado (SCOTT; GUY; EDWARDS, 2009). Desta forma, é notável que o tipo de piso possa impactar nas trocas de calor de porcas gestantes, principalmente devido ao fato destes animais permanecerem grande parte do tempo na posição deitada (VAN DE WEERD; DAY, 2009).

Condução térmica pode ser definida como o mecanismo de transferência de energia térmica entre corpos ou entre partes de um corpo, por meio da energia cinética da movimentação das moléculas ou pela movimentação de elétrons livres. Este fluxo passa das moléculas de maior energia para aquelas de menor energia (SILVA, 2000). Os processos condutivos, dentre eles, aqueles decorrentes do contato dos animais com o piso da baia, compõem o balanço térmico total do animal em seu ambiente, no entanto, são dependentes dos fatores apresentados no Quadro 2 (DESHAZER; HAHN; XIN, 2009).

O tipo de piso determina a extensão das perdas condutivas de calor (CLOSE, 1981), uma vez que diferentes materiais possuem diferentes valores de emissividade, bem como resistência térmica e capacidade calórica (Quadro 2).

Fatores	Formas de transferência de calor			
	Convecção	Condução	Radiação	Evaporação
Características do animal				
Configuração do animal (postura)	X	X	X	X
Temperatura da superfície do animal	X	X	X	X
Emissividade da superfície do animal			X	
Características do ambiente				
Temperatura de superfícies do ambiente		X	X	
Temperatura do ar	X			
Velocidade do ar	X			X
Pressão de vapor do ar				X
Forma das estruturas do meio			X	
Emissividade das superfícies do ambiente			X	
Resistência térmica das superfícies de contato		X		
Capacidade calórica dos materiais de contato		X		

Quadro 2 - Fatores físicos que influenciam a transferência de energia da superfície do animal
Fonte: Adaptado de Deshazer; Hahn; Xin, (2009).

Um exemplo mais evidente da importância do tipo de piso no balanço final de calor do animal com o meio foi apresentado por Silva (2005), testando o efeito do piso resfriado para porcas em maternidade. Houve efeito do tratamento sobre todas as variáveis testadas, que foram temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR) e temperaturas superficiais (TS). O autor verificou valores de FR de 33,4 e 80 $mov.min^{-1}$; TR de 38,8 e 39,2ºC e TS da nuca de 36,5 e 37,7ºC para o tratamento controle e com piso resfriado, respectivamente. A estrutura do tratamento permitiu alcançar valores médios de temperatura do piso sobre as porcas de 36,2 e 28 ºC para os tratamentos controle e com piso resfriado, respectivamente.

2.7 Índices reprodutivos

Quando um animal é submetido a ambientes térmicos desafiadores, suas respostas (tanto voluntária como involuntariamente) referem-se à sobrevivência. As próximas respostas estão relacionadas à reprodução (DESHAZER; HAHN; XIN, 2009). Assim, as respostas reprodutivas de porcas gestantes mantidas em diferentes sistemas podem ser indicadores importantes de como estes animais enfrentam o ambiente a que são submetidos.

Os fatores ambientais primários que influenciam os indicadores reprodutivos de porcas são fotoperíodo, temperatura e umidade, sendo os dois últimos mais significativos sob condições tropicais, ao contrário do fotoperíodo que parece ser mais

importante em condições temperadas (PRUNIER; MESSIAS DE BRAGANÇA; LE DIVIDICH, 1997; SURIYASOMBOON et al., 2006; SCHWARZ; NOWICKI; TUZ, 2009).

Com relação aos efeitos do clima no desempenho de porcas em fase de gestação, diferentes estudos apontaram prejuízos nos índices reprodutivos das porcas, quando submetidas a altas temperaturas ou a sistemas de acondicionamento ambiente deficiente (PRUNIER; MESSIAS DE BRAGANÇA; LE DIVIDICH, 1997; NUNES et al., 2003; ROMANINI et al., 2008). A influência da estação do ano, temperatura, umidade relativa sobre diferentes índices reprodutivos de matrizes suínas foi descrito por Tummaruk et al. (2010), em condições de campo, na Tailândia. Verificou-se que a influência destes fatores ambientais foi mais evidente em marrãs, em comparação a porcas, no que diz respeito ao tamanho da leitegada ao nascer.

O período da gestação pode ser determinante no grau de susceptibilidade das matrizes suínas ao estresse por calor. Resultados de Omtvedt et al. (1971), estudando o efeito de altas temperaturas (37,8ºC) em marrãs submetidas ao tratamento de estresse e conforto (23,3ºC) mostraram que os animais foram relativamente mais resistentes a altas temperaturas no meio da gestação e mais susceptíveis no início (2ª semana) e final da gestação, com redução da taxa de concepção e diminuição da viabilidade de embriões.

Além dos fatores climáticos, elementos inerentes às porcas podem afetar o desempenho reprodutivo. O número total de leitões nascidos atinge o máximo na 4ª ou 5ª gestação, com o aumento da taxa ovulatória que ocorre neste período. Conceitualmente, mortes embrionárias após os 50 dias de gestação afetam os índices de abortamento, mumificação fetal ou, até mesmo, natimormos. No caso de mortalidade embrionária precoce, ocorre reabsorção embrionária (ANDERSON,1995).

Cassar et al. (2008) estudando diferentes formas de alojamento de porcas após a inseminação e após o período de implantação embrionária não encontraram efeito do tipo de agrupamento na taxa de parição e tamanho de leitegada. Em contrapartida, em extensa revisão sobre comportamento agressivo resultante da mistura de suínos, Arey e Edwards (1998) mencionaram diferentes implicações práticas do comportamento agressivo após mistura de porcas, dentre elas as perdas embrionárias. Neste sentido, sugerem que os efeitos negativos da agressividade pós-mistura podem ser evitados se

a exposição ao estresse social ocorrer em período diferente da implantação embrionária, considerada como mais crítica.

Jansen et. al. (2007) afirmaram que não houve diferença quando porcas foram mantidas em baias coletivas com cama ou celas individuais. Já, Lammers et al. (2007) relataram que em um experimento realizado com 353 porcas durante dois anos e meio, as porcas mantidas em sistema de cama tiveram 0,7 leitões nascidos vivos a mais por leitegada quando comparado a porcas mantidas em celas individuais de gestação. Além disso, as porcas mantidas em celas individuais tiveram uma tendência de parirem um número maior de leitões mumificados.

2.8 Termografia de infra-vermelho

A termometria é a ciência que trata da medição de temperaturas, podendo ser classificada como de contato ou não. A radiometria se enquadra nas técnicas de medições remotas, onde as medições são realizadas por sensores sem contato físico com objeto em estudo, baseado na detecção da radiação eletromagnética emitida pelos corpos em função da sua temperatura absoluta. A radiometria pode ser realizada nas faixas espectrais do infravermelho, como é o caso da termografia (CRIVELLARO; TORESAN JÚNIOR, sd).

O espectro eletromagnético infravermelho compreende as faixas entre 0,7 a 14µm. Hipoteticamente, um corpo negro é definido como um objeto que não reflete radiação, mas apenas emite. Plantas e animais reais são considerados corpos cinzentos em função de refletiram radiação de infravermelho, possibilitando que os mesmos possam ser utilizados em medidas de temperatura, por câmeras de infravermelho. No entanto, a aproximação do corpo cinzento causa problemas quando a emissividade varia com o comprimento de onda. No entanto, as câmeras utilizadas atualmente, e seus respectivos softwares possibilitam a correção dos valores de emissividade (KASTBERGER; STACHL, 2003).

A termografia pode ser um método de medição da temperatura da pele utilizando-se de uma câmera equipada com um detector de infravermelho, o que resulta na obtenção de imagens denominadas termogramas. Pode ser classificada como uma técnica não invasiva nos estudos da termorregulação animal (SPRUYT; GUAFIR; LEKEUX, 1995).

Em uma imagem térmica (ou termograma), cada pixel representa uma medida local de temperatura, que é diretamente proporcional à energia térmica emitida por aquele sítio. Além disso, a imagem permite a obtenção do perfil térmico em tempo real e sem contato (HEUVEL et al., 2003).

Em estudos envolvendo animais, a termografia possui diferentes aplicabilidades, como por exemplo, aspectos relacionados à saúde (SCHAEFER et al., 2007; POLAT et al., 2010), termorregulação escrotal e infertilidade em touros (LUNSTRA; COULTER, 1997; KASTELIC et al., 1996), conforto térmico de bovinos (KOTRBA et al., 2007; ZOTTI, 2010) e estimativa do peso corporal (STAJNKO; BRUS; HOCEVAR, 2008).

Referências

AVERÓS, X, BROSSARD, L.; DOURMAD, L.J.Y.; GREEFC, K.H.; EDGE, H.L.;. EDWARDS, S. A.; MEUNIER-SALAUN, M.C. A meta-analysis of the combined effect of housing and environmental enrichment characteristics on the behaviour and performance of pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 127, p.73–85, Oct. 2010.

ALBRIGHT, L.D. **Environment control for animals and plants**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers Michigan. 1990. 453p. (ASAE Textbook, 4).

ANDERSEN, H.M.L.; JØRGENSEN, E., DYBKJÆR, L.; JØRGENSEN, B. The ear skin temperature as an indicator of the thermal comfort of pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 113, n.1, p. 43–56, Sept. 2008.

ANDERSON, L.L. Suínos. In: HAFEZ, E.S.E. (Ed). **Reprodução Animal**. 6. ed. São Paulo: Editora Monole, 1995. cap. 16, p. 348 – 365.

AREY, D.S.; EDWARDS, S.A. Factors influencing aggression between sows after mixing and the consequences for welfare and production. **Livestock Production Science,** Amsterdam, v.56, p. 61-70, Oct. 1998.

BARBOSA FILHO, J.A.D.; VIEIRA, F.M.C.; SILVA, I.J.O.; GARCIA, D.B. SILVA, M.A.N.; FONSECA, B.H.F. Transporte de frangos: caracterização do microclima na carga durante o inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.38, n.12, p.2442-2446. dez. 2009.

BARBOSA FILHO, J.A.D.; VIEIRA, F.M.C.; GARCIA, D.B. SILVA, M.A.N.; SILVA, I.J.O. **Mudanças e uso das tabelas de entalpia**. Piracicaba, 2007. Disponível em: http://www.nupea.esalq.usp.br. Acesso em: 31 mar. 2011.

BARNETT J. L; HEMSWORTH, P.H.; CRONIN, G.M.; JONGMAN, E.C.; HUTSON, G.D. A review of the welfare issues for sows and piglets in relation to housing. **Australian Journal of Agricultural Research,** Victoria**,** v.52. p. 1-28. Jan. 2001.

BERGERON, R; BADNELL-WATERS, A.J.; LAMBTON, S.; MASON,G. Stereotypic Oral Behaviour in Captive Ungulates: Foraging, Diet and Gastrointestinal Function. In: MASON, G. (Ed). **Stereotypic Animal Behaviour:** Fundamentals and Applications to Welfare. Guelf: CAB International, 2006. chap. 2, p. 19-57.

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, n. 1, p. 153-170, May 1993.

BLACKSHAW, J.K. The study of behavior. In: _____. **Notes on some topics in applied animal behavior**. University of Queensland, 1986. chap.1, p. 1-3.

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, n.12, p.3330-3337, Dec. 2008.

BORBERG, C.; HOY, S. Mixing of sows with or without the presence of a boar. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 125, n. 3, p. 314–317, Nov. 2009.

BROOM, D.M. Animal welfare: concepts and measurement. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 10, p. 4167-4175, Oct. 1991.

BROOM, D.M. Animal welfare: its scientific measurement and current relevance to animal husbandry in Europe. In: PHILLIPS, C.; PIGGINS, D. (Ed). **Farm animals and environment**. Wallingford: CAB International, 1992. chap. 14, p.245-253.

BROWN-BRANDL, T.M.; EIGENBERG, R.A.; NIENABER,J.A.; KACHMAN, S.D. Thermoregulatory profile of a newer genetic line of pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 71, n.3, p. 253–260, Oct. 2001.

CASSAR, G.; KIRKWOOD, R.N.; SEGUIN, M.J.; WIDOWSKI, T.M.; FARZAN, A.; ZANELLA, A.J.; FRIENDSHIP, R.M. Influence of stage of gestation at grouping and presence of boars on farrowing rate and litter size of group-housed sows. **Journal of Swine Health and Production**, Perry, v.16, p.81-85. Mar, 2008.

CENTNER, T.J. Limitations on the Confinement of Food Animals in the United States. **Journal of agricultural and environmental ethics**, Dordrecht, v. 23, n. 5, p. 469–486, Oct. 2010.

CLOSE, W.H. The climatic requirements of the pigs. In: CLARK, J.A. **Environmental aspects of housing for animal production**. London: British Library, 1981. chap. 9, p.149-163.

COPADO, F.; ALUJA, A.S.; MAYAGOITIA, L. GALINDO, F. The behaviour of free ranging pigs in the Mexican tropics and its relationships with human faeces

consumption. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v.88, n.3, p. 243–252, Oct. 2004.

CORDEIRO, M.B.; TINOCO, I.F.F.; OLIVEIRA, P.A.V.; MENEGALI, I.; GUIMARÃES, M.C.C.; BAETA, F.C.; SILVA, J.N. Efeito de sistemas de criação no conforto térmico ambiente e no desempenho produtivo de suínos na primavera. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.36, n.5, p.1597-1602, Out. 2007.

CORRÊA, E.K.; BIANCHI, I.; ULGUIM, R.R.; CORRÊA, M.N.; GIL-TURNES, C.; LUCIA JÚNIOR, T. Effects of different litter depths on environmental parameters and growth performance of growing finishing pigs. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.3, May/Jun 2009.

COUNCIL DIRECTIVE 2001/88/EC. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32001L0088:EN:NOT>. Acesso em: 20 abril 2011.

COUNCIL DIRECTIVE 2001/93/EC. Disponível em <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32001L0093:EN:NOT >. Acesso em: 20 abril 2011.

COURBOULAY, V.; MEUNIER-SALAUN, M.C.; EDWARDS, S.A.; GUY, J.H.; SCOTT,K. Repeatability of abnormal behavior. In: FORKMAN, B; KEELING,L. (Ed.). Upsala: SLU service. 2009. chap. 15, p. 131 – 140. (Welfare Quality Reports n.10.)

CRIVELLARO,R.S.; TORESAN JÚNIOR, W. **Sugestões da aplicação da termografia infravermelha na ciência forense**. Disponível em: < http://www.acrigs.com.br/Artigos.htm>. Acesso em: 03 mar. 2010.

ÇENGEL, Y.A.; BOLES, M.A. Energy, energy transfer and general energy analysis. In: _____. **Thermodynamics**: An Engineering Approach. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2007. chap. 2, p 77-136.

DELLMEIER,G.R**.** Motivation in Relation to the Welfare of Enclosed Livestock. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 22, n.2, p. 129-138, Feb. 1989.

DESHAZER, J.A.; HAHN, G.L. XIN, H. Basic principles of the thermal environment and livestock energetics. In: DESHAZER, J.A. (Ed.). **Livestock energetic and thermal environmental management**. St. Joseph: ASABE. 2009. chap. 1, p. 1-22.

DIKMEN, S.; HANSEN, P. J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? **Journal of Dairy Science,** Champaign**,** v. 92, n.1, p.109–116, Jan. 2009.

DUNCAN, I.J.H. Science-based assessment of animal welfare: farm animals. **Reveu scientifique et technique (Internacional Office of the epizootics)**, Paris, v.24, p. 483-492, 2005.

ENGLISH, P.R.; SMITH, W.J.; MACLEAN, A. Welfare of the sow and her piglets. In:_____. **The sow improving her efficiency**. 2nd ed. Farming Press,. 1982. 2ndchap. p.328 – 343.

FRASER, A.F. **Understanding animal welfare**: the science in its cultural context. Ames: Oxford Wiley-Blackwell, 2008. 324p.

FRASER, A.F.; BROOM, D.M. **Farm animal behavior and welfare**. 3rd ed. London: Baillière Tindall, 1990. 437p.

FRASER, A.F.; PHILLIPS, P.A.; THOMPSON, B.K.; TENNESSEN, T. Effect of straw on the behaviour of growing pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 30, p.307-318, May 1991.

FRASER, A.F. Toward a global perspective on farm animal welfare. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 113, p.330–339, Oct. 2008.

FUQUAY, J.W. Heat stress as it affects animal production. **Journal of animal science**, Champaign, v. 52, n.1, p.164-174, Jan. 1981.

GENTRY, J.G.; MCGLONE, J.J.; BLANTON, J.R.; MILLER, M.F. Alternative housing systems for pigs: Influences on growth, composition, and pork quality. **Journal of Animal Science,** Champaign, v. 80, n.7, p. 1781–1790, July, 2002.

GOULART, R.M. **Processo de compostagem:** Alternativa complementar para tratamento de camas biológicas de dejetos de suínos. 1997. 127p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

GROENESTEIN, C.M. **Environmental aspects of improving sow welfare with group housing and straw bedding**. 2006. 154p. Tese (Wageningen University). 2006. Disponível em: < http://library.wur.nl/WebQuery/clc/1815333>. Acesso em: 13 mai 2010.

HABEER, A.A.M.; MARAI, F.M.; KAMAL, T.H. Heat stress. In: PHILLIPS, C.; PIGGINS, D. (Ed.). **Farm animals and the environment**. Wallingford:Cab International, 1992. 27-47p.

HAHN, G.L.; GAUGHAN, J.B.; MADER, TERRY L.R.; EIGENBERG, A. Thermal indices and their applications for livestock environments. In: DESHAZER, J.A. (Ed.). **Livestock energetic and thermal environmental management**. St. Joseph: ASABE. 2009. chap. 5, p. 113-130.

HANNAS, M.I. Aspectos fisiológicos e a produção de suínos em clima quente. In: SILVA, I.J.(Ed.). **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. Piracicaba : FEALQ, 1999. cap. 1, p. 1-33.

HEITMAN, H.; HUGHES, E.H.; KELLY, C. F. Effects of Elevated Ambient Temperature on Pregnant Sows. **Journal of Animal Science**, Champaign. v.10, n.4, p.907-915, nov.1951.

HEUVEL, C.J.; FERGUSON, S.A.; DAWSON,D.; GILBERT, S.S. Comparison of digital infrared thermal imaging (DITI) with contact thermometry: pilot data from a sleep research laboratory. **Physiological measurement**, Bristol. v. 24, p.717–725, 2003.

HIGARASHI, M.M. ;OLIVEIRA, P.A.V.; COLDEBELLA, A. Seasonal Influence in the Performance of Growing and Finishing Pigs Raised in Deep Bedding System in South of Brazil. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 8., 2008. u. (ILES VIII), Foz do Iguaçu. **Anais…**Foz do Iguaçu: CIGR, 2008. 1v.

HILLMAN, P.E. Thermoregulatory Physiology. In: DESHAZER, J.A. (Ed.). **Livestock energetic and thermal environmental management**. St. Joseph: ASABE. 2009. chap. 2, p. 23-48.

HOTZEL, M.J.; LOPES, E.J.C; OLIVEIRA, P.A.O.; GUIDONI, A.L. Behaviour and performance of pigs finished on deep bedding with wood shavings or rice husks in summer. **Animal Welfare,** Hertfordshire**,** v.18, p. 65-71, 2009.

HURNIK, J.F. Behaviour. In: PHILLIPS, C.; PIGGINS, D. (Ed.). **Farm animals and environment**. Wallingford:CAB International, 1992. chap. 13, p. 235 – 244.

HUYNH, T.T.T.; AARNINK, A.J.A.; HEETKAMP, M.J.W.; VERSTEGEN, M.W.A.; KEMP, B. Evaporative heat loss from group-housed growing pigs at high ambient temperatures. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v. 32, n. 5, p.293–299, July, 2007.

HUYNH, T.T.T.; AARNINK, A.J.A.; TRUONG, C.T.; KEMP, B.; VERSTEGEN, M.W.A. Effects of tropical climate and water cooling methods on growing pigs' responses. **Livestock Science,** Amsterdam, v.104, n. 3, p.278– 291, Nov. 2006.

ISON, S.H; D'EATH, R.B., ROBSON, S.K. BAXTER, E.M.; ORMANDY, E., DOUGLAS, A.J.; RUSSELL, J.A.; LAWRENCE, A.B.; JARVIS, S. 'Subordination style' in pigs? The response of pregnant sows to mixing stress affects their offspring's behaviour and stress reactivity. **Applied Animal Behaviour Science,** Amsterdam, v. 124, p. 16-27, 2010.

JANSEN, J.; KIRKWOOD, R.N.; ZANELLA, A.J.; TEMPELMAN, R.J. Influence of gestation housing on sow behavior and fertility. **Journal of Swine Health and Production,** Perry, v.15, n. 3, p.132–136, May/June 2007.

JENSEN, P. An analysis of agonistic interaction patterns in group-housed dry sows – aggression regulation through an 'avoidance order'. **Applied Animal Ethology,** Amsterdam*,* v.9, n.1, p.47-61, Nov. 1982.

_____. The study of animal behaviour and its applications. In:_____ **The ethology of domestic animals:** an Introductory Text. Wallingford: CABI Publishing, 2001. chap. 1, p.3-11.

KARLEN, G.; HEMSWORTH, P.H.;GONYOU, H.W.G.;FABREGA, E.;STROM, A.D.; SMITS, R.J. The welfare of gestating sows in conventional stalls and large groups on deep litter. **Applied Animal Behaviour Science,** Amsterdam, v.105, p. 87–101, June 2007.

KASTBERGER,G.; STACHL, R. Infrared imaging technology and biological applications. **Behavior Research Methods, Instruments, & Computers**, Austin, v.35, n.3, p.429-439, 2003.

KASTELIC, J.P.; COOK, R.B.; COULTER, G.H.; WALLINS, G.L.; ENTZ, T. Environmental factors affecting measurement of bovine scrotal surface temperature with infrared thermography. **Animal Reproduction Science,** Amsterdam**,** v.41, n.3, p.153–159, n.3/4, Mar.1996.

KIEFER, C.; MEIGNEN, B.C.G.; SANCHES, J.F.; CARRIJO, A.S. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas, **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 58, n.221, p. 55-64, Mar. 2009.

KILEY-WORTHINGTON, M. Ecological, ethological and ethically sound environments for animals: toward symbiosis. **Journal of Agricultural and Environmental Ethics,** Dordrecht, v. 2, n.4, p. 323–347, 1989.

KOTRBA, R.; KNÍŽKOVÁ, I.; KUNC, P.; BARTOS, L. Comparison between the coat temperature of the eland and dairy cattle by infrared thermography. **Journal of Thermal Biology,** Oxford, v.32, n.7/8, p.355–359, Oct-Dec. 2007.

LAMMERS, P.J.; HONEYMAN, M.S.; MABRY, J.W. ;HARMON, J.D. Performance of gestating sows in bedded hoop barns and confinement stalls. **Journal of Animal Scienc**e, Champaign, v. 85, n.5, p.1311-1317, May 2007.

LASSEN, J.; SANDØE, P.; FORKMAN, B. Happy pigs are dirty! – conflicting perspectives on animal welfare. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 103, p.221– 230, Sept. 2006.

LUNSTRA, D.D.; COULTER, G.H. Relationship between scrotal infrared temperature patterns and natural-mating fertility in beef bulls. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.75, n. 3, p.767-774, Mar. 1997.

MAYER, J.J; MARTIN, F.D; BRISBIN, I.L. Characteristics of wild pig farrowing nests and beds in the upper Coastal Plain of South Carolina. **Applied Animal Behaviour Science,** Amsterdam, v. 78, p. 1-17, May 2002.

MARCHANT-FORDE, J.N. Introduction to the Welfare of Pigs. In: _____. (Ed). **The welfare of pigs**. Springer, 2009. chap. 1. p.1-12.

MARGETA, V.; TOLUŠIĆ, Z., KRALIK, I. **Production and economic aspects of conventional and alternative pig fattening**. 2005. Disponível em: <http://hrcak.srce.hr/file/19949>. Acesso em: 13 set. 2008.

MOLENTO, C. **Senciência Animal**. Disponível em <http://www.labea.ufpr.br/publicacoes/pdf/>. Acesso em: 11 mar. 2011.

MOURA, D.J. Ventilação na suinocultura. In: SILVA, I.J.O (ed.) **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1999. p.149-179.

MUNSTERHJELM, C.; PELTONIEMIM, O.A.T.; HEINONEN, M.; HALLI, O.; KARHAPAA, M.; VALROS, A. Experience of moderate bedding affects behaviour of growing pigs. **Applied Animal Behaviour Science,** Amsterdam, v.118, p.42–53, Apr. 2009.

NEWBERRY, R.C. Environmental enrichment: Increasing the biological relevance of captive environments. **Applied Animal Behaviour Science,** Amsterdam, v. 44, p.229-243, Sept.1995.

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, MG, v.32, n.4, p.854-863, jul/ago 2003.

OLIVEIRA, P. A.; MEUNIER-SALAÜM, M. C.; ROBIN, P.; TONNEL, N.; FRABOULE, J.B. Analyse du comportement du porc en engraissement eleve sur litiére de sciure ou sur caillebotis integral**. Journées de Recherche Porcine en France**, Paris, v.31, n.4, p.117-123, 1999.

OMTVEDT, I.T.; NELSON, R.E.; EDWARDS, R.L.; STEPHENS, D.F.; TURMAN, E.J. Influence of heat stress during early, mid and late pregnancy of gilts. **Journal of Animal Science,** Champaign, v.32, p. 312-317, n.2, Feb. 1971.

PANDORFI, H.; SILVA, I.J.O.; PIEDADE, S.M.S. Conforto térmico para matrizes suínas em fase de gestação, alojadas em baias individuais e coletivas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.3, p. 326-332. Mai/jun, 2008.

PELLETIER, N.; LAMMERS, P.; STENDER, D.; PIROG, R. Life cycle assessment of high- and low-profitability commodity and deep-bedded niche swine production systems in the Upper Midwestern United States. **Agricultural Systems**, Essex, v.103, n.9, p.599-608, Nov. 2010.

PICKETT, H. **Welfare of pigs in the European Union:** Compassion in World Farming. 2009. Disponível em: <www.ciwf.org.uk/welfare_of_pigs_ in_the_ european_union_2009.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2011.

POLAT, B.; COLAK, A.; CENGIZ, M.; YANMAZ, L.E.; ORAL, H.; BASTAN, A.; KAYA, S.; HAYIRLI, A. Sensitivity and specificity of infrared thermography in detection of subclinical mastitis. **Journal of Dairy Science,** Champaign, v.93, n.8, p.3525–3532, Aug. 2010.

PRUNIER, A.; MESSIAS DE BRAGANÇA, M.; LE DIVIDICH, J. Influence of high ambient temperature on performance reproductive sows. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 52, n. 2, p.123-133, Dec.1997.

QUINIOU, N.; NOBLET, J. Influence of high ambient temperatures on performance of multiparous lactating sows. **Journal of animal science,** Champaign, v.77, n. 8, p.2124-2134, Aug. 1999.

RAMONET, Y.;MEUNIER-SALAÜN, M.C.; DOURMAD, J.Y. High-fiber diets in pregnant sows: digestive utilization and effects on the behavior of the animals. **Journal of Animal Science,** Champaign, v.77, n.3, p. 591–599, Mar. 1999.

REMIENCE,V; WAVREILLE, J.; CANART,B.; MEUNIER-SALAU¨N, M.C.; PRUNIER, A. BARTIAUX-THILL, N. NICKS, B.; VANDENHEEDE, M. Effects of space allowance on the welfare of dry sows kept in dynamic groups and fed with an electronic sow feeder. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 112, n.3, p. 284–296, Aug. 2008.

ROBERTSHAW, D. The environmental physiology of animal production. In: CLARK, J.A (Ed.). **Environmental aspects of housing for animal production**. London: British Library, 1981. chap. 1, p.3-17.

RODRIGUES, V.C.; SILVA, I.J.O.; VIEIRA, F.M.C.; NASCIMENTO, S.T. A correct enthalpy relationship as thermal comfort índex for livestock. **International Journal of Biometeorology,** Lisse, v. 55, n.3, p.455-459, May 2011.

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

SAVARY, P.; GYGAX, L.; WECHSLER, B; HAUSER, R. Effect of a synthetic plate in the lying area on lying behaviour, degree of fouling and skin lesions at the leg joints of finishing pigs. **Applied Animal Behaviour Science,** Amsterdam, v.118, n.1, p.20–27, Apr. 2009.

SCHAEFER, A.L.; COOK, N.J. CHURCH, J.S.; BASARAB, J.; PERRY, B.; MILLER, C.; TONG, A.K.W. The use of infrared thermography as an early indicator of bovine respiratory disease complex in calves. **Research in Veterinary Science,** London, v.83, n.3, p.376–384, Dec. 2007.

SCHMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia animal:** Adaptação e meio ambiente. 5.ed. Cambridge:Cambridge University Press, 2002. 609 p.

SCHWARZ, T.; NOWICKI, J.; TUZ, R. Reproductive performance of polish large white sows in intensive production – effect of parity and season. **Annals of animal science**, Krakow, v.9, n.3, p.269–277, 2009.

SCOTT, K.; GUY, J.H.; EDWARDS, S.A. Validation of behavior around resting in pigs. In: FORKMAN, B; KEELING,L. (Ed.).. 2009. chap. 4, p.39-55. Welfare Quality Reports,10).

SIGNORET, J.P.;BALDWIN, B.A.; FRASER, D.;HAFEZ, E.S.E. The behaviour of swine. In: HAFEZ, E.S.E. (Ed.). **The behaviour of domestic animals**. 3. ed. London: Bailliere Tindall, 1975. p. 295–329.

SILVA, B.A.N. **Efeito do resfriamento do piso da maternidade sobre o desempenho produtivo e reprodutivo de porcas em lactação no verão**. 2005. 56p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

SILVA, I.J.O.; PANDORFI, H.; PIEDADE, S.M.S. Influência do sistema de alojamento no comportamento e bem-estar de matrizes suínas em gestação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.37, n.7, p.1319-1329, Jul. 2008.

SILVA, R.G. **Biofísica Ambiental:** Os animais e seu ambiente. Jaboticabal: FUNEP, 2008. 393 p.

_____. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.

SPRUYT, P.; GUAFIR,Y.; LEKEUX, P. La thermographie infrarouge dans l'etudede la thermoregulation: revue de la literature. **Annales de Médecine Vétérinaire,** Bruxelles, v. 139, p.413-418, 1995.

STAJNKOA, D.; BRUSA, M.;HOCEVARB, M. Estimation of bull live weight through thermographically measured body dimensions. **Computers and electronics in agriculture,** New York**,** v.6, n. 1, p.233–240, 2008.

STEWART, C.L.; BOYLE, L.A. MCCANN, M.E.E.; O'CONNELL, N.E. The effect of feeding a high fibre diet on the welfare of sows housed in large dynamic groups. **Animal Welfare,** Wheathampstead**,** v. 19, n. 3, p. 349-357. Nov. 2010.

STUDNITZ, M.; JENSEN, M.B.; PEDERSEN, L.J. Why do pigs root and in what will they root? A review on the exploratory behaviour of pigs in relation to environmental enrichment. **Applied Animal Behaviour Science**, Amesterdam, v. 107, n.3/4, p.183-197, Nov. 2007.

SURIYASOMBOON, A.; LUNDEHEIM, N.; KUNAVONGKRIT, A.; EINARSSON, S. Effect of temperature and humidity on reproductive performance of crossbred sows in Thailand. **Theriogenology,** Stoneham, v. 65, p. 606 – 628, 2006.

TEMPLE, D.; MANTECA, X.; VELARDE, A.; DALMAU, A. Assessment of animal welfare through behavioural parameters in Iberian pigs in intensive and extensive conditions. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v.131, p.29–39, June 2011.

TURNPENNY*;* J.R.; WATHES, C.M.*;* CLARK, J.A.; MCARTHUR, A.J. Thermal balance of livestock 2. Applications of a parsimonious model. **Agricultural and Forest Meteorology,** Amsterdam, v. 101, n.1, p.29–52, Mar. 2000.

TUMMARUK, P.; TANTASUPARUK, W.; TECHAKUMPHU, M.; KUNAVONGKRIT, A. Seasonal influences on the litter size at birth of pigs are more pronounced in the gilt than sow litters. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.148, p.421–432, 2010.

VAN DE WEERD*,* H.A., DOCKING, C.M.; DAY, J.E.L.; AVERY, P. J.; EDWARDS, S.A. A systematic approach towards developing environmental enrichment for pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 84, p. 101-118, Jan. 2003.

VAN DE WEERD, H.A.; DOCKING, C.M.; DAY, J.E.L.; BREUER, K.; EDWARDS, S.A. Effects of species-relevant environmental enrichment on the behaviour and productivity of finishing pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 99, p. 230–247, Jan. 2006.

VAN DE WEERD, H.A.; DAY, J.E.L. A review of environmental enrichment for pigs housed in intensive housing systems. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 116, p. 1–20, Jan. 2009.

VOLPATO, G.L.; GIAQUINTO, P.C.; CASTILHO, M.F.; BARRETO, R.E.; FREITAS, E.G. Animal Welfare: from concepts to reality. **Oecologia Brasiliensis,** Rio de Janeiro, v. 13, n.1, p. 5-15, Fev. 2009.

WELFARE QUALITY: Science and society improving animal welfare. Disponível em: http://www.welfarequality.net/everyone. Acesso em: 10 fev. 2011.

WILLIAMS, A.M. **Effects of heat stress on reproduction and productivity of primiparous sows and their piglets' performance**. 2009. 122p.Thesis (Magister Science) - University of Missouri-Columbia. 2009.

ZANELLA, A.J.; BROOM, D.M.; HUNTER, J.C.; MENDL, M.T. Brain Opioid Receptors in Relation to Stereotypies, Inactivity, and Housing in Sows. **Physiology & Behavior**, Elmsford, v. 59, n.4, p.769-775, Apr. 1996.

ZONDERLAND, J.J.; LEEUW, J.A.; NOLTEN, C.; SPOOLDER, H.A.M. Assessing long-term behavioural effects of feeding motivation in group-housed pregnant sows; what, when and how to observe. **Applied Animal Behaviour Science,** Amsterdam, v. 87, p.15–30, Aug. 2004.

ZOTTI, C.A. **Desempenho, respostas fisiológicas e comportamentais de novilhas leiteiras mantidas em diferentes regimes de ventilação forçada**. 2010. 63p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, 2010.

3 AVALIAÇÃO FISIOLÓGICA DE ESTRESSE POR CALOR EM PORCAS GESTANTES SUBMETIDAS A DIFERENTES SISTEMAS DE ALOJAMENTO EM CAMA E EM PISO DE CONCRETO

Resumo

O uso de cama na produção de suínos é assunto controverso em termos de estresse por calor e, além disso, pouco se sabe sobre o desempenho deste sistema na fase gestacional da suinocultura. Objetivou-se verificar o efeito do uso de cama de maravalha nas variáveis fisiológicas indicadoras de estresse térmico de porcas gestantes mantidas em dois diferentes sistemas de alojamento. Para tanto, foram realizados dois experimentos, com a implantação de quatro tratamentos a fim de avaliar o efeito de dois sistemas de alojamento e de dois tipos de piso. Os dois sistemas de alojamento foram: criação em baias coletivas e alojamento coletivo a partir dos 28 dias de gestação precedido de gaiolas. Os dois tipos de piso foram uso de cama e piso de concreto. As variáveis fisiológicas temperatura retal (TR), temperatura da pele (TP) e frequência respiratória (FR) foram registradas, totalizando em cada experimento 24 dias de análise, com avaliações nos horários da manhã, meio dia e tarde. Foram também registradas variáveis ambientais (temperatura - T, umidade relativa - UR e entalpia específica do ar - h, temperaturas superficiais do piso nas áreas limpa e suja). Durante o experimento 1 foram verificadas piores condições microclimáticas nos sistemas contendo cama ($P<0,05$), com aumento dos valores de T e h de 1,14 ºC e 2,37 kJ/kg ar seco, respectivamente. No experimento 2, ocorreu interação ($P<0,05$) entre horário e presença de cama, de forma que nos horários da manhã e meio dia a presença de cama implicou em aumento da T e h, fato que não ocorreu no horário da tarde. No experimento 1, a temperatura do piso na área suja apresentou-se maior em cama, com um aumento de 2,61 ºC ($P<0,05$) em relação aos sistemas sem o uso de cama. O mesmo ocorreu no experimento 2, no entanto, ocorreu interação entre temperatura do piso na área suja e horário, com maiores valores apenas nos horários da manhã e meio dia. Com relação à área limpa, em geral, a temperatura do piso apresentou maiores valores nos sistemas sem o uso de cama. Apesar das piores condições microclimáticas em cama, no experimento 1 a TR não diferiu significativamente ($P>0,05$). Já no experimento 2, verificou-se efeito da presença de cama ($P<0,05$) no aumento da TR. Em ambos os experimentos, a TP apresentou-se maior nos sistemas com uso de cama, o mesmo ocorrendo com os valores de FR. Conclui-se que a utilização de cama na criação de matrizes suínas impacta negativamente nas condições do microclima, o que reflete em prejuízos termorregulatórios evidenciados pelas variáveis fisiológicas avaliadas.

Palavras-chave: Suínos; Bem-estar animal; Termorregulação; Instalações zootécnicas

Abstract

The use of bedding in the swine housing system is controversial in terms of thermal stress. Moreover, little is known about the performance of such system in the gestation period of swine. The purpose of this paper was to observe the use of bedding (wood shaving) in physiological variables that indicate thermal stress of gestating sows kept in different housing systems. Two experiments were conducted, with four treatments, in order to evaluate the effect of two housing systems and two types of floor. Two housing systems were: group pens (during the entire gestation period) and group housing after the 28th gestation day (before which the animals were kept in cages). Two types of floor were bedding and concrete. Physiological variables (rectal temperature - RT, skin temperature - ST and respiratory rate -RR) were registered, totaling 24 days of analysis in each experiment, in the morning, at noon and in the afternoon. Environmental variables were also registered (temperature – T, relative humidity – RH and specific enthalpy– h, and floor surface temperatures in the clean and in the dirty areas). During experiment 1, worse microclimatic conditions were observed in bedding systems ($P<0.05$), with increase in T and in h of 1.14ºC and 2.37 kJ/kg dry air, respectively. In experiment 2, there was interaction ($P<0.05$) between the time and the presence of bedding. In the morning and at noon the presence of bedding caused increased T and h, which did not occur in the afternoon. In experiment 1, the floor temperature in the dirty area was higher in the bedding, with an increase of 2.61ºC ($P<0.05$) in relation to the systems without bedding. The same occurred in experiment 2. However, there was interaction between floor temperature in dirty area and the time, with higher values only in the morning and at noon. As for the clean area, in general, the floor temperature was higher in the systems without bedding. In spite of worse microclimatic conditions in the bedding, in experiment 1 RT did not differ significantly ($P>0.05$). In experiment 2, there was an effect of the presence of bedding ($P<0.05$) on RT increase. In both experiments, the ST was higher in the systems with the use of bedding. The same occurred with the respiratory rates. This study points to the conclusion that the use of bedding in the rearing of sows has a negative impact on microclimatic conditions, which entails thermoregulatory damages, as shown in the physiological variables evaluated.

Keywords: Swine; Animal welfare; Termorregulation; Livestock

3.1 Introdução

O aumento da temperatura média, previsto em decorrência do processo de aquecimento global terá impacto em diferentes cadeias de produção de alimentos, dentre estas a indústria de suínos. Diante disso, o fator clima passa a ser determinante na definição da eficiência produtiva dos rebanhos e no bem-estar térmico dos animais.

Na produção de suínos, as diferentes categorias animais possuem faixas de conforto térmico específicas, além disso, esta espécie é considerada especialmente

crítica por ser evolutivamente adaptada a climas temperados. No que diz respeito a matrizes suínas, a literatura apresenta faixas de conforto térmico que variam de 12 e 22ºC (BLACK et al., 1993), no caso de porcas lactantes e 7 a 23ºC (NOBLET et al., 1989) para a fase gestacional. Estes valores de temperatura recomendados mostram que em termos de condições climáticas brasileiras, o fator crítico principal é a exposição ao calor no interior das instalações.

Silva, Pandorfi e Piedade (2008) avaliando matrizes suínas gestantes criadas em sistema coletivo (a partir dos 45 dias de gestação) e em gaiolas durante todo o ciclo, verificaram que o sistema de criação coletivo foi o que se mostrou mais adequado às condições de conforto e bem-estar animal. Apesar dos questionamentos relacionados ao bem-estar de matrizes suínas mantidas em gaiolas individuais (CENTNER, 2010), a suinocultura industrial brasileira ainda utiliza deste sistema em todo o período de gestação ou em parte do ciclo.

É importante que pesquisas investiguem formas alternativas para o alojamento coletivo de porcas gestantes, atendendo às exigências globalmente observadas de eliminar o uso de isolamento individual em gaiolas. Neste âmbito, devem ser avaliados vários aspectos do alojamento coletivo, dentre eles, os relativos ao conforto térmico proporcionado pelos diferentes sistemas.

O uso de cama na produção de suínos tem sido visto como uma alternativa produtiva interessante, principalmente sob o ponto de vista ambiental, relacionado ao manejo dos dejetos (OLIVEIRA et al., 1999; GOULART, 1997; CORRÊA et al., 2009). Honeyman et al. (2006) apresentaram um modelo produtivo alternativo nos EUA, que emergiu a partir da crise da suinocultura, nos anos 90. Tal modelo valoriza questões ambientais e éticas e um dos aspectos preconizados é o uso de cama em diferentes fases produtivas. O uso de substratos como cama está relacionado ao bem-estar dos animais, uma vez que a cama é vista como um elemento de enriquecimento ambiental (GROENESTEIN, 2006; AVERÓS et al., 2010).

Apesar dos ganhos relacionados ao enriquecimento ambiental e aos benefícios ambientais do sistema, o uso de cama na produção de suínos apresenta questionamentos quanto ao conforto térmico proporcionado aos animais (CORDEIRO et al., 2007; MARGETA; TOLUŠIĆ; KRALIK, 2005; HIGARASHI; OLIVEIRA;

COLDEBELLA, 2008). Nos sistemas que utilizam cama, as condições microclimáticas da instalação produtiva são afetadas pelo desenvolvimento do processo de compostagem, iniciado a partir da incorporação de dejetos no leito de substrato.

No que diz respeito à fase de gestação, a proposta de utilização de cama em menores profundidades parece ser uma alternativa viável, tomando-se como base os resultados de Corrêa et al. (2009), que verificaram que na fase de crescimento terminação, o uso de uma menor profundidade de cama condiciona uma maior amplitude nas temperaturas da superfície ao longo do dia, o que pode influenciar positivamente no conforto térmico dos suínos.

Diferentes autores utilizaram medidas fisiológicas como temperatura da pele, temperatura retal e frequência respiratória, na avaliação do conforto térmico de matrizes suínas (HEITMAN; HUGHES; KELLY, 1951; OMTVEDT et al., 1971; QUINIOU; NOBLET, 1999; BROWN-BRANDL et al., 2001; WILLIAMS, 2009; ROMANINI et al., 2008; ANDERSEN et al., 2008).

O aumento da frequência respiratória é um indicativo de que as perdas de calor evaporativas se intensificaram, mecanismo que visa a manutenção da temperatura corporal, que pode ser verificada com a aferição da temperatura retal (HUYNH et al., 2006).

O aumento da temperatura retal decorrente do aumento da temperatura ambiente contribui para maximizar o gradiente entre as temperaturas do núcleo corporal e a ambiental, o que favorece as perdas de calor por condução. Além disso, a intensidade da exposição ao calor acarreta em mudança na divisão da estocagem de calor corporal do núcleo para as regiões periféricas (QUINIOU; NOBLET, 1999).

A temperatura da pele tem sido tomada como variável fisiológica indicadora do conforto térmico em suínos (LOPES et al., 1994; QUINIOU; NOBLET, 1999; SILVA, 2005, ANDERSEN et al., 2008). A intensificação da circulação periférica e o redirecionamento do fluxo sanguíneo de tecidos e órgãos para a pele é uma forma de dissipação de calor (BLACK et al., 1993). Quando a temperatura da pele se aproxima da temperatura retal, ocorre estado de vasodilatação completa, indicando estresse por calor nos animais (WILLIAMS, 2009).

Quando o gradiente de temperatura entre a superfície do animal e o ambiente é reduzido, o animal aumenta suas perdas de calor evaporativas para compensar a diminuição de suas perdas de calor na forma sensível (DESHAZER; HAHN; XIN, 2009). Desta forma, o gradiente térmico entre superfície animal e ambiente é um indicador interessante nas avaliações de estresse por calor.

A aferição da temperatura da pele tem sido tradicionalmente realizada tomando-se como instrumento básico o pirômetro de infravermelho (WILLIAMS, 2009) ou sensores de contato (ANDERSEN et al., 2008; QUINIOU; NOBLET, 1999; SILVA, 2005). Ao contrário da temperatura retal, a temperatura da pele é uma variável que, dependendo do método utilizado para aferição, pode ser obtida sem o contato com os animais.

A termografia pode ser um método de medição da temperatura da pele utilizando-se de uma câmera equipada com um detector de infravermelho, o que resulta na obtenção de termogramas. Da mesma forma que os pirômetros de infravermelho, a utilização de câmera termográfica para aferição da temperatura da pele, pode ser classificada como uma técnica não invasiva nos estudos da termorregulação animal (SPRUYT; GUAFIR; LEKEUX, 1995). Diferentes trabalhos demonstraram a utilidade da termografia de infravermelho para o estudo de processos termorregulatórios de animais (KASTELIC et al., 1996; KOTRBA et al., 2007; ZOTTI, 2010).

Este trabalho tem como premissa que a avaliação da temperatura superficial por meio da termografia de infravermelho apresenta vantagens em termos de precisão e operacionalidade, uma vez que permite o registro da temperatura de superfícies, sem contato com o objeto-alvo, além de garantir confiabilidade na aquisição da temperatura do alvo desejado.

Além das medidas baseadas no animal, como forma de expressão da condição de conforto térmico é importante que sejam monitoradas variáveis físicas do ambiente de produção. Rodrigues et al. (2011) apresentaram a entalpia específica do ar como um índice a ser utilizado para caracterizar a condição ambiental de instalações zootécnicas, considerando de forma conjunta os valores de temperatura, umidade relativa do ar e pressão atmosférica local.

Outros elementos, como o tipo de piso da instalação e sua temperatura superficial, também influenciam nos processos de troca de calor entre o animal e seu meio. O tipo

de piso pode impactar nas trocas de calor de porcas gestantes, principalmente devido ao fato destes animais permanecerem grande parte do tempo na posição deitada (VAN DE WEERD; DAY, 2009). Os processos de condução térmica, em sua maior importância àqueles decorrentes do contato dos animais com o piso da baia, compõem o balanço térmico total do animal em seu ambiente, no entanto, são dependentes de fatores como resistência térmica e capacidade calorífica das superfícies de contato (DESHAZER; HAHN; XIN, 2009).

Objetivou-se com este trabalho verificar o efeito do tipo de piso (cama de maravalha e concreto) no conforto térmico de matrizes suínas gestantes criadas em sistema totalmente em grupo e combinando gaiola e grupo. Os objetivos específicos foram:

a) Apresentar o efeito do tipo de piso nas características físicas do ambiente, incluindo temperatura, umidade relativa, entalpia específica do ar, bem como temperatura do piso de criação;
b) Avaliar o efeito do tipo de piso nos padrões de temperatura retal, temperatura de pele e frequência respiratória observados nas porcas ao longo do período gestacional;
c) Estudar o gradiente entre a temperatura de pele e a temperatura retal, como forma de verificar a condição de conforto térmico com e sem uso de cama;
d) Verificar o gradiente entre as temperaturas ambiente e de pele, como forma de estudar a condição de conforto térmico com e sem uso de cama.

3.2 Material e Métodos

A pesquisa foi realizada em uma granja comercial de ciclo completo localizada no Município de Itu, Estado de São Paulo (latitude 23º15'51" Sul, Longitude 47º17'57" Oeste e altitude de 583 metros). O trabalho compreendeu o acompanhamento de dois ciclos de gestação suína definidos como experimentos 1 e 2, em duas diferentes fases do ano: 26 de janeiro a 19 de maio de 2010 e 7 de junho a 28 de setembro de 2010, respectivamente. A realização dos dois experimentos supracitados permitiu estudar as variáveis respostas em duas condições térmicas distintas, caracterizadas pelas diferentes estações do ano.

Em cada experimento foram utilizados 216 animais no total, distribuídos em quatro tratamentos contendo 54 fêmeas divididas em três repetições. Cada repetição contou com 18 fêmeas que foram alojadas em baias coletivas. Os tratamentos foram implantados de forma a permitir a avaliação dos seguintes aspectos:

- Ciclo de gestação combinado: gaiola nos primeiros 28 dias após inseminação e baias coletivas no restante da gestação (GB) x Ciclo de gestação totalmente desenvolvido em baias coletivas (B);
- Uso de cama no sistema coletivo (CC) x Piso de concreto compacto no sistema coletivo (SC).

A distribuição dos tratamentos foi feita da seguinte maneira (Figura 1):

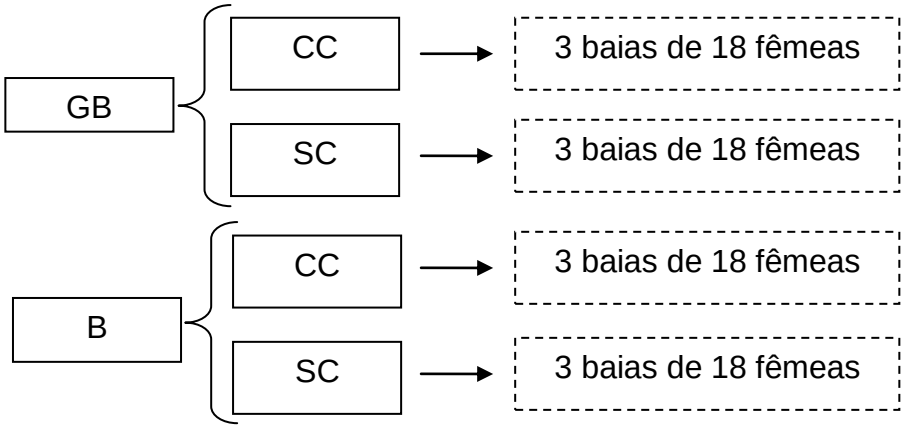

Figura 1 - Esquema ilustrativo da distribuição dos tratamentos avaliados nos experimentos 1 e 2

A estrutura adotada foi um esquema fatorial 2 x 2, com duas formas de alojamento (GB e B) e dois tipos de piso (CC e SC), de forma a integrar os tratamentos apresentados no Quadro 3.

Esquema de alojamento	Tipo de piso da baia coletiva	Denominação
Primeiros 28 dias de gestação em gaiolas individuais, com posterior transferência para baias coletivas (GB)	Cama de maravalha (CC)	GBCC
	Concreto (SC)	GBSC
Todo o período gestacional em baias coletivas (B)	Cama de maravalha (CC)	BCC
	Concreto (SC)	BSC

Quadro 3 - Estrutura de tratamentos adotada durante os experimentos 1 e 2

Os tratamentos GBSC e BSC foram desenvolvidos em um galpão (Figura 2a) e GBCC e BCC em outro (Figura 2b), sendo as duas instalações distantes entre si, em aproximadamente 100 m.

(a) (b)

Figura 2 - Imagem ilustrativa da visão interna dos galpões utilizados no experimento – (a) Galpão com piso de concreto (tratamentos GBSC e BSC), e (b) Galpão com uso de cama (GBCC e BCC)

Ambos os galpões utilizados eram de tipologia construtiva semelhante e a disposição das baias experimentais foi a mesma. Os galpões utilizados possuíam pé-direito de 3 m e as baias experimentais eram de dimensões de 4 x 11,5 m, totalizando uma área aproximada de 46 m^2, o que proporcionou uma taxa de lotação de 2,5 m^2/porca. Internamente, as baias eram divididas por cabos de aço (arames de aço galvanizado enrolados na forma de hélice). Os comedouros de concreto eram contínuos, em um dos sentidos longitudinais da baia, com largura aproximada de 0,5 m. Os bebedouros do tipo chupeta localizavam-se acima da linha de comedouro.

Os tratamentos GBCC e BCC diferiam em termos de ambiente produtivo em relação aos tratamentos GBSC e BSC. Nos tratamentos GBCC e BCC, os animais foram alojados sobre uma camada de 0,25 m de maravalha seca oriunda do beneficiamento de madeiras da própria propriedade em que o experimento foi realizado. Por outro lado, os tratamentos GBSC e BSC não contavam com adição de cama nas baias, sendo os animais alojados em piso de concreto compacto. Para escoamento dos dejetos, as baias dos tratamentos GBSC e BSC possuíam declividade e calhas na direção longitudinal, no lado oposto aos comedouros.

Nos tratamentos que não contavam com a existência de cama (GBSC e BSC) as baias passavam por limpeza diária que consistia na raspagem dos dejetos existentes, prioritariamente na área suja da baia. Em todos os tratamentos, o arraçoamento seguia o mesmo padrão, de forma que os animais recebiam alimento sólido no período matutino, aproximadamente às 7h00min. A ração era depositada nos comedouros calculando-se uma média de ingestão diária de 2,5 kg por fêmea.

Nos tratamentos GBSC e GBCC, as porcas foram agrupadas nas baias experimentais aos 28 dias de gestação. No período anterior a este, permaneceram alojadas em galpões distintos, em gaiolas individuais, período este não monitorado. Diferentemente, nos tratamentos BSC e BCC, as porcas foram alojadas após cinco dias, em média, da aplicação da 3ª dose do processo de inseminação artificial. Em todos os tratamentos, as fêmeas permaneceram no ambiente experimental até o período de uma semana antecedente à data prevista do parto.

Os experimentos 1 e 2 diferiram em relação à forma de seleção dos animais, no que diz respeito à experiência reprodutiva prévia. No experimento 1 foram selecionados apenas animais de 1, 2 e 3 partos prévios, de forma a controlar o efeito da ordem de parto na resposta dos animais em termos de variáveis fisiológicas avaliadas. No experimento 2, as fêmeas escolhidas obedeceram a sequência produtiva da granja, com a escolha aleatória de animais no que diz respeito à ordem de parto. As informações de ordem de parto foram registradas e consideradas co-variáveis na análise dos dados, permitindo uma comparação equilibrada entre os tratamentos estudados.

Em ambos os experimentos, foram realizadas avaliações em períodos de três dias consecutivos, distribuídos ao longo do ciclo de gestação. No experimento 1 foram executados 8 períodos de avaliação para os tratamentos BSC e BCC, e quatro períodos de avaliação para os tratamentos GBSC e GBCC. No experimento 2, foram realizados 8 períodos de avaliação para os tratamentos BSC e BCC e cinco períodos, para os tratamentos GBSC e GBCC. Em ambos os experimentos, o número de períodos de avaliações dos tratamentos GBSC e GBCC foi menor em função das variáveis estudadas terem sido analisadas apenas durante o alojamento em grupo, que no caso dos referidos tratamentos, teve menor duração.

Os períodos compostos de três dias consecutivos de análises foram intercalados por intervalos de aproximadamente 9 dias. Deste modo, permitiu-se uma análise sistêmica das variáveis ao longo de todo o período gestacional. As avaliações foram realizadas em três horários do dia (7h30min, 12h00min e 16h30min).

3.2.1 Avaliação das variáveis físicas do ambiente

3.2.1.1 Temperatura e umidade relativa do ar

As variáveis climáticas adotadas foram temperatura (ºC) e umidade relativa do ar (%), registradas durante todo o período experimental (experimentos 1 e 2), por meio de sensores *dataloggers* da marca HOBO® (faixa de operação de -20ºC a +50ºC e 0 a 95% para temperatura e umidade relativa do ar, respectivamente), instalados em um ponto central das baias experimentais, a uma altura de 1,5 m. Foram instalados dois equipamentos, um em cada galpão, de forma a registrar medidas concomitantes para os tratamentos sem cama (GBSC e BSC) e com cama (GBCC e BCC).

Foram registrados os valores de temperatura e umidade relativa do ar em intervalos de 10 minutos. A partir de então, os dados foram trabalhados, calculando-se a média em cada horário de avaliação fisiológica. Desta forma, procurou-se estimar o efeito das variáveis climáticas sobre a resposta fisiológica dos animais submetidos aos diferentes tratamentos. Para tanto, foram calculados os valores médios de temperatura e umidade relativa do ar durante o período de realização das aferições fisiológicas: 7h30min, 12h00min e 16h30min (denominados neste trabalho como manhã, meio dia e tarde, respectivamente).

Com os dados microclimáticos registrados, foram calculados os valores de entalpia específica do ar (kJ/kg de ar seco) como variável de avaliação do ambiente térmico dos galpões, conforme eq. (1) proposta por Rodrigues et al. (2011).

$$h = 1{,}006.t + \frac{UR}{pb}.10^{(7{,}5.t/237{,}3+t)}.(71{,}28 + .0{,}052.t) \qquad (1)$$

Sendo,

h = Entalpia específica do ar (kJ/kg de ar seco)

t = Temperatura de bulbo seco (ºC)

UR = Umidade relativa do ar (%)

pb = Pressão barométrica local (considerado o valor de 758mmHg)

Para efeito da caracterização microclimática geral, foram elaboradas análises descritivas das temperaturas de bulbo seco, umidades relativas e entalpias específicas (médias, máximas e mínimas) obtidas ao longo dos períodos 1 a 8, de cada um dos experimentos (1 e 2).

3.2.1.2. Avaliação da temperatura do piso

Em ambos os experimentos, foram realizadas avaliações da temperatura superficial (°C) do piso (cama e piso de concreto), em períodos de três dias consecutivos, distribuídos ao longo do ciclo de gestação, tomando-se como base três horários do dia, conforme já descrito. As avaliações foram realizadas em dois pontos pré-definidos da baia (um ponto na área limpa e um ponto na área suja), anteriormente às avaliações fisiológicas.

Para as avaliações das temperaturas superficiais do piso foi utilizada uma câmera termográfica da marca FLUKE®, modelo TI25, com ajuste automático (Figura 3). As imagens termográficas foram registradas a uma distância de 1 m, mantendo-se um ângulo de 90º da superfície de interesse. Esta distância foi estabelecida de forma a permitir o ajuste adequado do foco da imagem, o que garantiu confiabilidade nas leituras de temperatura.

Posteriormente, as imagens foram analisadas utilizando-se o *software* SMARTVIEW®, a partir da seleção da caixa central de cada imagem (procedimento automático do programa). Desta forma, foram calculados os valores de temperatura média de cada imagem, com a adoção de valores de emissividade de 0,75 e 0,95 para a superfície de cama e concreto, respectivamente (OMEGA ENGINEERING INC, 2007).

Figura 3 - Câmera termográfica FLUKE®, modelo TI25 utilizada durante o experimento

Na Figura 4 são ilustradas imagens termográficas das superfícies de piso, onde também podem ser observadas as caixas centrais, com o cálculo das temperaturas média, máxima e mínima (dados ilustrativos). Foram utilizados neste trabalho, apenas os valores médios apresentados nos termogramas.

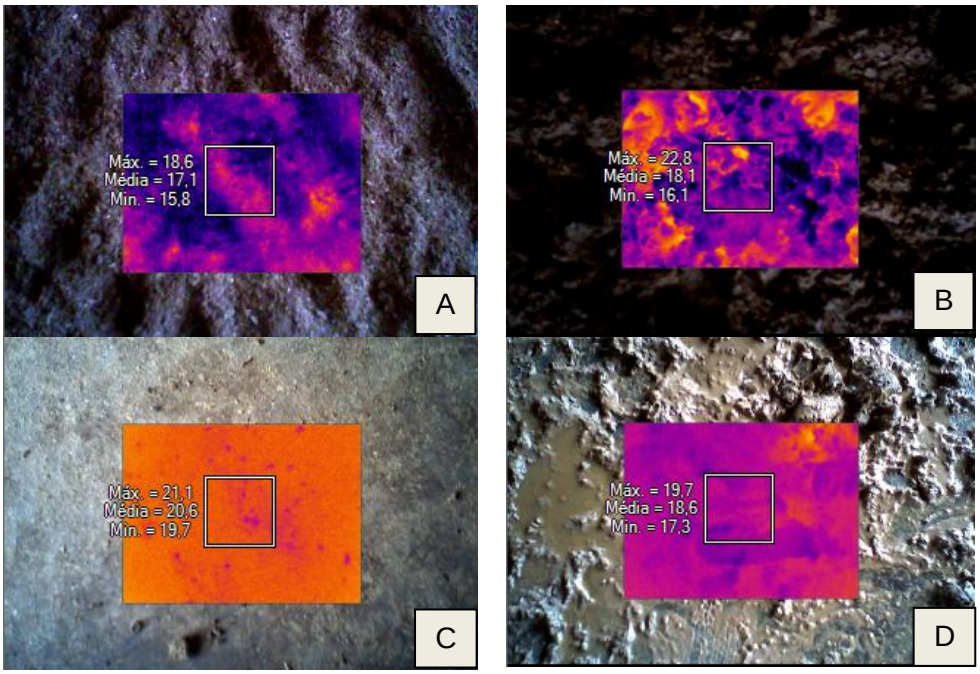

Figura 4 - Imagens termográficas das superfícies de piso, com a caixa central e valores de temperatura (média, máxima e mínima), (A) Cama, área limpa, (B) Cama, área suja, (C) Concreto, área limpa e (D) Concreto, área suja

3.2.1.3 Estimativa da troca de calor com o piso

Foi utilizado o modelo teórico apresentado por Fialho et al. (2004), para cálculo da estimativa da taxa de perda de calor para o piso, nos sistemas contendo cama de maravalha e piso de concreto, durante o experimento 1 (eq. 2).

$$q_p = \frac{(Ct * Cp)}{(Ct + Cp)} * (Tc - Tp) \quad (2)$$

Sendo:

q_p: Taxa de perda de calor condutivo com o piso (W/m^2)

Ct: Coeficiente de transferência de calor dos tecidos periféricos (W/m^2.°C)

Cp: Condutância térmica do piso (W/m^2.°C)

Tc: Temperatura corporal (°C)

Tp: Temperatura do piso (°C)

O valor estimado de Ct foi obtido por meio da eq. (3), proposta por Bruce e Clark (1979), considerando animais em estresse por calor e, portanto, em condição de vasodilatação periférica.

$$Ct = 200 * \frac{Wkg^{0,33}}{m^2 °C} * P_c^{-0,33} \quad (3)$$

Sendo,

P_c: Peso corporal, estimado em 170kg

Para cálculo dos valores de condutância térmica do piso (Cp) foi utilizada a eq. (4), considerando-se os valores de Cp_0 (fatores de condutância térmica) de 10,16 e 1,78 W.kg$^{1/3}$/m^2.°C para concreto e cama de palha (extrapolado para cama de maravalha), respectivamente (FIALHO et al., 2004).

$$Cp = \frac{Cp_0}{P_c^{1/3} * kf * N^{1/2}} \quad (4)$$

Sendo,

Kf: Fração da pele em contato com o piso

N: Número de animais no grupo

Para o cálculo de Cp, considerou-se que o animal, quando deitado lateralmente apresenta 20% do seu corpo em contato com o piso (TURNPENNY et al., 2000), de forma a assumir o valor de 0,2 para kf na eq. (4). Além disso, considerou-se N=1, uma vez que quando em condição de estresse por calor, os animais não possuem o hábito de aglomeração.

3.2.2 Avaliação das variáveis fisiológicas

Em ambos os experimentos, foram consideradas as variáveis fisiológicas: temperatura de pele, temperatura retal e frequência respiratória. O esquema de avaliações seguiu o protocolo descrito anteriormente.

As avaliações foram realizadas aferindo-se a frequência respiratória, temperatura retal e temperaturas superficiais (nesta ordem) de um animal por baia, em três horários do dia: manhã (a partir das 7h30min), meio-dia (a partir das 12h00min) e tarde (a partir das 16h30min). Durante o experimento 1, nos períodos de análise (compostos de três dias) foram tomadas avaliações de porcas de 1 parto prévio (1º dia), 2 partos prévios (2º dia) e 3 partos prévios (3º dia), mantendo-se os mesmos animais ao longo de todo o período experimental. No experimento 2, outras porcas foram selecionadas, aleatoriamente em relação à ordem de parto, no entanto, as mesmas porcas foram analisadas ao longo dos 3 dias de cada período, assim como em todo o período experimental.

3.2.2.1 Temperatura da pele

Para avaliação da temperatura da pele foram utilizadas imagens termográficas dos animais, que possibilitaram a análise de cinco diferentes regiões da superfície corporal, assim denominadas: (A) Cabeça, (B) Paleta, (C) Lombo, (D) Pernil e (E) Patas traseiras (Figura 5).

As imagens foram feitas utilizando-se de um termovisor de infra-vermelho da marca FLUKE, modelo Ti25, adotando-se a emissividade de 0,98, conforme a recomendação do fabricante para aferição de temperatura de tecidos biológicos. No momento do registro, o termovisor foi mantido a uma distância de aproximadamente 2 m do animal. Esta distância permitiu registrar a região de interesse, garantindo-se o foco ajustado, o

que é imprescindível para a leitura correta da temperatura superficial, conforme especificações do equipamento.

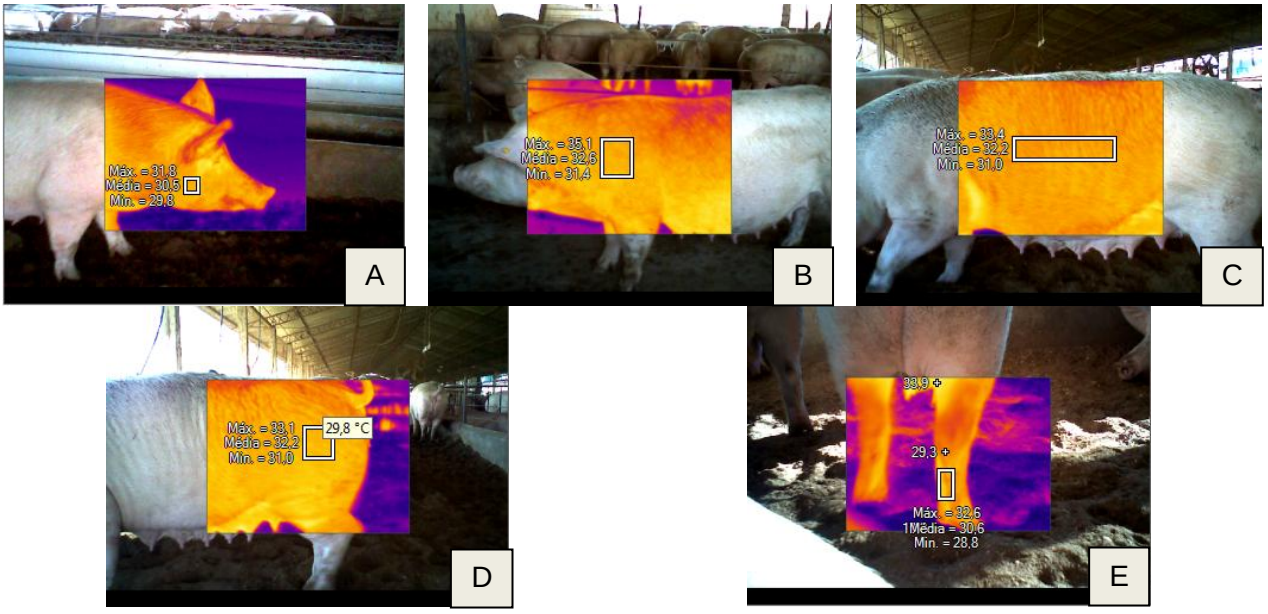

Figura 5 - Sequência de imagens termográficas registradas – Cabeça (A), paleta (B), lombo (C), pernil (D) e patas traseiras (E)

As imagens termográficas foram posteriormente analisadas utilizando-se do *software* SMARTVIEW®. Para tanto, foram selecionados manualmente quadrados (no caso da região da cabeça e pernil) e retângulos (no caso da paleta, lombo e patas traseiras), de forma a tornar a parcela selecionada representativa da região em análise. Em seguida, foram calculados os valores de temperatura média das parcelas selecionadas.

3.2.2.2 Temperatura retal

Para a medida de temperatura retal, foi realizada aferição por meio de termômetro clínico digital, inserindo-se o mesmo a uma profundidade de dois cm do reto do animal, até que a estabilização acontecesse, com a emissão de sinal sonoro. Não foi necessário conter as fêmeas para este procedimento, encontrando-se um número relativamente pequeno de fêmeas que não permitiram o procedimento, sendo estes considerados como parcelas perdidas.

3.2.2.3 Frequência respiratória

A frequência respiratória foi aferida por meio da contagem direta durante o período de 20 segundos, realizando-se a extrapolação para um minuto (número de movimentos/minuto).

3.2.3 Modelos estatísticos

Para análise da influência do uso de cama nas variáveis resposta, foi utilizado um modelo linear geral com a estrutura descrita na eq. (5) (RENCHER; SCHAALJE, 2008):

$$\mathbf{Y} = \mu + \mathbf{P\pi} + \mathbf{X\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}, \quad (5)$$

Sendo $\mathbf{Y}$ uma variável contendo medidas das respostas de interesse, μ representou um efeito de média geral para todas as observações, $\boldsymbol{\pi}$ é um vetor de efeitos das variáveis indicadoras do período de avaliação contidas na matriz $\mathbf{P}$ e $\boldsymbol{\beta}$ é o vetor de efeitos dos demais fatores estudados. O vetor $\boldsymbol{\varepsilon}$ foi assumido ter distribuição normal, com vetor de média $\mathbf{0}$ e matriz de variâncias e covariâncias $\mathbf{I}\sigma^2$. O fator período foi considerado em todos os modelos relativos às variáveis resposta, com o objetivo de reduzir o efeito dos diferentes momentos em que as avaliações foram realizadas. Utilizou-se do procedimento MIXED do sistema SAS® para testar a existência de correlação entre as baias e, também entre as porcas. Não foram identificadas tais correlações e, portanto, foi utilizado o procedimento GLM, que ajusta modelos lineares gerais aos dados.

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Variáveis físicas do ambiente

3.3.1.1 Caracterização microclimática geral – Experimentos 1 e 2

O experimento 1 caracterizou-se por um período crítico em termos de calor, considerando-se as faixas de conforto de porcas em fase reprodutiva (NOBLET et al. 1989; MOURA, 1999). Nos períodos 1, 2, 4 e 5, os valores de entalpia específica do ar apresentaram-se acima dos índices máximos toleráveis (Figuras 6D e 6E).

Os dados referentes ao microclima durante o experimento 1 (Figura 6) indicam que as porcas utilizadas durante esta fase foram expostas a desafios ambientais intensos.

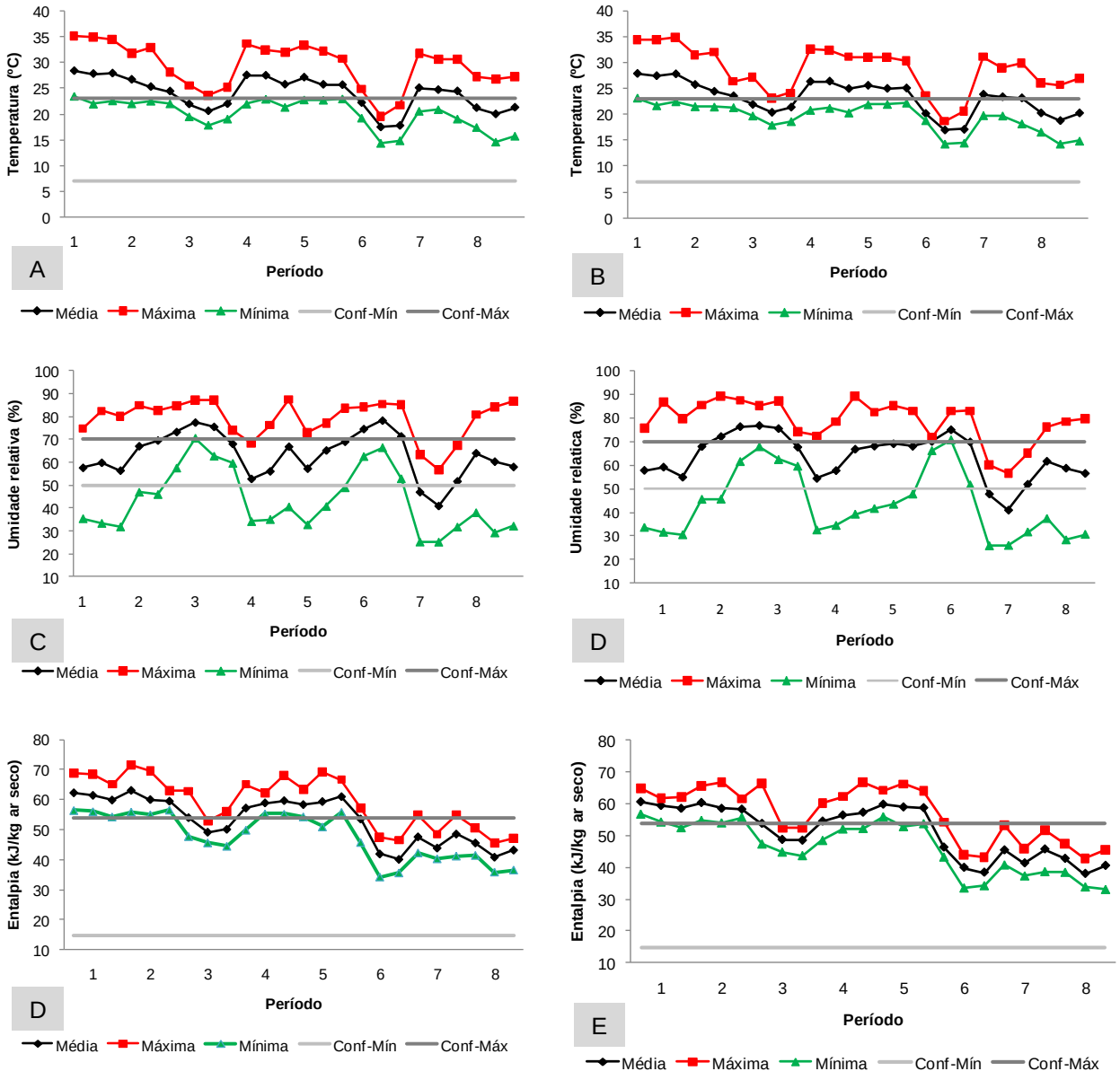

Figura 6 – Valores médios, máximos e mínimos da temperatura (ºC) (A, nos tratamentos com cama e B, nos tratamentos sem cama), umidade relativa (%) (C, nos tratamentos com cama e D, nos tratamentos sem cama) e entalpia específica (kJ/kg de ar seco) (E, nos tratamentos com cama e F, nos tratamentos sem cama) durante os períodos de avaliação do experimento 1

Diferentemente do observado no primeiro experimento, no experimento 2 foram registradas condições menos críticas em termos de estresse por calor (Figura 7).

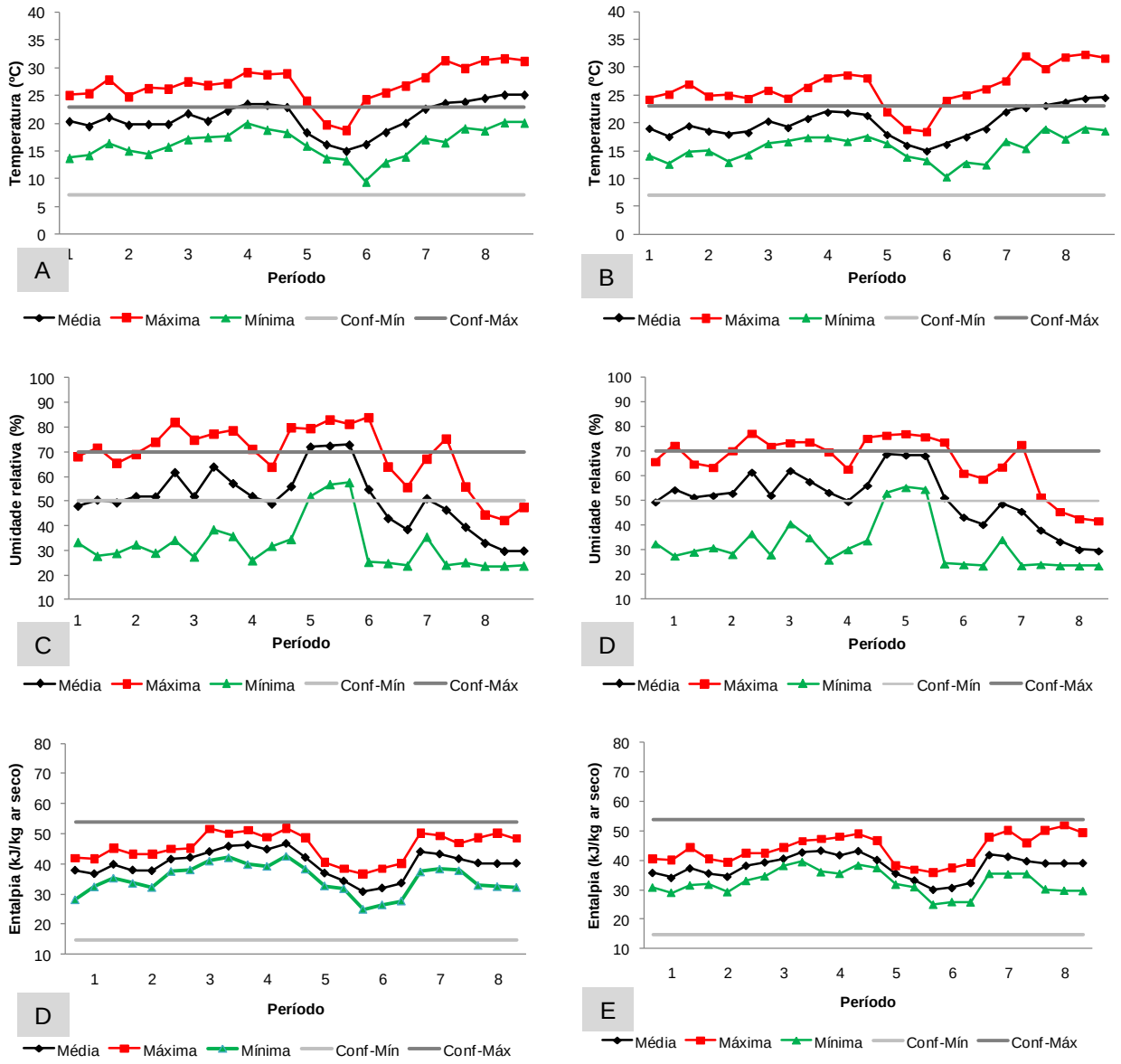

Figura 7 - Valores médios, máximos e mínimos da temperatura (ºC) (A, nos tratamentos com cama e B, nos tratamentos sem cama), umidade relativa (%) (C, nos tratamentos com cama e D, nos tratamentos sem cama) e entalpia específica (kJ/kg de ar seco) (E, nos tratamentos com cama e F, nos tratamentos sem cama) durante os períodos de avaliação do experimento 2

Na maioria dos períodos de avaliação, os valores médios diários dos indicadores físicos utilizados permaneceram dentro das faixas consideradas adequadas para porcas em fase reprodutiva. Os períodos 7 e 8 foram os únicos que registraram os valores médios de temperatura de bulbo seco (Figuras 7A e 7B) e umidade relativa (Figuras 7C e 7D) fora das condições ideais propostas por Noblet et al. (1989) e Moura (1999). No

entanto, os valores de entalpia específica média do ar apresentaram-se dentro da faixa estimada de conforto térmico em todos os períodos avaliados.

3.3.1.2 Experimento 1: Variáveis físicas do ambiente

Durante o experimento 1, o modelo linear geral para temperatura média do ar (TMar) foi significativo (P<0,0001) e explicou 84,55% da variação da TMar. Os efeitos significativos foram período (P<0,0001), presença de cama (P<0,0001) e horário de avaliação (P<0,0001).

A presença de cama provocou um aumento de 1,14 ºC na temperatura média do ar (Tabela 1). Cordeiro et al. (2007) também encontraram diferenças nas características térmicas do ambiente de criação, utilizando cama sobreposta (0,5 m) de casca de arroz e maravalha, bem como piso de concreto no período inicial da fase de crescimento-terminação. Estes autores utilizaram uma maior profundidade de cama, no entanto, de forma similar verificou-se que a presença de cama tornou mais crítica a condição térmica do ambiente de criação, que no caso deste trabalho foi caracterizada pelo aumento dos valores do índice de temperatura de globo negro e umidade.

Tabela 1 – Temperatura média do ar nos tratamentos com e sem uso de cama durante o experimento 1

Tratamentos	Temperatura média do ar (ºC)
Com cama	25,97a
Sem cama	24,83b

[a,b]Médias seguidas de letras distintas diferem pelo teste de Tukey-Kramer (p<0,05)

Corrêa et al. (2009) não encontraram diferenças nas variáveis térmicas (temperatura e umidade relativa do ar), medidas em diferentes baias do mesmo galpão produtivo, contendo cama de casca de arroz em duas profundidades (0,25 e 0,5 m) e piso de concreto. Esta dissonância observada entre os dados deste presente trabalho e os oriundos de Corrêa et al. (2009) pode estar relacionada ao fato dos tratamentos terem sido realizados em galpões distintos, gerando diferença no microclima avaliado.

Nos tratamentos com e sem cama, os valores médios de temperatura do ar (Tabela 1) apresentaram-se acima da faixa recomendada para porcas em gestação (7 a 23ºC)

(NOBLET et al., 1989), o que caracteriza o experimento 1 como um período de grande desafio térmico aos animais, em termos de estresse por calor.

O efeito de horário de avaliação está apresentado na Tabela 2. O horário do meio dia caracterizou-se como o mais crítico em termos de calor, seguido da tarde e da manhã.

Tabela 2 - Temperatura média do ar nos horários da manhã, meio dia e tarde, durante o experimento 1

Horário	**Temperatura média do ar (ºC)**
Manhã	21,91c
Meio dia	27,61a
Tarde	26,68b

[a,b,c]Médias seguidas de letras distintas diferem pelo teste de Tukey-Kramer (p<0,05)

Com relação à umidade relativa do ar (UR) durante o experimento 1, o modelo linear geral foi significativo (P<0,0001) e explicou 78,90% da variação da UR. Verificou-se efeito significativo apenas para período (P<0,0001) e horário de avaliação (P<0,0001). Não havendo efeito significativo (P>0,05) dos tratamentos avaliados na umidade relativa do ar, que apresentou valor médio de 56,91%.

A análise da entalpia específica média do ar no experimento 1, baseou-se no modelo significativo (P<0,0001) que explica 85,82% da variação desta medida. Foram observados efeitos significativos de período (P<0,0001), presença de cama (P<0,0001) e horário (P<0,0001).

Tabela 3 – Entalpia específica média do ar nos tratamentos com e sem uso de cama durante o experimento 1

Tratamentos	**Entalpia específica média do ar (kJ/kg de ar seco)**
Com cama	55,25a
Sem cama	52,88b

[a,b]Médias seguidas de letras distintas diferem pelo teste de Tukey-Kramer (p<0,05)

Baseado nos valores de temperatura propostos por Noblet et al. (1989) e adotados por Silva, Pandorfi e Piedade (2008) (7 a 23ºC) e umidade relativa proposta por Moura

(1999) (50 a 70%), a faixa de entalpia específica do ar recomendada para matrizes gestantes fica entre 14,79 e 53,92 kJ/kg de ar seco. A adoção desta faixa de conforto mostra que os tratamentos com cama (Tabela 3) apresentaram valores médios de entalpia específica do ar acima do recomendado para matrizes suínas gestantes.

Da mesma forma que verificado para a variável temperatura média do ar, os valores de entalpia específica foram diferentes nos três horários de avaliação (Tabela 4), com maiores valores no horário do meio dia.

Tabela 4 – Entalpia específica média do ar nos horários da manhã, meio dia e tarde, durante o experimento 1

Horário	**Entalpia específica média do ar (kJ/kg de ar seco)**
Manhã	52,33c
Meio dia	56,11a
Tarde	53,74b

[a,b,c]Médias seguidas de letras distintas diferem pelo teste de Tukey-Kramer (p<0,05)

No que diz respeito aos valores de temperatura média do piso (área suja), o modelo gerado (P<0,0001) explicou 74,75% da variação desta medida. Foram observados efeitos significativos de período (P<0,0001), presença de cama (P<0,0001) e horário (P<0,0001).

Os valores médios da temperatura superficial do piso (área suja) dos tratamentos com e sem cama estão apresentados na Tabela 5. Na área suja a presença de cama aumentou a temperatura média do piso em 2,61ºC. A cama presente nas baias de criação implica na existência de um material seco, capaz de absorver fezes e urina de forma progressiva ao logo do ciclo produtivo (OLIVEIRA et al., 1999). Por outro lado, no piso de concreto a área suja da baia apresentou-se úmida na maior parte do tempo o que pode explicar os menores valores de temperatura desta superfície.

Tabela 5 – Temperatura média do piso (área suja) nos tratamentos com e sem uso de cama durante o experimento 1

Tratamentos	Temperatura média do piso – Área suja (ºC)
Com cama	26,13a
Sem cama	23,52b

[a,b]Médias seguidas de letras distintas diferem pelo teste de Tukey-Kramer (p<0,05)

Os resultados de temperatura média do piso sujo são importantes na avaliação do conforto térmico nos sistemas com e sem uso de cama. Em situação de calor, o piso pode ser uma importante via de dissipação de calor, tanto com relação ao material de que é constituído, como pela umidade existente sobre sua superfície (CLOSE, 1981). Recente revisão de literatura sobre o hábito de chafurdação dos suínos apresentou este padrão comportamental como importante nos processos termorregulatórios de suínos (BRACKE, 2011). Assim, existe a necessidade de questionar até que ponto a restrição de ambientes úmidos nos sistemas de cama é interessante sob o ponto de vista do bem-estar animal, em especial em períodos de alta entalpia do ar.

Por outro lado, deve-se considerar que a utilização de menores profundidades de cama reduziu a diferença entre a temperatura da superfície de cama e a de concreto. Cordeiro et al. (2007) avaliaram a temperatura superficial do piso de baias de criação de suínos submetidos a sistemas de piso de concreto e cama profunda de maravalha. Foram verificadas maiores temperaturas de piso nos sistemas com uso de cama. Estes autores apresentaram uma diferença de temperatura entre a superfície de maravalha e a de concreto de 4,42ºC, valor que é superior aos dados desta pesquisa (2,61ºC).

O efeito de horário de avaliação na temperatura de piso (área suja) é apresentado na Tabela 6. O valor médio da temperatura do piso na área suja é maior ao meio dia, seguido dos horários da tarde e da manhã, mostrando a mesma tendência já verificada da temperatura e entalpia específica do ar.

Tabela 6 – Temperaturas médias do piso (área suja) nos horários da manhã, meio dia e tarde, durante o experimento 1

Horário	Temperatura do piso (área suja) (ºC)
Manhã	23,20c
Meio dia	26,02a
Tarde	25,26b

[a,b,c]Médias seguidas de letras distintas diferem pelo teste de Tukey-Kramer (p<0,05)

Para os valores de temperatura média do piso (área limpa), gerou-se o modelo (P<0,0001) que explicou 64,72% da variação desta medida. Foram observados efeitos significativos de período (P<0,0001), sistema de alojamento (GB e B) (P=0,0231), presença de cama (P=0,0045), horário (P<0,0001) e a interação entre presença de cama e horário (P=0,0135).

A interação entre a presença de cama e o horário de observação está apresentada na Tabela 7 e Figura 8. Diferentemente dos horários da manhã e meio dia, foi observado efeito do uso de cama (P<0,05) na diminuição da temperatura do piso (área limpa) no horário da tarde, não sendo observadas diferenças nos outros horários de avaliação.

Tabela 7 – Temperaturas médias do piso (área limpa) nos tratamentos com e sem cama, nos três horários de avaliação (manhã, meio dia e tarde) durante o experimento 1

Horário	Tratamento	Temperatura média do piso (área limpa) (ºC)
Manhã	Com cama	25,18
	Sem cama	25,54
Meio dia	Com cama	29,18
	Sem cama	29,14
Tarde	Com cama	27,23
	Sem cama	28,50

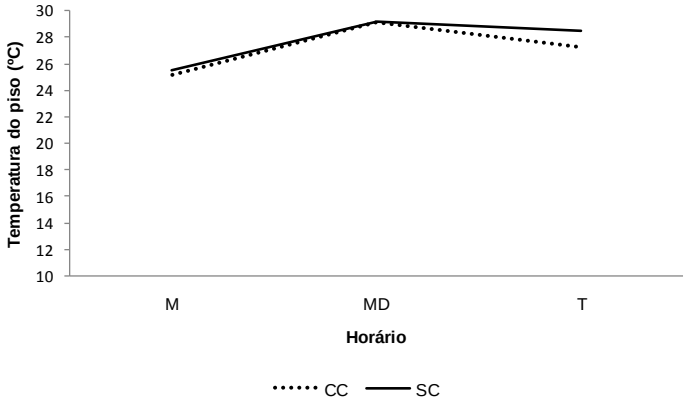

Figura 8 – Variação da temperatura média do piso, na área limpa, nos três horários de avaliação (manhã – M, meio dia – MD e tarde – T), nos tratamentos com (CC) e sem (SC) cama, ao longo do experimento 1

De forma associada à temperatura obtida na superfície do piso, nas áreas limpa e suja, as características do material (concreto ou maravalha) tiveram influência nas dinâmicas de troca de calor entre a superfície do animal e o piso.

Com a finalidade de analisar o efeito da presença de cama nas dinâmicas de troca de calor com o piso, foram utilizados os dados obtidos do experimento 1 e a equação apresentada por Fialho et al. (2004). Desta forma, foi calculada a taxa de perda de calor para o piso por meio de condução, permitindo estimar o efeito do tipo de material de piso (cama de maravalha ou concreto) no balanço de calor de matrizes suínas em gestação.

Optou-se por realizar o cálculo da perda de calor para o piso no experimento 1, fase mais crítica em termos de calor, utilizando o valor de Ct (coeficiente de transferência de calor dos tecidos periféricos, $W/m^2/°C$) calculado por meio da eq. 3, modelo que considera o animal em estresse por calor (estado de vasodilatação periférica). Além disso, os cálculos consideraram o animal na posição deitada lateralmente, condição denominada de “extendida” por Turnpenny et al. (2000), na qual uma maior área de superfície de pele (20%) entra em contato com o piso.

A Tabela 8 apresenta os valores de q_p (taxa de perda de calor condutivo com o piso, em W/m^2), bem como os principais valores utilizados para sua estimativa.

Tabela 8 – Taxa de perda de calor condutivo com o piso (q_p) e variáveis utilizadas no cálculo para piso de concreto e cama de maravalha, nas áreas limpa e suja durante o experimento 1

Variável	Concreto		Cama de maravalha	
	Área limpa	Área suja	Área limpa	Área suja
Cp[1] ($W/m^2/°C$)	9,33	9,33	1,63	1,63
Ct[2] ($W/m^2/°C$)	36,73	36,73	36,73	36,73
Tc[3] (°C)	33,85	33,85	34,29	34,29
Tp[4] (°C)	29,14	23,52	29,18	26,13
q_p (W/m^2)	35,04	76,84	7,99	12,77

[1] Condutância do material do piso
[2] Coeficiente de transferência de calor dos tecidos periféricos;
[3] Temperatura corporal estimada pela temperatura do lombo média, obtida nos diferentes tratamentos
[4] Temperatura do piso média nos diferentes tratamentos, conforme o caso, nas áreas limpa e suja

Os valores de Cp (condutância do material do piso) nas áreas limpa e suja foram considerados os mesmos tanto para o concreto como para a maravalha, por não existirem valores de referência desta variável para o ambiente umedecido.

Para cada uma das diferentes situações em que o animal troca calor por meio da pele (em contato com o piso, com o ar na sombra ou exposta ao sol), as dinâmicas de transferência de calor dependem de uma série de fatores, alguns controlados por mecanismos fisiológicos e, outros, diretamente relacionados ao ambiente imposto (FIALHO et al., 2004). As estimativas de perda de calor condutivo com o piso de concreto (Tabela 8) foram 77,2 e 83,3% maiores em relação à maravalha, nas áreas limpa e suja, respectivamente.

O tipo de piso determina a dinâmica das perdas condutivas de calor enquanto o animal está deitado (CLOSE, 1981), uma vez que diferentes materiais possuem diferentes propriedades físicas (DESHAZER; HAHN; XIN, 2009). Os valores de q_p calculados para os dois tipos de piso avaliados, nas áreas suja e limpa (Tabela 8) corroboram com estas afirmações e ajudam a explicar as respostas fisiológicas indicadoras de estresse por calor, nos diferentes ambientes avaliados que serão apresentados adiante.

3.3.1.3 Experimento 2: Variáveis físicas do ambiente

O modelo ajustado para a temperatura média do ar durante o experimento 2 foi significativo (P<0,0001), explicando 87,26% da variação desta variável. Verificaram-se os efeitos significativos de período (P<0,0001), presença de cama (P<0,0001), horário (P<0,0001) e a interação entre presença de cama e horário (P<0,0001).

Na Tabela 9 estão apresentados os valores de temperatura média do ar nos tratamentos com e sem cama, nos três horários de avaliação. A interação observada entre a presença de cama e o horário da medida está ilustrada na Figura 9.

Nos horários da manhã e do meio dia, a temperatura média do ar apresentou-se maior nos tratamentos com cama. No período da tarde, houve uma inversão deste cenário, com a ocorrência de maiores valores de temperatura do ar no tratamento sem cama (P<0,05).

Tabela 9 - Temperaturas médias do ar nos tratamentos com e sem cama, nos três horários de avaliação (manhã, meio dia e tarde) durante o experimento 2

Horário	Tratamento	Temperatura média do ar (ºC)
Manhã	Com cama	19,41
	Sem cama	17,92
Meio dia	Com cama	25,80
	Sem cama	24,35
Tarde	Com cama	24,14
	Sem cama	24,82

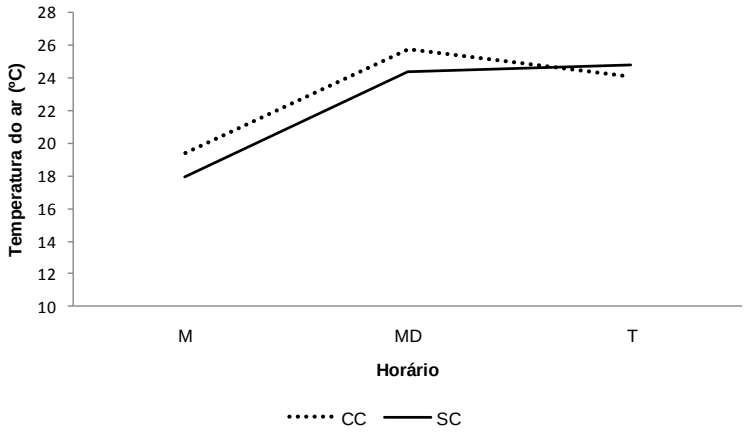

Figura 9 - Variação da temperatura média do ar nos três horários de avaliação (manhã – M, meio dia – MD e tarde – T), nos tratamentos com (CC) e sem (SC) cama, ao longo do experimento 2

Nos horários do meio dia e tarde, os tratamentos com e sem cama apresentaram valores médios de temperatura do ar acima do recomendado para matrizes suínas (NOBLET et al., 1989).

O padrão de temperatura durante a criação de porcas gestantes é um dos principais fatores ambientais que influenciam os indicadores reprodutivos (SCHWARZ; NOWICKI; TUZ, 2009). Os dados apresentados na Tabela 9 e Figura 9 mostram que na região aonde o estudo foi realizado, até mesmo em estações consideradas mais frias (experimento 2), os animais são submetidos a condições de estresse por calor em grande parte do dia que podem influenciar nos indicadores reprodutivos do plantel.

Para a variável umidade relativa do ar no experimento 2, desenvolveu-se um modelo ($P<0,0001$), com a inclusão dos seguintes efeitos que se mostraram significativos: período ($P<0,0001$), presença de cama ($P=0,6015$), horário ($P<0,0001$) e a interação entre presença de cama e horário ($P<0,0001$).

Tabela 10 – Umidades relativas do ar nos tratamentos com e sem cama, nos três horários de avaliação (manhã, meio dia e tarde) durante o experimento 2

Horário	Tratamento	Umidade relativa do ar (%)
Manhã	Com cama	58,58
	Sem cama	61,33
Meio dia	Com cama	34,79
	Sem cama	36,39
Tarde	Com cama	40,36
	Sem cama	35,49

Da mesma forma que observado na variável temperatura média do ar, ocorreu também uma inversão do cenário no período da tarde, no que diz respeito à umidade relativa do ar (Tabela 10 e Figura 10). Os valores de umidade relativa foram maiores no tratamento sem cama no período da manhã, não diferindo no horário do meio dia. A tarde, os tratamentos com cama apresentaram maiores valores desta variável (P<0,05).

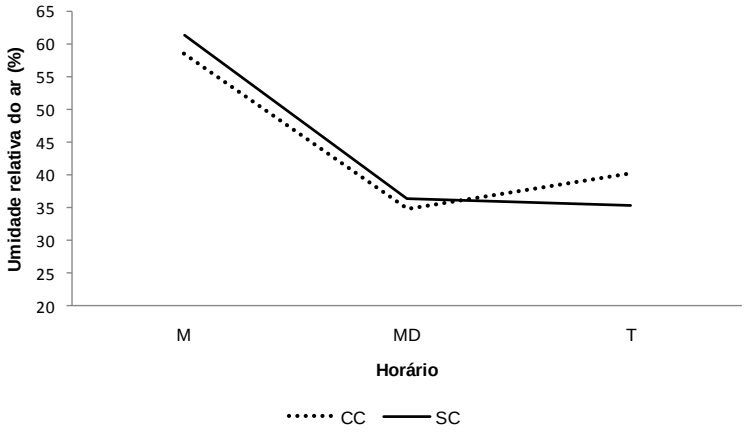

Figura 10 - Variação da umidade relativa do ar (%) nos três horários de avaliação (manhã – M, meio dia MD e tarde – T), nos tratamentos com (CC) e sem (SC) cama, ao longo do experimento 2

O modelo (P<0,0001) ajustado para a variável entalpia específica do ar, no experimento 2 considerou os efeitos de período (P<0,0001), sistema de alojamento (GB e B) (P=1,0), presença de cama (P<0,0001), horário (P<0,0001) e as interações entre presença de cama e horário (P<0,0001) e entre sistema de alojamento e horário (P=0,004). Este modelo é ajustado para explicar 77,42% da variação da entalpia específica do ar.

Os valores de entalpia específica média do ar (Tabela 11) apresentaram-se superiores nos tratamentos com cama, nos três horários (P<0,05), no entanto, no período da tarde, houve uma redução da diferença observada entre os tratamentos (Figura 11).

Tabela 11 – Entalpias específicas médias do ar nos tratamentos com e sem cama, nos três horários de avaliação (manhã, meio dia e tarde) durante o experimento 2

Horário	Tratamento	Entalpia específica média do ar (kJ/kg de ar seco)
Manhã	Com cama	39,59
	Sem cama	37,26
Meio dia	Com cama	43,69
	Sem cama	41,51
Tarde	Com cama	42,37
	Sem cama	41,70

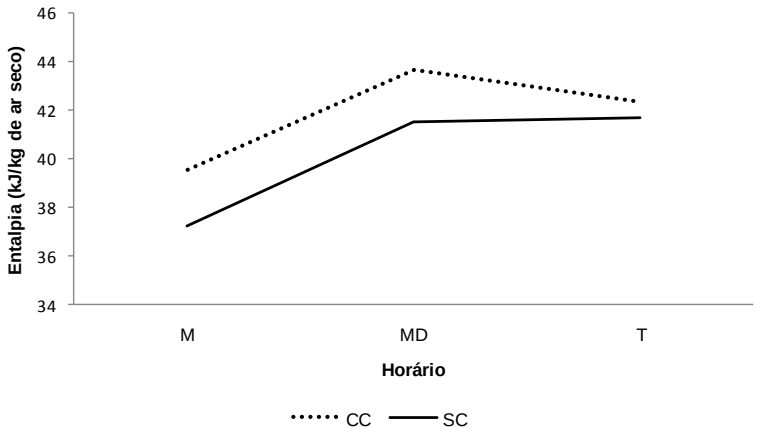

Figura 11 - Variação da entalpia específica do ar (kJ/kg de ar seco) nos três horários de avaliação (manhã – M, meio dia – MD e tarde – T), nos tratamentos com (CC) e sem (SC) cama, ao longo do experimento 2

De forma coerente com o padrão de temperatura e umidade relativa obtido, os valores de entalpia específica do ar ao longo do dia apresentaram uma mudança de comportamento quando se comparam os tratamentos com e sem cama. Do horário do meio dia para a tarde, o tratamento sem cama apresenta uma ascensão nos valores de entalpia específica do ar, enquanto que o tratamento com cama apresenta uma diminuição dos valores desta variável física.

Para a temperatura do piso (área suja) durante o experimento 2, foi desenvolvido um modelo (P<0,0001), de forma que explicar 65,00% da variação da temperatura da área suja. Consideram-se os efeitos de período (P<0,0001), presença de cama (P<0,0001), horário e a interação entre presença de cama e horário (P<0,0001).

Os valores de temperatura média do piso na área suja (Tabela 12) apresentaram-se maiores no tratamento cama em todos os horários de avaliação (P<0,05), o que pode ser justificado pela maior umidade no piso mantida nos tratamentos sem uso de cama. Esta diferença é reduzida a tarde, em relação aos outros horários de avaliação (Figura 12).

Tabela 12 **–** Temperaturas médias do piso (área suja) nos tratamentos com e sem cama, nos três horários de avaliação (manhã, meio dia e tarde) durante o experimento 2

Horário	Tratamento	Temperatura média do piso (área suja) (ºC)
Manhã	Com cama	20,36
	Sem cama	16,37
Meio dia	Com cama	23,30
	Sem cama	20,26
Tarde	Com cama	23,20
	Sem cama	21,44

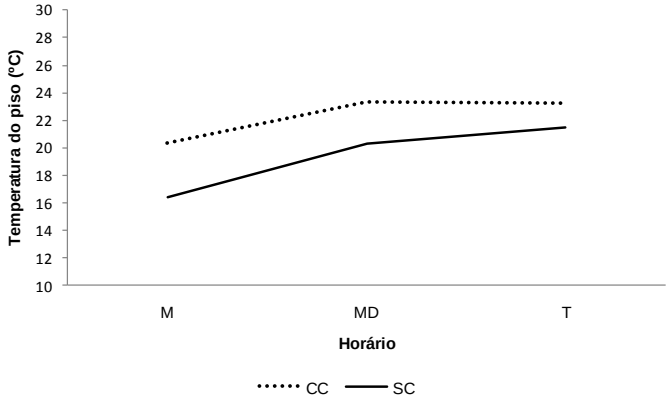

Figura 12 - Variação da temperatura média do piso, na área suja, nos três horários de avaliação (manhã – M, meio dia – MD e tarde – T), nos tratamentos com (CC) e sem (SC) cama, ao longo do experimento 2

A temperatura média do piso (área suja) no experimento 2 foi de 20,61ºC, valor este 3,69ºC inferior à mesma variável no experimento 1. Os resultados dos experimentos 1 e 2, apesar de não poderem ser comparados diretamente, mostram que a temperatura do piso, na área suja, flutuou com a temperatura média do ar. Em menores profundidades de substrato (como é o caso da condição imposta neste trabalho), a temperatura dos pisos contendo cama varia em função da temperatura do ar, mantendo gradientes menores entre as mesmas (CORRÊA et al., 2009).

No modelo desenvolvido para apresentar os dados de temperatura média do piso (área limpa), durante o experimento 2 ($P<0,0001$), foram considerados os efeitos de período ($P<0,0001$), sistema de alojamento (GB e B) ($P<0,0001$), presença de cama ($P<0,0001$), interação entre sistema de alojamento e presença de cama ($P=0,0001$), horário ($P<0,0001$) e as interações entre presença de cama e horário ($P<0,0001$) e sistema de alojamento e horário ($P=0,008$). O modelo utilizado permite a explicação de 58,91% da variação da temperatura média do piso, na área limpa.

Nos horários da manhã e tarde foram observados menores valores ($P<0,05$) de temperatura do piso (área limpa), nos experimentos contendo cama (Tabela 13). Ao meio dia, não houve diferença entre os tratamentos e, a tarde, os valores foram maiores para os tratamentos sem cama. Da mesma forma que no experimento 1, a diferença entre os dois tratamentos é maior à tarde (Figura 13).

Tabela 13 - Temperaturas médias do piso (área limpa) nos tratamentos com e sem cama, nos três horários de avaliação (manhã, meio dia e tarde) durante o experimento 2

Horário	Tratamento	Temperatura média do piso (área limpa) (ºC)
Manhã	Com cama	20,89
	Sem cama	22,02
Meio dia	Com cama	25,93
	Sem cama	26,17
Tarde	Com cama	24,67
	Sem cama	27,64

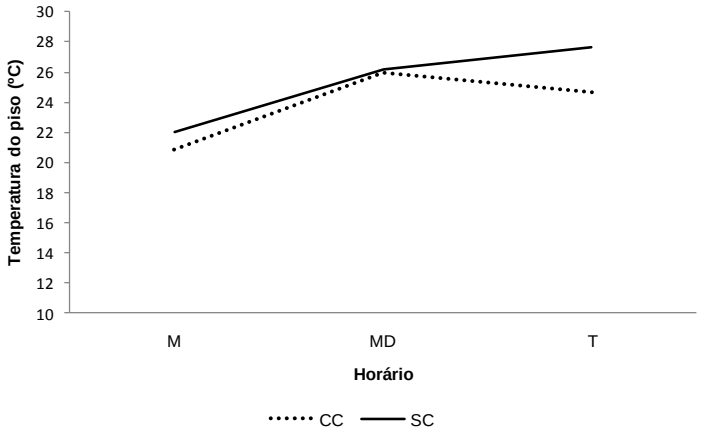

Figura 13 - Variação da temperatura média do piso, na área limpa, nos três horários de avaliação (manhã – M, meio dia – MD e tarde – T), nos tratamentos com (CC) e sem (SC) cama, ao longo do experimento 2

3.3.2 Temperatura retal (TR)

3.3.2.1 Experimento 1

O modelo linear geral elaborado para a temperatura retal (TR) apresentou-se significativo (P<0,0001). No entanto, sua aplicação permite explicar apenas 26,36% da variação da TR. No experimento 1, os efeitos significativos considerados neste modelo foram período (P<0,0001) e horário (P<0,0001).

A TR média obtida durante o experimento 1 foi de 38,28ºC, com diferenças encontradas durante os horários de observação (Tabela 14). Assim, o uso de cama não modificou a expressão da TR, mesmo tendo sido encontrados maiores valores de temperatura e entalpia específica do ar neste sistema. Em situações de exposição ao calor pode ocorrer redirecionamento do fluxo sanguíneo dos tecidos para a pele, ocorrendo diminuição da temperatura interna (BLACK et al, 1993), medida pela TR. Por isso, a TR tomada como variável isolada não mostra a real situação termorregulatória do animal, devendo ser considerada de forma simultânea à temperatura da pele.

Tabela 14 **-** Temperatura retal médias nos horários da manhã, meio dia e tarde, durante o experimento 1

Horário	**Temperatura retal (ºC)**
Manhã	38,18c
Meio dia	38,27b
Tarde	38,45a

[a,b,c]Médias seguidas de letras distintas diferem pelo teste de Tukey-Kramer (p<0,05)

A análise dos diferentes horários em que a variável TR foi aferida mostrou diferenças significativas entre as medidas, havendo um aumento progressivo desta variável ao longo do dia (Tabela 14). Estas diferenças nos valores de TR ao longo do dia refletem a variação da entalpia específica média do ar (52,3; 56,1 e 53,7 kJ/kg de ar seco para os horários da manhã, meio dia e tarde, respectivamente). Apesar do valor da entalpia diminuir do período do meio dia para a tarde, ambos os valores são considerados altos ou próximos do limite proposto, de acordo com a faixa estimada (NOBLET et al., 1989; MOURA, 1999) de 14,79 a 53,92 kJ/kg de ar seco. Assim, o aumento da TR pode ser explicado pelo processo de estocagem de calor que ocorre ao longo do dia (DESHAZER, HAHN, XIN, 2009).

Resultados semelhantes à deste trabalho foram obtidos por Martins, Costa e Silva (2008), que avaliaram a resposta termorregulatória de matrizes suínas lactantes monitoradas em diferentes horários do dia, em condições de verão brasileiro. A TR aferida às 16h00min apresentou valor superior (39,5ºC) em relação ao horário das 12h00min e 8h00min, mesmo tendo sido verificada maior temperatura do ar ao meio dia.

É necessário considerar que, além das condições climáticas influenciarem no padrão de temperatura corporal, variações ao longo do dia ocorrem de forma independente dos fatores externos climáticos e da alternância de atividade e repouso (SCHMIDT-NIELSEN, 2002). Assim, os valores apresentados de TR, além de serem influenciados pelas variáveis térmicas do ar, também refletem o fator circadiano, inerente ao animal.

3.3.2.2 Experimento 2

O modelo generalizado elaborado para a temperatura retal (TR) foi significativo (P<0,0001), sendo que sua aplicação permite explicar 24,21% da variação da TR. No experimento 1, os efeitos significativos considerados neste modelo foram período (P<0,0001), sistema de alojamento (GB e B) (P<0,0001), presença de cama (P=0,0006) e horário (P<0,0001).

Com relação ao efeito do uso de cama nesta variável, a TR obtida nos tratamentos contendo cama apresentou diferenças significativas em relação aos tratamentos sem o uso de cama. A diferença encontrada foi de 0,07ºC (Tabela 15).

Tabela 15 – Temperaturas retais médias observadas nos tratamentos com e sem cama durante o experimento 2

Tratamentos	Temperatura retal média (ºC)
Com cama	38,10a
Sem cama	38,03b

[a,b]Médias seguidas de letras distintas diferem pelo teste de Tukey-Kramer (p<0,05)

Quando os animais são submetidos a estresse por calor, são forçados a perderem calor, primeiramente aumentando o fluxo de calor sensível por mudança comportamental, seguido de aumento das perdas latentes pelo incremento da frequência respiratória. Quando estes métodos não são eficientes, a TR começa a aumentar devido ao incremento de calor ocorrido em função de reações corporais adaptativas (BROWN-BRANDL et al., 2001).

Nos tratamentos com cama, os maiores valores de TR encontrados podem ser associados a um maior desafio térmico proporcionado pelo sistema (maiores valores de entalpia específica do ar e menor perda de calor na forma condutiva com o piso). No entanto, o experimento 2 caracterizou-se por ser um período de menor desafio térmico em relação ao experimento 1, o que pode explicar a diferença nos padrões de TR ao longo do dia (Tabela 16). Diferentemente do observado no experimento 1, no experimento 2 a TR aferida nos períodos da manhã e do meio dia não diferiram estatisticamente. Apenas no horário da tarde verificou-se um aumento da TR, como resposta da estocagem de calor ao longo do dia.

Tabela 16 - Temperatura retal média (ºC) obtida nos diferentes horários de avaliação durante o experimento 2

Horário	Temperatura retal (ºC)
Manhã	38,01b
Meio dia	37,99b
Tarde	38,19a

[a,b,c]Médias seguidas de letras distintas diferem pelo teste de Tukey-Kramer (p<0,05)

3.3.3 Temperatura da pele (TP)

3.3.3.1 Experimento 1

Foram desenvolvidos modelos lineares gerais para as temperaturas de pele (TP), medidas nas diferentes regiões corporais. Os modelos desenvolvidos explicaram 55,26; 54,74; 54,41; 47,80 e 44,32% da variação das temperaturas da cabeça, paleta, lombo, pernil e pata traseira, respectivamente.

Os efeitos considerados nos modelos desenvolvidos para as diferentes TP avaliadas estão apresentados na Tabela 17, com as respectivas significâncias.

Tabela 17 – Fatores considerados na elaboração do modelo das temperaturas de pele, das regiões avaliadas durante o experimento 1, com respectivas significâncias

Região	Fatores considerados no modelo	P
Cabeça	Período	<0,0001
	Sistema de alojamento (GB e B)	=0,0177
	Presença de cama	<0,0001
	Horário	<0,0001
Paleta	Período	<0,0001
	Sistema de alojamento (GB e B)	=0,0272
	Presença de cama	<0,0001
	Interação entre sistema de alojamento e presença de cama	=0,0119
	Horário	<0,0001
Lombo	Período	<0,0001
	Sistema de alojamento (GB e B)	=0,0537
	Presença de cama	<0,0001
	Interação entre sistema de alojamento e presença de cama	=0,0069
	Horário	<0,0001
Pernil	Período	<0,0001
	Sistema de alojamento (GB e B)	=0,0087
	Presença de cama	<0,0001
	Interação entre sistema de alojamento e presença de cama	=0,0574
	Horário	<0,0001
Pata traseira	Período	<0,0001
	Sistema de alojamento (GB e B)	=0,0237
	Presença de cama	=0,0948
	Interação entre sistema de alojamento e presença de cama	=0,0002
	Horário	<0,0001
	Interação entre presença de cama e horário	=0,0141

A temperatura de pele (TP) média registrada na região da cabeça apresentou-se maior nos tratamentos com cama (Tabela 18). A variação dos valores de TP é dependente das condições externas e da necessidade de perda de calor dos animais, refletindo a variação da quantidade total de calor no corpo, muito embora a temperatura central possa não ter variado (SCHMIDT-NIELSEN, 2002). De fato, embora a temperatura retal não tenha sido diferente entre os tratamentos com e sem cama, a TP da cabeça apresentou-se diferente, respondendo aos maiores valores de entalpia específica nos tratamentos com cama.

Tabela 18 - Temperaturas de pele médias (cabeça) observadas nos tratamentos com e sem cama durante o experimento 1

Tratamentos	Temperatura de pele média (cabeça) (ºC)
Com cama	34,47a
Sem cama	33,94b

[a,b]Médias seguidas de letras distintas diferem pelo teste de Tukey-Kramer (p<0,05)

A maior TP da cabeça no tratamento cama é um indicativo de que os animais neste sistema possuem maior calor armazenado ao longo do dia, originado da exposição a altos valores de entalpia específica e condições inadequadas de troca de calor com o ambiente. Neste sentido, a resposta das porcas a altas temperaturas pode ser influenciada pelas propriedades condutivas do piso. Dados apresentados por Black et al. (1993) mostraram que a temperatura crítica superior de porcas lactantes diminui de 25 para 22ºC quando o piso passa de concreto para madeira.

A análise dos diferentes horários (Tabela 19) mostrou que a TP das regiões da cabeça e do pernil foram menores no horário da manhã, em relação aos horários do meio dia e tarde, que não diferiram entre si. As variações da TP (cabeça e lombo) e da temperatura retal (TR) ao longo do dia seguiram padrões diferenciados. A TR apresentou valores maiores apenas no horário da tarde, enquanto a TP manifestou maiores valores no horário do meio dia, permanecendo os mesmos níveis no horário da tarde.

Tabela 19 - Temperaturas de pele (cabeça e pernil) (ºC) obtidas nos diferentes horários de avaliação durante o experimento 1

Horário	Temperatura de pele (cabeça) (ºC)	Temperatura de pele (pernil) (ºC)
Manhã	33,34b	32,96b
Meio dia	34,75a	34,44a
Tarde	34,52a	34,17a

[a,b,c]Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey-Kramer (p<0,05)

As temperaturas de pele nas regiões da paleta, lombo e pata traseira estão agrupadas na Tabela 20.

Houve tendência de maiores valores de TP nos experimentos com cama (Tabela 20). Os valores de TP na região da paleta e lombo foram maiores (P<0,05) nos tratamentos com cama (tanto para GB como para B). Hotzel et al. (2009) apresentaram resultados de TP maiores em suínos criados em sistemas de cama (maravalha e casca de arroz), quando comparados a animais criados em piso de concreto (fase de crescimento-terminação), corroborando com os resultados do presente estudo.

Tabela 20 – Temperaturas médias de pele registradas nas regiões da paleta, lombo e pata traseira, nos diferentes tratamentos, durante o experimento 1

Tratamento	Temperatura de pele (ºC)		
	Região corporal		
	Paleta	Lombo	Pata traseira
BCC	34,26	34,29	32,24
BSC	33,79	33,85	33,12
GBCC	35,03	35,00	33,27
GBSC	33,80	33,79	32,93

Apenas a região da pata traseira apresentou menores valores de TP nos tratamentos com cama (no caso do sistema de alojamento B). No entanto, sabe-se que a mudança da temperatura de pele de uma região do corpo, irá resultar em mudança de temperatura em outras regiões, seguindo a mesma tendência (ANDERSEN et al., 2008). Sendo assim, presume-se que a alteração de padrão de resposta da TP na região da pata traseira, possa ter influência externa, como por exemplo, o fato das porcas alojadas em cama terem seus membros aprofundados na região suja, resfriando a região pelo contato com o substrato úmido.

Os maiores valores de entalpia específica do ar nos tratamentos com cama podem explicar os resultados encontrados na avaliação da TP das regiões da paleta e lombo. Além disso, o fato da condutividade da madeira ser inferior em relação ao concreto pode contribuir para a análise dos resultados obtidos, uma vez que este coeficiente é uma expressão da facilidade com que o calor flui em um determinado material. Assim, apesar de terem sido obtidos menores valores de temperatura de piso (área limpa) nos tratamentos contendo cama de maravalha, a menor condutividade deste material constitui uma característica física determinante na dinâmica de trocas térmicas estabelecidas entre animal e piso.

A diminuição do gradiente entre a superfície do animal e o ambiente é um indicador de que mecanismos evaporativos terão que ser efetuados para compensar a diminuição das perdas sensíveis de calor (DESHAZER; HAHN; XIN, 2009). Com base em conceitos físicos, em altas temperaturas do ar pode ocorrer fluxo de calor do ambiente para o animal, caso a temperatura da pele aproxime-se a do ar. Tomando-se isto como

pressuposto, a temperatura da cabeça foi tomada como referencial para análise do gradiente entre a temperatura da superfície do animal e a temperatura do ar (TPcab - Tar).

O modelo elaborado para a variável TPcab –Tar considerou os efeitos significativos de período (P<0,0001), sistema de alojamento (P=0,0202), presença de cama (P<0,0001) e horário (P<0,0001). Tal modelo explicou 68,60% da variação desta variável. Foram obtidos valores médios de 8,49 e 9,04ºC para a variável TPcab –Tar nos tratamentos com e sem cama, respectivamente. Os menores gradientes observados entre a temperatura da superfície do animal e o ar nos tratamentos com cama (P<0,05) evidenciam que estes animais encontraram maior dificuldade para manterem o equilíbrio térmico.

A variável TPcab –Tar apresentou diferenças significativas nos três horários de observação (P<0,05). Os gradientes obtidos foram maiores no horário da manhã (11,37ºC), seguidos dos horários da tarde (7,83ºC) e meio dia (7,10ºC).

3.3.3.2 Experimento 2

Foram desenvolvidos modelos lineares generalizados para as temperaturas de pele (TP), medidas nas diferentes regiões corporais, para o experimento 2. Os modelos desenvolvidos explicaram 58,61; 63,27; 63,66; 56,72 e 43,22% da variação das temperaturas da cabeça, paleta, lombo, pernil e pata traseira, respectivamente.

Os efeitos considerados nos modelos desenvolvidos para as diferentes TP avaliadas estão apresentados na Tabela 21, com as respectivas significâncias.

Tabela 21 – Fatores considerados na elaboração do modelo das temperaturas de pele, das regiões avaliadas durante o experimento 2, com respectivas significâncias

Região	Fatores considerados no modelo	P
Cabeça	Período	<0,0001
	Sistema de alojamento (GB e B)	=0,7509
	Presença de cama	<0,0001
	Interação entre sistema de alojamento e cama	=0,0001
	Horário	<0,0001
	Interação entre presença de cama e horário	<0,0001
Paleta	Período	<0,0001
	Sistema de alojamento (GB e B)	<0,0001
	Presença de cama	<0,0001
	Interação entre sistema de alojamento e presença de cama	=0,0019
	Horário	<0,0001
	Interação entre presença de cama e horário	<0,0001
Lombo	Período	<0,0001
	Sistema de alojamento (GB e B)	<0,0001
	Presença de cama	<0,0001
	Interação entre sistema de alojamento e presença de cama	=0,0328
	Horário	<0,0001
Pernil	Período	<0,0001
	Sistema de alojamento (GB e B)	<0,0001
	Presença de cama	<0,0001
	Interação entre sistema de alojamento e presença de cama	=0,0034
	Horário	<0,0001
Pata traseira	Período	<0,0001
	Sistema de alojamento (GB e B)	=0,0276
	Presença de cama	=0,0023
	Horário	<0,0001
	Interação entre presença de cama e horário	=0,0160
	Interação entre sistema de alojamento e horário	=0,3714

As temperaturas médias de pele para as regiões da cabeça, paleta, lombo e pernil estão apresentadas na Tabela 22. Os valores de TP foram maiores nos tratamentos com cama, apresentando diferença significativa (P<0,05) para cabeça (tratamentos B), paleta (tratamentos GB e B), lombo (tratamentos GB e B) e pernil (tratamentos GB e B).

Tabela 22 - Temperaturas médias de pele registradas nas regiões da cabeça, paleta, lombo e pernil, nos diferentes tratamentos, durante o experimento 2

Tratamento	Região corporal			
	Cabeça	Paleta	Lombo	Pernil
BCC	33,38	33,28	32,72	32,56
BSC	32,48	31,98	31,53	31,55
GBCC	33,02	33,47	33,24	32,94
GBSC	32,90	32,81	32,45	32,52

No experimento 2 a TP da região da cabeça apresentou maiores valores no tratamento cama, nos horários da manhã e meio dia, ocorrendo uma inversão à tarde quando as temperaturas da cabeça não apresentaram diferenças entre os sistemas com e sem cama (Figura 15). Os maiores valores de TP da cabeça nos tratamentos sem o uso de cama ocorrem no horário em que a temperatura do ar nestes tratamentos também se apresenta maior em relação aos tratamentos com cama. Este aumento da TP deve-se à intensificação da circulação periférica que ocorre para que a perda de calor para o ambiente seja maior (WILLIAMS, 2009).

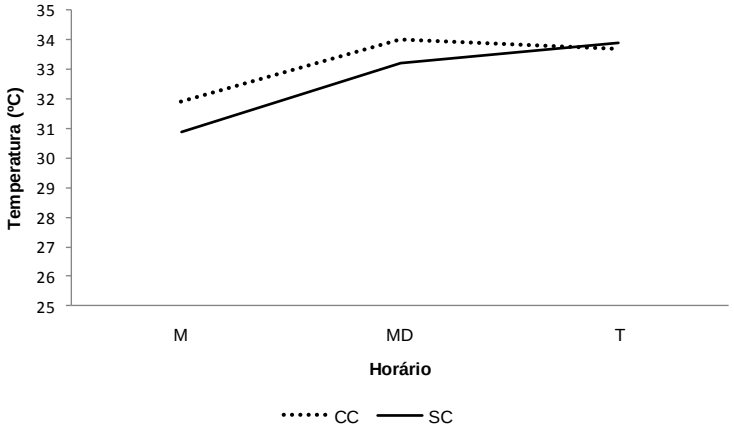

Figura 14 – Temperatura da pele (cabeça) nos horários da manhã (M), meio dia (MD) e tarde (T), durante o experimento 2

A TP possui resposta mais instantânea em relação à temperatura retal, sendo observadas variações até mesmo em condições amenas (a partir de 16ºC) (HUYNH et al., 2005). Neste sentido, a inversão de padrão de TP ocorre em um período de tempo curto (do meio dia à tarde), o que não ocorre com a temperatura retal. Ou seja, a TP foi uma variável sensível em responder à mudança ambiental ocorrida nos tratamentos sem cama, no período da tarde.

Seguindo a mesma tendência da região da cabeça, na paleta também ocorreu interação entre a presença de cama e o horário de avaliação (Figura 16). As diferenças significativas ocorreram nos períodos da manhã e meio dia ($P<0,05$).

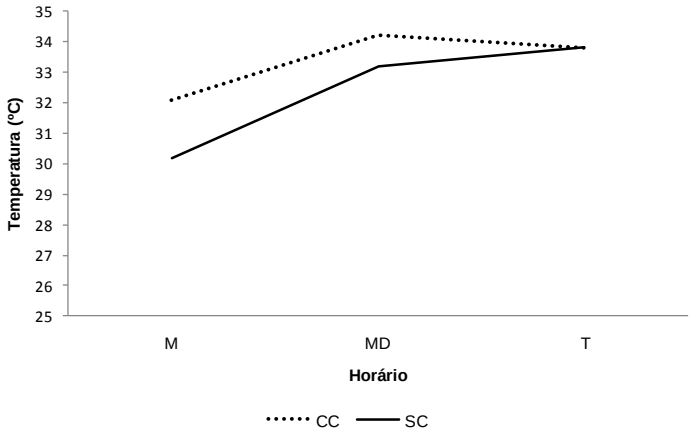

Figura 15 – Temperatura de pele (paleta) nos horários da manhã (M), meio dia (MD) e tarde (T) durante o experimento 2

Os gradientes entre a temperatura média da cabeça e a temperatura média do ar (TPcab –Tar) foram analisados por meio de um modelo que explicou 60,25% da variação deste gradiente, durante o experimento 2. Considerou-se para tal, os efeitos de período (P<0,0001), sistema de alojamento (P=0,7491), presença de cama (P=0,0453), horário (P<0,0001) e as interações entre sistema de alojamento e presença de cama (P<0,0001), e presença de cama e horário (P<0,0001).

Os valores médios de TPcab –Tar são apresentados na Tabela 23, para os diferentes tratamentos avaliados durante o experimento 2. Os tratamentos com cama apresentaram menores gradientes somente no sistema de alojamento GB (9,87 contra 10,55 ºC), não havendo diferença significativa (P<0,05) no sistema B.

Tabela 23 – Gradientes entre a temperatura de pele na cabeça e a temperatura do ar (TPcab – Tar) nos diferentes tratamentos durante o experimento 2

Tratamento	TPcab – Tar (ºC)
BCC	10,30
BSC	10,05
GBCC	9,87
GBSC	10,55

Observou-se interação entre a presença de cama e o horário de avaliação, para a variável TPcab –Tar (Figura 17).

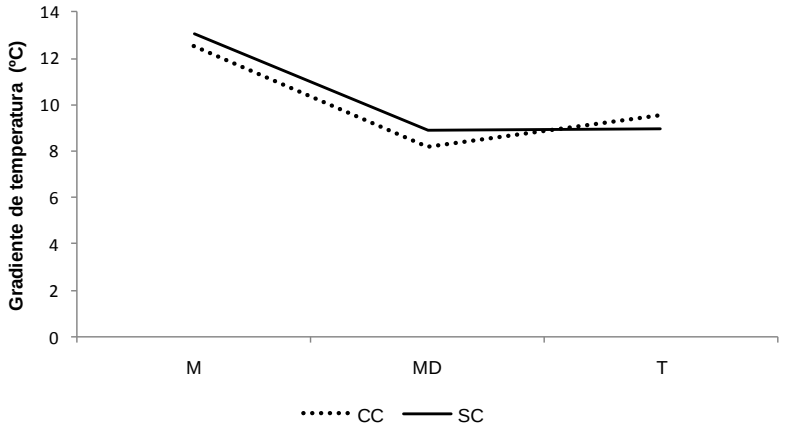

Figura 16 – Gradiente de temperatura entre a temperatura de pele (cabeça) e a temperatura do ar nos horários da manhã (M), meio dia (MD) e tarde (T) durante o experimento 2

Os valores registrados pela manhã e ao meio dia mostram gradientes TPcab – Tar menores para os tratamentos com cama, situação que é modificada no horário da tarde, quando os tratamentos sem cama passam a apresentar menores gradientes ($P<0,05$).

3.3.4 Gradiente internos de temperatura

Foram calculados os gradientes médios estabelecidos entre a temperatura retal (TR) e a TP do lombo (TR – TPlom), obtidos nos experimentos 1 e 2. O trabalho de Quiniou e Noblet (1999) mostrou que um aumento progressivo da temperatura ambiente (de 18 a 29ºC) ocasiona uma redução do gradiente entre TR e TP que, com as condições experimentais, atingiu um valor mínimo de 2ºC, na temperatura do ar de 29ºC. Ou seja, a intensidade da exposição ao calor acarreta em mudança na divisão da estocagem de calor corporal do núcleo para as regiões periféricas.

No presente trabalho, foram obtidas condições ambientais que caracterizam estresse por calor para a categoria animal em estudo. As Figuras 17 e 18 apresentam a condição microclimática, em termos de temperatura ambiente, bem como o gradiente entre a temperatura retal (TR) e a temperatura da pele (TP) (média das cinco regiões corporais avaliadas), nos três horários do dia, ao longo dos 8 períodos dos experimentos 1 e 2, respectivamente.

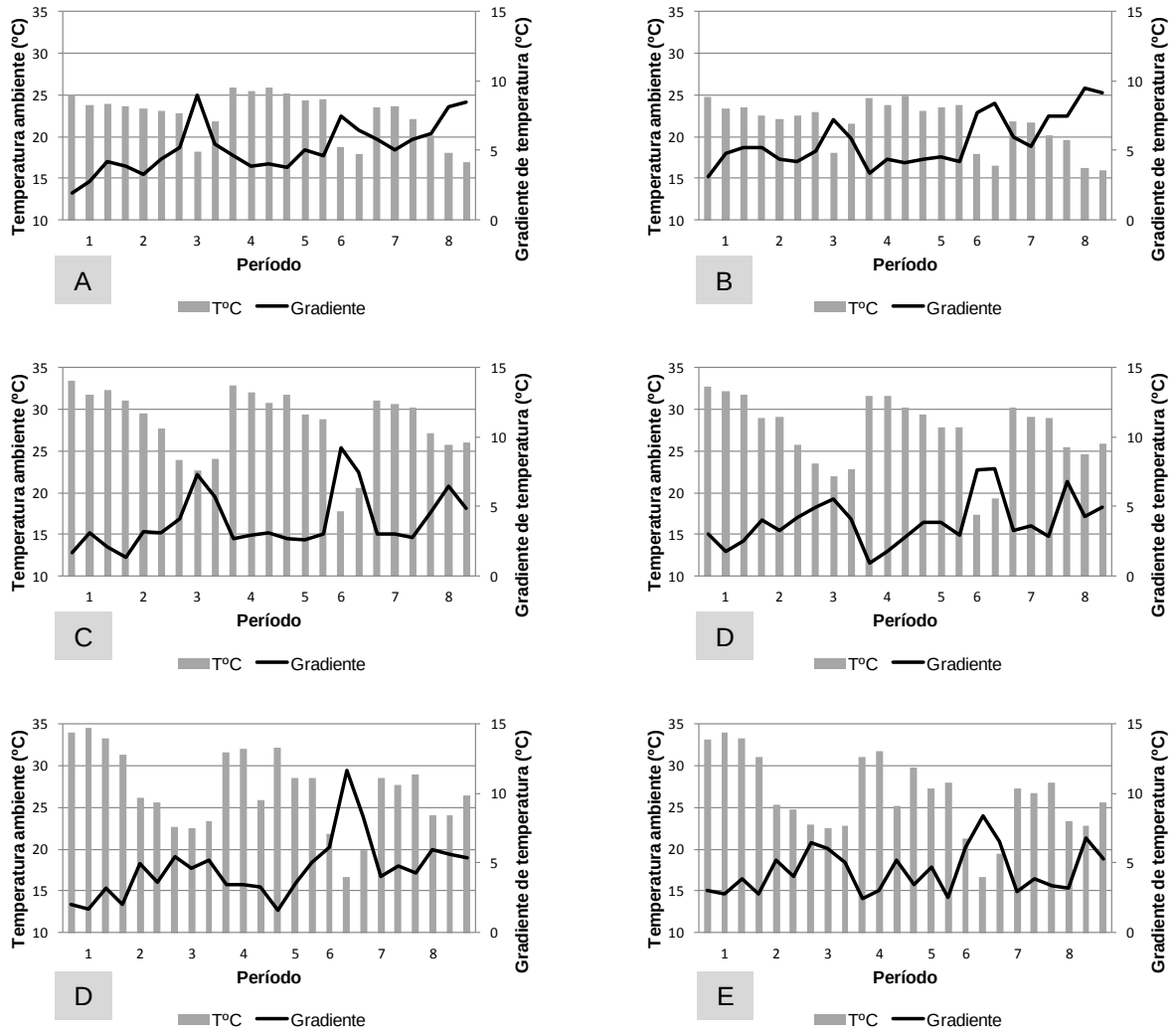

Figura 17 - Temperatura do ar e gradiente entre as médias de temperatura retal e da pele, registradas nos tratamentos BCC (A, C e D) e BSC (B, D e E), nos períodos da manhã (A e B), meio dia (C e D) e tarde (D e E), do experimento 1

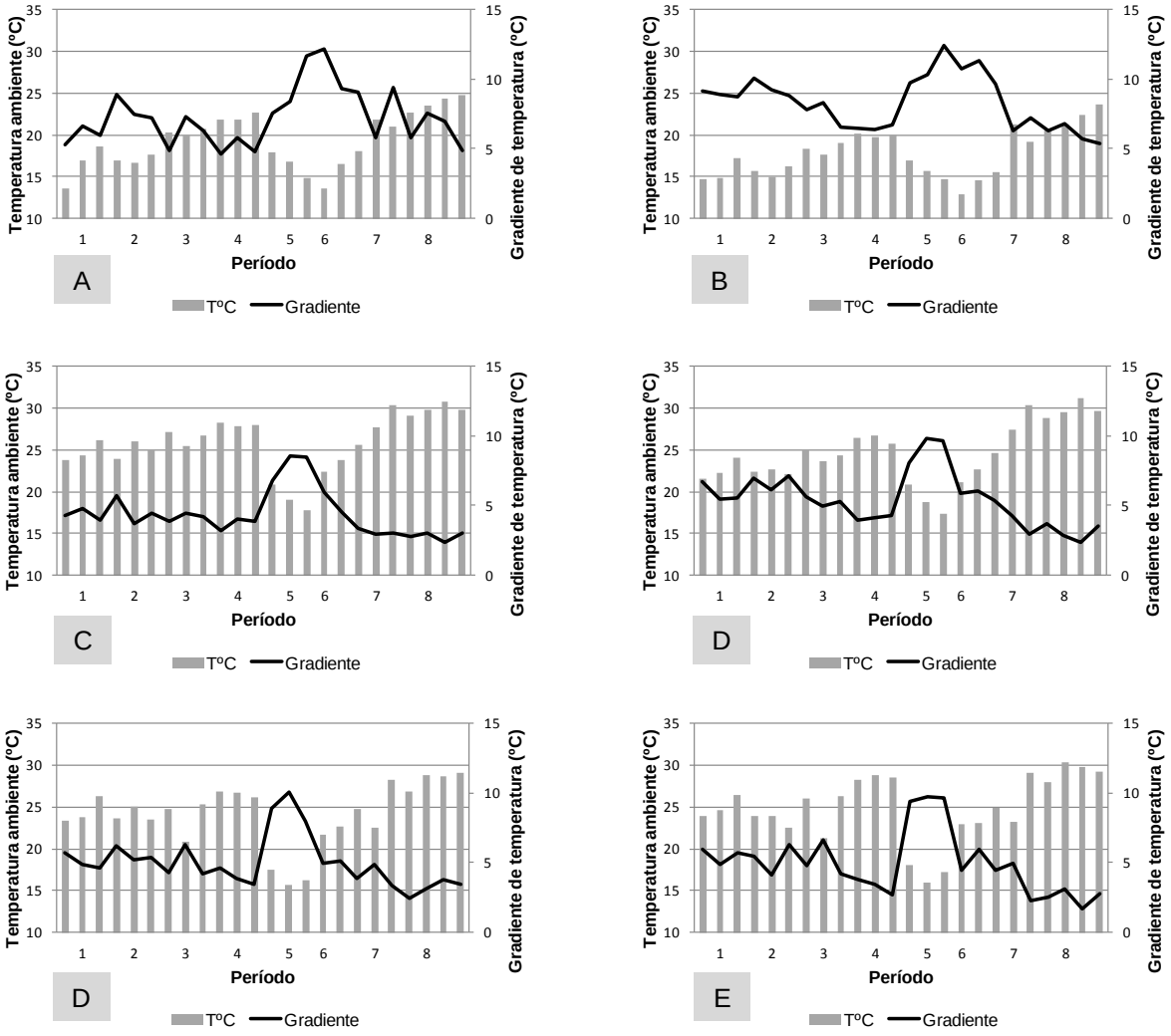

Figura 18 - Temperatura do ar e gradiente entre as médias de temperatura retal e da pele, registradas nos tratamentos BCC (A, C e D) e BSC (B, D e E), nos períodos da manhã (A e B), meio dia (C e D) e tarde (D e E) , do experimento 2

As condições foram mais críticas em termos de estresse por calor durante o experimento 1 (Figura 17), com temperaturas médias do ar acima dos 25ºC, nos períodos do meio dia e tarde, na maioria dos dias experimentais.

A avaliação conjunta da resposta fisiológica em termos de temperaturas corporais (retais e superficiais) (Figuras 17 e 18) permitiu verificar que ocorre diminuição do gradiente de temperatura entre as TR e TP em condições de alta temperatura do ar.

3.3.4.1 Experimento 1

Para a variável gradiente de temperatura entre retal e pele, tomando-se como base a região do lombo (TR – TPlom) desenvolveu-se um modelo (P<0,0001), que verificou efeito significativo de período (P<0,0001), sistema de alojamento (P=0,0199), presença de cama (P<0,0001), horário (P<0,0001) e as interações entre sistema de alojamento e presença de cama (P=0,0098), e presença de cama e horário (P=0,0185).

Foram obtidos TR – TPlom de 4,02; 4,47; 3,26 e 4,45ºC para os tratamentos BCC, BSC, GBCC e GBSC, respectivamente. Os tratamentos com cama apresentaram-se inferiores (P<0,05) tanto nos alojamentos B como GB.

Para a variável TR – TPlom houve efeito significativo (P=0,0185) da interação entre presença de cama e horário. Diferentemente dos horários da manhã e meio dia em que a presença de cama causou diminuição desta variável, no horário da tarde não houve diferença significativa (P<0,05) entre tratamentos com e sem cama (Figura 19).

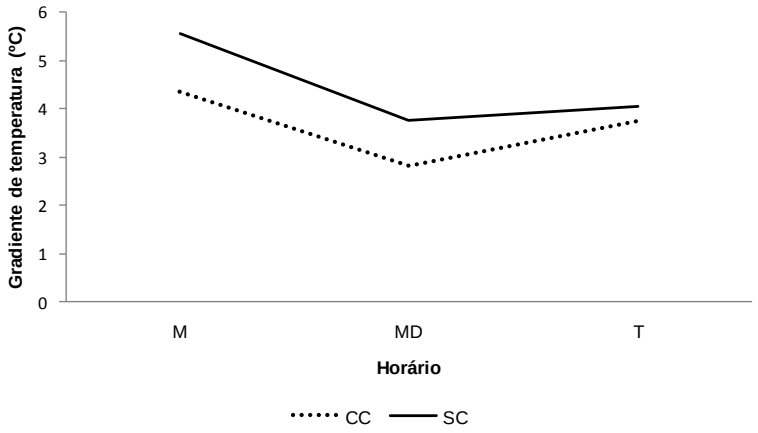

Figura 19 - Gradiente entre temperatura retal e temperatura de pele (lombo) nos horários da manhã (M), meio dia (MD) e tarde (T), para os tratamentos com (CC) e sem (SC) cama, durante o experimento 1

3.3.4.2 Experimento 2

Os gradientes entre temperatura retal e TP (lombo) (TR – TPlom) foram analisados por meio de um modelo (P<0,0001) que considerou os efeitos significativos de período (P<0,0001), sistema de alojamento (P<0,0001), presença de cama (P<0,0001), horário (P<0,0001) e as interações entre sistema de alojamento e presença de cama (P=0,0149), e presença de cama e horário (P<0,0001).

As variáveis TR – TPlom obtidas para os tratamentos BCC, BSC, GBCC e GBSC foram de 5,44; 6,59; 4,80 e 5,48ºC, respectivamente. Tanto para B como para GB, houve efeito da presença de cama (P<0,05) na diminuição do gradiente TR – TPlom. Da mesma forma que verificado no experimento 1, o sistema em cama proporcionou piores condições termo-físicas aos animais, o que pôde ser verificado com os menores gradientes entre a temperatura interna (avaliada pela TR) e a superfície do animal (avaliada pela TP do lombo).

A similaridade encontrada entre os experimentos 1 e 2 também se evidenciou na interação observada entre presença de cama e horário de avaliação. A presença de cama causou diminuição do gradiente TR – TPlom pela manhã e ao meio dia, não sendo verificado efeito significativo (P<0,05) à tarde (Figura 20).

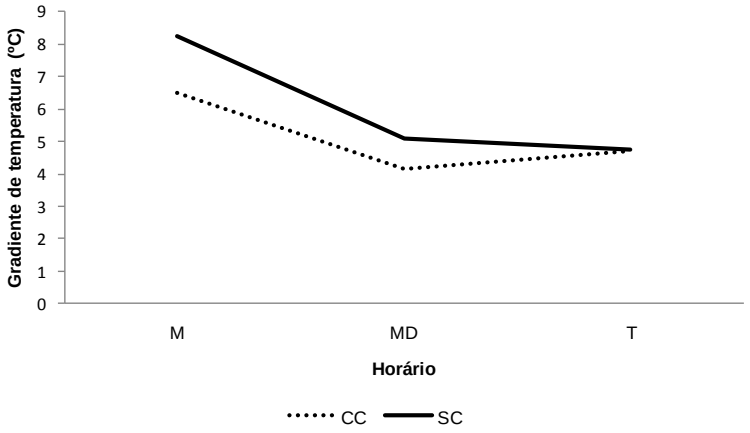

Figura 20 - Gradiente entre temperatura retal e temperatura de pele (lombo) nos horários da manhã (M), meio dia (MD) e tarde (T), para os tratamentos com (CC) e sem (SC) cama, durante o experimento 2

3.3.5 Frequência respiratória (FR)

3.3.5.1 Experimento 1

O modelo para frequência respiratória (FR) avaliada durante o experimento 1 (P<0,0001), apresentou significância dos fatores período (P<0,0001), sistema de alojamento (GB e B) (P=0,0042), presença de cama (P<0,0001), interação entre sistema de alojamento e presença de cama (P=0,0072) e horário (P<0,0039). Este modelo apresentou um ajuste de 41,14%, valor que explica a variação da FR ao longo do experimento 1.

Os valores de frequência respiratória (FR) nos diferentes tratamentos durante o experimento 1 estão apresentados na Tabela 24. Os animais mantidos nos tratamentos com cama apresentaram maior FR quando comparados àqueles mantidos em piso de concreto. Esta diferença pode estar vinculada aos maiores valores de entalpia específica do ar quando a cama esteve presente, bem como na presença de um piso de menor temperatura na área suja nos tratamentos sem cama.

Tabela 24 – Valores de frequência respiratória obtidos durante o experimento 1, nos diferentes tratamentos

Tratamento	**Frequência respiratória (mov.min^{-1})**
BCC	72,68
BSC	65,11
GBCC	86,91
GBSC	66,56

A variável FR pode ter sido influenciada pelo nível de atividade dos animais no momento da aferição, uma vez que foi medida em diferentes condições comportamentais do animal. O fato do tratamento cama ter gerado maior atividade dos animais (dados a serem apresentados no capítulo 4), pode ter influenciado em aumentar a FR registrada nestes tratamentos.

Os dados médios de FR obtidos nos três horários de aferição (Tabela 25) mostram que pela manhã a FR não diferiu estatisticamente dos demais horários, apesar da menor entalpia específica do ar registrada. Os dados a serem apresentados no capítulo 4 mostram um maior nível de atividade dos animais pela manhã, o que pode ter aumentado a FR neste horário.

Tabela 25 – Dados médios de frequência respiratória registrados nos três horários de avaliação, durante o experimento 1

Horário	**Frequência respiratória (mov.min^{-1})**
Manhã	71,60ab
Meio dia	77,88a
Tarde	68,98b

[a,b,c]Médias seguidas de letras distintas diferem pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,05)

3.3.5.2 Experimento 2

O modelo desenvolvido para frequência respiratória, ao longo do experimento 2 (P<0,0001) considerou os fatores período (P<0,0001), sistema de alojamento (P=0,0004), presença de cama (P<0,0001), interação entre sistema de alojamento e presença de cama (P=0,0168), horário (P=0,0260), interação entre presença de cama e horário (P=0,0001) e interação entre sistema de alojamento e horário (P=0,0126). O modelo explicou 32,71% da variação da FR.

Os valores de frequência respiratória (FR) nos diferentes tratamentos durante o experimento 2 estão apresentados na Tabela 26. Da mesma forma que no experimento 1, a FR observada nos tratamentos com cama apresentou-se maior em relação aos tratamentos sem o uso de cama.

Tabela 26 - Valores de frequência respiratória obtidos durante o experimento 2, nos diferentes tratamentos

Tratamento	Frequência respiratória (mov.min^{-1})
BCC	69,89
BSC	53,57
GBCC	62,35
GBSC	51,75

A interação observada entre a presença de cama e os horários de aferição é apresentada na Figura 21. A presença de cama determina que exista um aumento da FR no horário do meio dia. Este padrão não é observado nos tratamentos sem o uso de cama, ou seja, não se observa aumento da FR no horário do meio dia. Por hipótese, esta diferença de padrão da FR ao longo do dia está relacionada à menor atividade dos

animais quando mantidos em piso de concreto, o que pôde ter impactado na menor FR, especialmente no horário do meio dia.

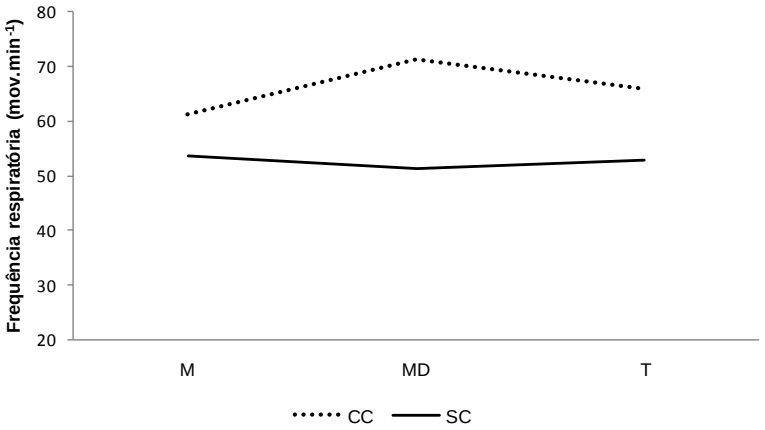

Figura 21 - Frequência respiratória nos horários da manhã (M), meio dia (MD) e tarde (T), ao longo do experimento 2

A faixa de FR considerada normal para matrizes suínas gestantes mantidas em condição de termoneutralidade (12 a 22ºC) situa-se entre 26 e 27 mov.min^{-1} (QUINIOU; NOBLET, 1999), valores abaixo das condições registradas nos experimentos 1 e 2 (Tabelas 24, 25 e 26), indicando a ocorrência de condições climáticas desfavoráveis em ambos os períodos do ano em que os animais foram criados.

3.4 Conclusões parciais

De acordo com os resultados obtidos nesta pesquisa, conclui-se que:

a) No que diz respeito às características físicas do ambiente de criação, a presença de cama aumentou a temperatura e entalpia específica do ambiente. De forma geral, a temperatura do piso é maior no sistema com cama, na área suja, o que associado às características físicas da maravalha, afetaram negativamente o conforto térmico dos animais;

b) O uso de cama aumentou o padrão de temperatura retal (experimento 2), temperatura da pele e frequência respiratória das matrizes suínas gestantes;

c) O gradiente estabelecido entre a temperatura de pele e a retal apresentou-se menor em cama;

d) Foram encontrados menores valores de gradiente entre temperatura de pele e do ar nos animais mantidos em cama.

Referências

ANDERSEN, H.M.L.;JØRGENSEN, E.; DYBKJÆR, L.; JØRGENSEN, B. The ear skin temperature as an indicator of the thermal comfort of pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 113, n.1, p. 43–56, Sept. 2008.

AVERÓS, X.; BROSSARD, L.; DOURMAD, L.J.Y.; GREEFC, K.H.; EDGE, H.L.;. EDWARDS, S.A.; MEUNIER-SALAUN, M.C. A meta-analysis of the combined effect of housing and environmental enrichment characteristics on the behaviour and performance of pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 127, p.73–85, Oct. 2010.

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, n. 1, p. 153-170, May 1993.

BRACKE, M.B.M. Review of wallowing in pigs: Description of the behaviour and its motivational basis. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 132, n.1/2, p. 1-13, June, 2011.

BROWN-BRANDL, T.M.; EIGENBERG, R.A.; NIENABER,J.A.; KACHMAN, S.D. Thermoregulatory profile of a newer genetic line of pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 71, n.3, p. 253–260, Oct. 2001.

BRUCE, J.M.; CLARK, J.J. Models of heat production and critical temperature for growing pigs. **Animal Production**, v. 28, p. 353-369, 1979.

CENTNER, T.J. Limitations on the confinement of food animals in the United States. **Journal of agricultural and environmental ethics**, Dordrecht, v. 23, n. 5, p. 469–486, Oct. 2010.

CLOSE, W.H. The climatic requirements of the pigs. In: CLARK, J.A. **Environmental aspects of housing for animal production**. London:British Library, 1981.p.3-17.

CORDEIRO, M.B.; TINOCO, I.F.F.; OLIVEIRA, P.A.V.; MENEGALI, I.; GUIMARÃES, M.C.C.; BAETA, F.C.; SILVA, J.N. Efeito de sistemas de criação no conforto térmico ambiente e no desempenho produtivo de suínos na primavera. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.36, n.5, p.1597-1602, Out. 2007.

CORRÊA, E.K.; BIANCHI, I.; ULGUIM, R.R.; CORRÊA, M.N.; GIL-TURNES, C.; LUCIA JÚNIOR, T. Effects of different litter depths on environmental parameters and growth performance of growing finishing pigs. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.3, 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782009000300031&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 5 nov. 2010.

DESHAZER, J.A.; HAHN, G.L. XIN, H. Basic principles of the thermal environment and livestock energetics. In: DESHAZER, J.A. (ed). **Livestock energetic and thermal environmental management**. St. Joseph: ASABE. 2009. chap. 1, p. 1-22.

FIALHO, F. B.; BUCKLIN, R. A.; ZAZUETA, F. S.; MYER, R. O. Theoretical model of heat balance in pigs. **Animal Science**, Penicuik, v. 79, p. 121-134, 2004.

GOULART, R.M. **Processo de compostagem: Alternativa complementar para tratamento de camas biológicas de dejetos de suínos**. 1997. 127p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

GROENESTEIN, C.M. **Environmental aspects of improving sow welfare with group housing and straw bedding**. 2006. 154p. Tese (Wageningen University). 2006. Disponível em: < http://library.wur.nl/WebQuery/clc/1815333>. Acesso em: 13 mai 2010.

HEITMAN, H.; HUGHES, E.H.; KELLY, C.F. effects of elevated ambient temperature on pregnant sows. **Journal of Animal Science**, Champaign. v.10, n.4, p.907-915, nov.1951.

HIGARASHI, M.M.;OLIVEIRA, P.A.V.;COLDEBELLA, A. Seasonal Influence in the Performance of Growing and Finishing Pigs Raised in Deep Bedding System in South of Brazil. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 8., 2008. (ILES VIII), Foz do Iguaçu. **Anais…**Foz do Iguaçu: CIGR, 2008. 1v.

HONEYMAN, M.S.; PIROG, R.S.; HUBER, G.H.; LAMMERS, P.J., HERMANN, J.R. The United States pork niche market phenomenon. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, 2269-2275p, 2006.

HOTZEL, M.J.; LOPES, E.J.C; OLIVEIRA, P.A.O.; GUIDONI, A.L. Behaviour and performance of pigs finished on deep bedding with wood shavings or rice husks in summer. **Animal Welfare,** Hertfordshire**,** v.18, p. 65-71, 2009.

HUYNH, T.T.T.; AARNINK, A.J.A.; TRUONG, C.T.; KEMP, B.; VERSTEGEN, M.W.A. Effects of tropical climate and water cooling methods on growing pigs' responses. **Livestock Science**, Amsterdam, v.104, n. 3, p.278– 291, Nov. 2006.

HUYNH, T.T.T.; AARNINK, A.J.A.; VERSTEGEN, M.W.A.; GERRITS, W.J.J..; HEETKAMP, M.J.W.; KEMP, B; CANH, T.T. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative. **Journal of Animal Science,** Champaign, v.83, p. 1385-1496, 2005.

KASTELIC, J.P.; COOK, R.B.; COULTER, G.H.; WALLINS, G.L.; ENTZ, T. Environmental factors affecting measurement of bovine scrotal surface temperature with infrared thermography. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v.41, n.3, p.153–159, n.3/4, Mar.1996.

KOTRBA, R.; KNÍŽKOVÁ, I.; KUNC, P.; BARTOS, L. Comparison between the coat temperature of the eland and dairy cattle by infrared thermography. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v.32, n.7/8, p.355–359, Oct-Dec. 2007.

LOPEZ,J.; GOODBAND, R.D.; ALLEE, G.L.; JESSE, G.W.; NELSSEN, J.L.; TOKACH, M.D.; SPIERS, D. The effects of diets formulated on an ideal protein basis on growth performance carcass characteristics, and thermal balance of finishing gilts housed in a

hot, diurnal environment. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.72, n.2, p. 367-379, Feb. 1994.

MARGETA, V.; TOLUŠIĆ, Z.;KRALIK, I. **Production and economic aspects of conventional and alternative pig fattening**. 2005. Disponível em: <http://hrcak.srce.hr/file/19949>. Acesso em: 13 set. 2008.

MARTINS, T.D.D. ;COSTA, A.N.; SILVA, J.H.V. Respostas termorregulatórias de matrizes suínas híbridas em lactação, mantidas em ambiente quente. **Ciência e Agrotecnologia**, cidade, v. 32, n. 3, p. 961-968, maio/jun, 2008.

MOURA, D.J. Ventilação na suinocultura. In: SILVA, I.J.O (Ed.).**Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1999. p.149-179.

NOBLET, J.; DOURMAD, J.Y.; LE DIVIDICH, J.; DUBOIS, S. Effect of Ambient Temperature and Addition of Straw or Alfalfa in the Diet on Energy Metabolism in Pregnant Sows. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 21, p. 309 – 324, 1989.

OLIVEIRA, P.A.; MEUNIER-SALAÜM, M.C.; ROBIN, P.; TONNEL, N.; FRABOULE, J.B. Analyse du comportement du porc en engraissement eleve sur litiére de sciure ou sur caillebotis integral. **Journées de Recherche Porcine en France**, Paris, v.31, n.4, p.117-123, 1999.

OMEGA ENGINEERING INC, 2007. Disponível em: http://www.omega.com/literature/transactions/volume1/emissivityb.html. Acesso em: 11 fev 2010.

OMTVEDT, I.T.; NELSON, R.E.; EDWARDS, R.L.; STEPHENS, D.F.; TURMAN, E.J. Influence of heat stress during early, mid and late pregnancy of gilts. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.32, p. 312-317, n.2, Feb. 1971.

QUINIOU, N.; NOBLET, J. Influence of high ambient temperatures on performance of multiparous lactating sows. **Journal of animal science**, Champaign, v.77, n. 8, p.2124-2134, Aug. 1999.

RENCHER, A.C.; SCHAALJE, G.B. **Linear Models in Statistics**. New York: Wiley-Interscience, 2008. 663p.

RODRIGUES, V.C.; SILVA, I.J.O.; VIEIRA, F.M.C.; NASCIMENTO, S.T. A correct enthalpy relationship as thermal comfort índex for livestock. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 55, n.3, p.455-459, May 2011.

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

SAS Institute, Inc. SAS/STAT 9.2 User´s Guide, 2nded. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2009.

SCHMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia animal:** Adaptação e meio ambiente. 5.ed. Cambridge University Press: Cambridge. 2002, 609 p.

SCHWARZ, T.; NOWICKI, J.; TUZ, R. Reproductive performance of polish large white sows in intensive production – effect of parity and season. **Annals of animal science**, Krakow, v.9, n.3, p.269–277, 2009.

SILVA, B.A.N. **Efeito do resfriamento do piso da maternidade sobre o desempenho produtivo e reprodutivo de porcas em lactação no verão**. 2005. 56p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

SILVA, I.J.O.; PANDORFI, H.; PIEDADE, S.M.S. Influência do sistema de alojamento no comportamento e bem-estar de matrizes suínas em gestação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.37, n.7, p.1319-1329, Jul. 2008.

SPRUYT, P.; GUAFIR,Y.; LEKEUX, P. La thermographie infrarouge dans l'etudede la thermoregulation: revue de la literature. **Annales de Médecine Vétérinaire**, Bruxelles, v. 139, p.413-418, 1995.

TURNPENNY, J.R.;WATHES, C.M.; CLARK, J.A.;MCARTHUR, A.J. Thermal balance of livestock 2. Applications of a parsimonious model. **Agricultural and Forest Meteorology,** Amsterdam, v. 101, n.1, p.29–52, Mar. 2000.

VAN DE WEERD, H.A.; DAY, J.E.L. A review of environmental enrichment for pigs housed in intensive housing systems. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 116, p. 1–20, Jan. 2009.

WILLIAMS, A.M. **Effects of heat stress on reproduction and productivity of primiparous sows and their piglets' performance**. 2009. 122p. Thesis (Magister Science) - University of Missouri-Columbia, 2009.

ZOTTI, C.A. **Desempenho, respostas fisiológicas e comportamentais de novilhas leiteiras mantidas em diferentes regimes de ventilação forçada**. 2010. 63p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, 2010.

4 PADRÃO COMPORTAMENTAL E EFICIÊNCIA REPRODUTIVA DE PORCAS GESTANTES MANTIDAS EM SISTEMAS COLETIVOS COM E SEM O USO DE CAMA

Resumo

No Brasil, grande parte dos sistemas de criação de matrizes suínas gestantes utiliza gaiolas individuais. Por outro lado, os sistemas coletivos convencionais são caracterizados pelo uso de piso de concreto, oferecendo um ambiente pobre em estímulos. O uso de cama tem sido classificado como interessante sob o ponto de vista ambiental e, relacionado ao bem-estar dos animais. Este trabalho teve como objetivo verificar o efeito do uso de dois sistemas de alojamento (coletivo e combinado) e da utilização de cama de maravalha na gestação de matrizes suínas, com relação ao padrão comportamental, lesões e eficiência reprodutiva. Para tanto, foram utilizadas 216 porcas gestantes, alojadas em 4 tratamentos, de forma a verificar o efeito de 2 sistemas de alojamento e de 2 tipos de piso. Os 2 sistemas de alojamento foram: criação em baias coletivas (sistema coletivo ou B) e alojamento coletivo a partir dos 28 dias de gestação precedido de gaiolas (sistema combinado ou GB). Os dois tipos de piso implantados foram com uso de cama de 25 cm (CC) e piso de concreto (SC), formando as seguintes combinações de tratamentos BCC, BSC, GBCC e GBSC. As variáveis comportamentais foram registradas ao longo da gestação, em 7 períodos (18 dias de observações), em 3 horários (manhã, meio dia e tarde). Concomitante às avaliações comportamentais foram registradas variáveis físicas do ambiente, sendo elas: temperatura, umidade relativa e entalpia específica do ar. As análises de lesões foram realizadas nas porcas uma semana após alojamento coletivo, com a contagem de ocorrências, por nível de gravidade, em diferentes regiões corporais. Foram registrados o número de leitões nascidos vivos, natimortos, mumificados e peso médio ao nascer. Fêmeas mantidas em ambiente com cama tiveram frequências mais altas da postura em pé (20,9 e 31,4% para GBSC e GBCC e 20,6 e 39,2% para BSC e BCC, respectivamente). Foram encontradas evidências de que o uso de cama diminuiu a ocorrência de estereotipias orais (12,30 e 6,02 para GBSC e GBCC e 8,07 e 5,69% para BSC e BCC, respectivamente). Em relação ao número de lesões corporais, o teste de *qui*-quadrado evidenciou que tratamentos contendo cama em geral tendem a apresentar menores frequências de lesões nas regiões da cabeça, paleta/pescoço e dorso/flanco. Os modelos desenvolvidos para análise dos índices produtivos mostraram que as variáveis tempo de gestação, número de leitões nascidos vivos e natimortos não foram afetados pelos tratamentos. Por outro lado, o número de mumificados mostrou-se superior no tratamento BCC, em relação à GBSC. Os resultados permitiram concluir que a atividade dos animais é alterada pela presença de cama, observando-se maior frequência da postura em pé e menor incidência de estereotipias orais. Além disso, a presença de cama reduz a incidência de lesões corporais resultantes da agressividade durante a mistura, o que denota vantagens em termos de bem-estar destes animais. Os resultados produtivos monitorados não foram alterados pelo tipo de alojamento e existência de cama, com exceção do número de mumificados.

Palavras-chave: Bem-estar animal, Suínos, Enriquecimento ambiental

Abstract

In Brazil, the great majority of gestation sow housing use individual cages, especially in the beginning of the gestation period. Furthermore, the conventional group systems typically use concrete floor, which offers poor stimulation to animals. The use of bedding has been considered advantageous from the environmental point of view, and it has also been related to animal welfare. The purpose of this paper was to observe the effect of the use of two housing systems (group and combined) and the use of bedding in the gestation of sows, in relation to patterns of behavior, of lesions and of reproductive efficiency. 216 gestating sows were housed in four treatments, in order to observe the effect of two housing systems and two types of floor during group housing. The housing systems were: group pens (P) and group housing after the 28th day of the gestation (combined system or cage pen – CP). The types of floor were: 25-cm bedding (with bedding – WB) and concrete floor (no bedding – NB), constituting the treatments PWB, PNB, CPWB and CPNB. The behavioral variables were registered along the gestation, in seven periods (18 days of observation), in three different times (in the morning, at noon and in the afternoon). Along with behavioral evaluations, the following environmental physical variables were registered: temperature, relative humidity and specific enthalpy of air. The analyses of lesions were conducted in the sows one week after the group housing. The occurrences were counted by their level of seriousness, in different body regions. We registered the number of piglets born alive, stillborn and mummified. We also registered their average weight at birth. Sows kept in the environment with bedding had higher rates of standing posture (20.9 and 31.4% for CPNB and CPWB and 20.6 and 39.2% for PNB and PWB, respectively). We found evidence that the use of bedding decreases the occurrence of oral stereotypies (12.30 and 6.02 for CPNB and CPWB and 8.07 and 5.69% for PNB and PWB, respectively). As for the number of lesions, the chi-squared test showed that treatments with bedding, in general, tend to show lower frequencies of lesions in the head, shoulder/neck and back/flank. The models developed for analyzing the productive rates showed that the following variables were not affected by the treatments: gestation time, number of piglets born alive and stillborn. On the other hand, the number of mummified piglets was higher in treatment PWB, in relation to CPNB. The results point to the conclusion that the behavior is altered by the presence of bedding (higher rates of standing posture and fewer oral stereotypies). Moreover, the presence of bedding reduces the incidence of lesions resulting from aggressiveness during group housing, which means advantages in terms of animal welfare. The productive results monitored were not altered by type of housing or by presence of bedding, except in the number of mummified piglets.

Key-words: Animal welfare, Swine, Environmental enrichment

4.1 Introdução

Um dos principais focos relacionados à discussão do bem-estar animal pela sociedade, diz respeito ao uso de gaiolas na suinocultura. A restrição de movimentos típicos da espécie suína constitui-se na principal preocupação, o que impulsiona o desenvolvimento de legislações proibindo o uso de gaiolas na gestação suína.

No Brasil, grande parte dos sistemas produtivos ainda utiliza gaiolas individuais, principalmente durante o início da gestação, fase considerada crítica em função do processo de fixação embrionária. Este argumento está em consonância com a Diretiva 2001/88/EC, que proíbe a utilização de gaiolas na gestação suína, a partir de 2013 na Comunidade Europeia, com exceção das quatro semanas iniciais da gestação (COUNCIL DIRECTIVE 2001/88/EC). No entanto, o impacto reprodutivo deste manejo em comparação com a gestação totalmente realizada em sistemas coletivos é assunto controverso (AREY; EDWARDS, 1998; CASSAR et al., 2008).

Diferentes trabalhos utilizaram o comportamento de matrizes suínas como variável no estudo do bem-estar destes animais (JANSEN et al., 2007; KARLEN et al., 2007; REMIENCE et al., 2008; SILVA; PANDORFI; PIEDADE, 2008). Assim, o comportamento animal passa ser um indicador de aspectos como o conforto térmico e o bem-estar psicológico de animais criados em ambientes confinados.

Variações de postura e localização na baia podem caracterizar mecanismos de ajuste das perdas de calor sensível (ANDERSEN et al., 2008). Desta forma, o aumento da temperatura ambiente está associado ao aumento da frequência de suínos em posição deitada (BROWN-BRANDL et al., 2001; KIEFER et al., 2009). Além disso, comportamentos classificados como estereotipias configuram indicadores de privação, ou seja, estado psicológico em que o animal não consegue experimentar estímulos que são desejados (HURNIK, 1992). Foram citadas como estereotipias típicas de porcas adultas morder grade, simular mastigação, consumir excessivamente água e enrolar língua (ZANELLA et al., 1996; BERGERON et al., 2006).

A agressividade social observada nos sistemas coletivos de criação de porcas gestantes é considerada um problema em termos de bem-estar animal e produtividade dos rebanhos. Em função disso, diferentes trabalhos utilizaram a análise comportamental e o escore de lesões de matrizes suínas gestantes (JANSEN et al., 2007; KARLEN et al., 2007; REMIENCE et al., 2008). Além de aspectos relacionados ao bem-estar das porcas, a mistura destes animais durante a gestação e a consequente agressividade social gerada, apresenta impactos fisiológicos e comportamentais nas leitegadas geradas (ISON et al., 2010).

O tipo de piso passa a ser um elemento decisivo no padrão comportamental de suínos, considerando que a postura é tida como estratégia em ambientes de alta temperatura (SAVARY et al., 2009). Além disso, elementos enriquecedores do ambiente possuem efeito em modificar o comportamento de suínos, possibilitando atender à necessidade de exploração desta espécie, o que reduz o risco do desenvolvimento de padrões anormais de comportamento (STUDNITZ; JENSEN; PEDERSEN, 2007, AVERÓS et al., 2010).

No Brasil, o uso de cama na suinocultura tem sido relacionado à incidência de problemas de estresse térmico nos animais (HIGARASHI; OLIVEIRA; COLDEBELLA, 2008). No entanto, os estudos são restritos à fase de crescimento-terminação e, o modelo predominante utiliza grandes profundidades de substratos (50 cm). O uso de menores profundidades de cama possibilita um melhor condicionamento ambiental do sistema produtivo (CORRÊA et al., 2009), o que pode ser uma alternativa interessante sob o ponto de vista da criação de porcas na fase de gestação.

A ideia de que o uso de cama pode ser uma alternativa na fase de gestação suína é fortalecida quando se considera que o substrato utilizado neste sistema pode fornecer estímulo e um canal para atividades exploratórias do ambiente, atividades que poderiam ser redirecionadas a outros animais da baia (FRASER et al., 1991).

Objetivou-se neste trabalho, verificar o efeito do uso de dois sistemas de alojamento (coletivo e combinado) e da utilização de cama na gestação de matrizes suínas, com relação ao padrão comportamental, padrão de lesões corporais e eficiência reprodutiva. Os objetivos específicos foram:

a) Avaliar o efeito do uso de cama no padrão de postura de matrizes suínas em gestação;
b) Identificar o efeito do uso de cama no padrão de atividades desenvolvido por matrizes suínas em gestação;
c) Estudar o impacto do uso de cama, na frequência e gravidade das lesões de porcas após agrupamento;
d) Identificar o efeito do alojamento adotado (coletivo e combinado) no comportamento animal;

e) Verificar o efeito do tipo de alojamento (coletivo e combinado) na frequência e gravidade das lesões de porcas após agrupamento;
f) Investigar o efeito do uso de cama e do tipo de alojamento nos índices reprodutivos de matrizes suínas em gestação.

4.2 Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida em uma granja comercial de ciclo completo localizada no Município de Itu, Estado de São Paulo, durante um ciclo de gestação, entre os meses de junho a setembro de 2010.

Foram utilizados 216 animais, distribuídos em quatro tratamentos, de forma que em cada tratamento foram alojadas 54 fêmeas divididas em três repetições. Cada repetição contou com 18 fêmeas que foram alojadas em baias coletivas na taxa de lotação de 2,5 m^2/porca, totalizando uma área total por baia de 45m^2. Desta forma, a baia foi considerada a unidade experimental e os animais, as unidades observacionais.

A estrutura dos tratamentos permitiu a avaliação do efeito do esquema de alojamento durante a gestação, bem como o efeito da presença de cama durante o alojamento em baias coletivas.

A estrutura de tratamentos foi fatorial 2 x 2, com duas formas de alojamento (GB e B) e dois tipos de piso (CC e SC), de forma a integrar os seguintes tratamentos:

T1 – Ciclo de gestação combinado com uso de cama (GBCC)

Durante o período gestacional, as fêmeas permaneceram os primeiros 28 dias em gaiolas individuais, posteriormente sendo transferidas para baias coletivas, com um leito de 25 cm de maravalha.

T2 – Ciclo de gestação combinado sem uso de cama (GBSC)

Durante o período gestacional, as fêmeas permaneceram os primeiros 28 dias em gaiolas individuais, posteriormente sendo transferidas para baias coletivas com piso de concreto.

T3 – Ciclo de gestação em baias coletivas com uso de cama (BCC)

Durante todo o período gestacional, as fêmeas permaneceram em baias coletivas com um leito de 25 cm de maravalha.

T4 – Ciclo de gestação em baias coletivas sem uso de cama (BSC)

Durante todo o período gestacional, as fêmeas permaneceram em baias coletivas com piso de concreto.

Os tratamentos GBCC e BCC (com uso de cama) e, os tratamentos GBSC e BSC (sem uso de cama) foram alojados cada um em um galpão, localizados na mesma granja. Ambas as estruturas possuíam tipologia construtiva semelhante e a disposição das baias experimentais foi a mesma.

4.2.1 Avaliação das variáveis climáticas

Foram monitoradas durante todo o período experimental as variáveis climáticas: temperatura e umidade relativa do ar. O registro foi feito por meio de sensores *dataloggers* da marca HOBO®, instalados em uma altura de 1,5 m, em um ponto representativo das condições térmicas das baias experimentais. O registro deu-se em intervalos de tempo de 10 minutos. Para a caracterização do ambiente e seus efeitos sobre o comportamento animal, foram calculados os valores médios de temperatura e umidade relativa do ar durante o período de realização das observações comportamentais: 7h30min, 12h00min e 16h30min (manhã, meio dia e tarde, respectivamente).

Com os dados climáticos registrados, foram calculados os valores de entalpia específica do ar como parâmetro de avaliação do ambiente térmico dos galpões, conforme equação proposta por Rodrigues et al. (2011).

4.2.2 Avaliação comportamental

A avaliação do comportamento dos animais foi realizada ao longo do experimento, de forma a abranger diferentes fases da gestação suína. Os tratamentos GBSC e GBCC foram avaliados em 4 períodos de 3 dias consecutivos (total de 12 dias de avaliação). Os tratamentos BSC e BCC foram avaliados em 7 períodos (quatro deles compostos de três dias consecutivos e, os três períodos subsequentes, compostos de 2 dias consecutivos, totalizando 18 dias de avaliação). Os diferentes períodos de avaliação foram intercalados por intervalos de 10 dias, de forma que em cada avaliação de comportamento, as porcas estivessem em fases gestacionais distintas (Quadro 4).

Período	Dias consecutivos de avaliação	Fase gestacional (dias em gestação)
1	3	GBSC e GBCC: 64 BSC e BCC: 26
2	3	GBSC e GBCC: 75 BSC e BCC: 37
3	3	GBSC e GBCC: 87 BSC e BCC: 49
4	3	GBSC e GBCC: 99 BSC e BCC: 61
5	2	BSC e BCC: 78
6	2	BSC e BCC: 90
7	2	BSC e BCC: 103

Quadro 4 - Períodos de avaliação comportamental, com respectivos números de dias consecutivos de análise, e fase gestacional (número de dias em gestação que as porcas encontravam-se no início do período de avaliação)

O método de observação do comportamento animal seguiu a metodologia denominada de animal-focal, com a amostragem de 6 animais em cada baia experimental. Os animais foram previamente identificados com o uso de bastões marcadores atóxicos (RADEX®) (Figura 22). Foram instantaneamente registradas a postura e a atividade dos animais, em intervalos de 10 minutos ao longo de uma hora, em três horários do dia (7h30min, 12h00min e 16h30mmin).

Figura 22 - Imagem ilustrativa da marcação individual realizada para análise comportamental

As categorias comportamentais elencadas foram adaptadas às particularidades do experimento, por meio de ensaio realizado previamente no local e, também, baseado em trabalhos de Pandorfi (2005); Karlen et al. (2007) e Munsterhjelm et al. (2009). O etograma de trabalho elaborado para o experimento está apresentado no Quadro 5.

Nos períodos 1 a 4, ocasiões em que os quatro tratamentos foram avaliados concomitantemente, em cada dia foi avaliada uma repetição de cada tratamento. Assim, em cada dia foram avaliadas quatro baias, sendo uma de cada tratamento, de forma que findado o período, todas as baias tivessem sido avaliadas (Figura 23).

Nos períodos 5 a 7, quando apenas os tratamentos BSC e BCC foram analisados, o esquema de observações seguiu outro padrão, conforme demonstrado na Figura 24. Estes períodos foram compostos de dois dias de avaliação, com o registro comportamental de todas as baias correspondentes aos tratamentos.

Categoria	Comportamento	Descrição
Postura	Deitado	Deitado ventral ou lateralmente
	Em pé	Na posição em pé
	Sentado	Na posição sentada
	Ajoelhado	Na posição ajoelhada
Atividade	Inativo	Sem nenhuma atividade aparente
	Caminhando	Em deslocamento
	Interagindo com o piso	Realizando manipulação do piso (incluindo material de cama)
	Interagindo com objetos	Interagindo com componentes da baia (comedouro, paredes e grades), sem enquadramento na categoria estereotipia
	Bebendo	Ingerindo água no bebedouro (chupeta) ou água acumulada no comedouro
	Comendo	Ingerindo ração no comedouro (sobras, normalmente no período da manhã)
	Interagindo negativamente com outros animais	Interagindo negativamente, de forma agressiva com animais da mesma baia (incluiu empurrar, morder, perseguir e ameaçar)
	Interagindo positivamente com outros animais	Interagindo positivamente com animais da mesma baia (incluiu lambiscar, cheirar e lamber partes do corpo)
	Estereotipia - Língua	Movimentando a língua repetidamente
	Estereotipia – Boca	Abrindo e fechando a boca de forma repetida, com salivação excessiva
	Estereotipia – Grade	Mordendo repetidamente as grades divisórias da baia

Quadro 5 - Etograma de trabalho utilizado na avaliação comportamental

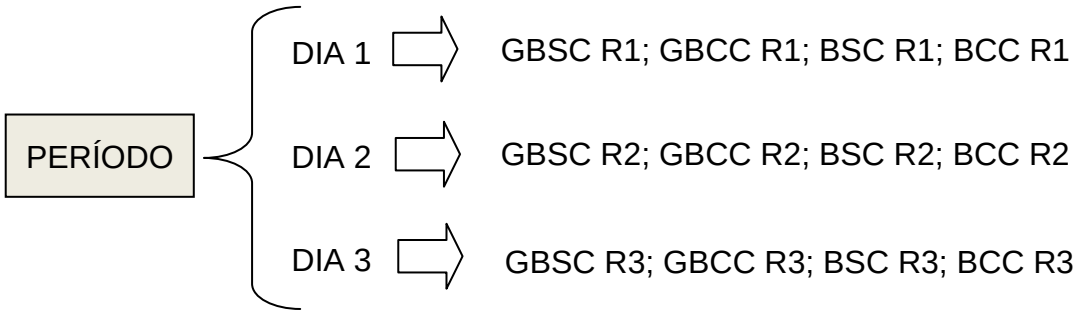

Figura 23 - Esquema adotado para a avaliação comportamental, nos períodos 1 a 4, aonde R1, R2 e R3 representam as repetições 1, 2 e 3, respectivamente, de cada tratamento

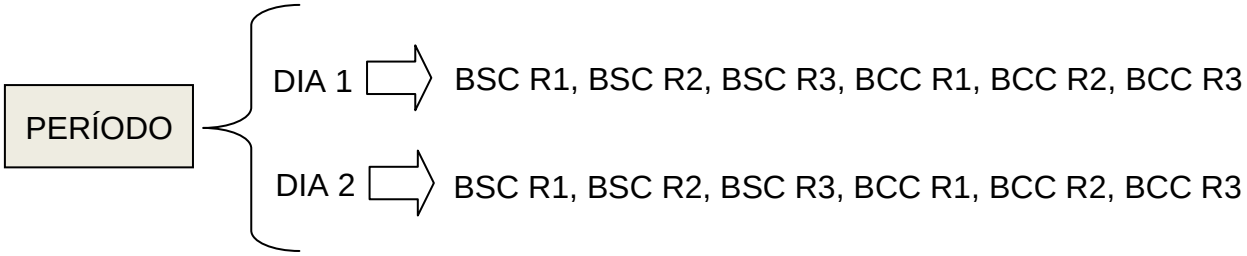

Figura 24 - Esquema adotado para a avaliação comportamental, nos períodos 5 a 7, aonde R1, R2 e R3 representam as repetições 1, 2 e 3, respectivamente, de cada tratamento

4.2.3 Avaliação do escore de lesões

Como forma indireta de medir a agressividade das porcas mantidas nos diferentes esquemas de alojamento e sistemas de piso, foi realizada a avaliação de lesões existentes nos animais. Para tanto, foi utilizada metodologia adaptada de Jansen et al. (2007) e Karlen et al. (2007) para quanti e qualificação das lesões de todos os animais experimentais.

Ao final da primeira semana após o alojamento coletivo foi realizada a análise das lesões nas regiões corporais assim denominadas (Figura 25): Orelha (1), Cabeça (2), Pescoço e paleta (3), Dorso e flanco (4), Pernil (5), rabo e região peri-anal (6) e vulva (7).

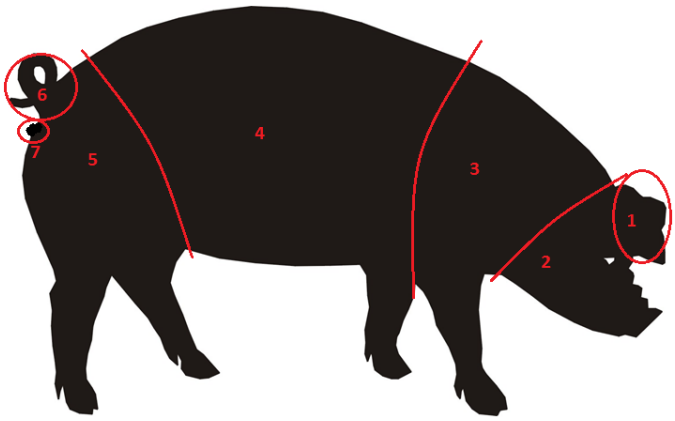

Figura 25 - Regiões corporais da análise de lesões (1 – orelhas, 2 – cabeça, 3 – pescoço e paleta, 4 – dorso e flanco, 5 – pernil, 6 – rabo e região peri-anal e 7 – vulva)

Para a análise qualitativa das lesões, estas foram classificadas como pequenas abrasões (nível 1), pequenos cortes (nível 2) e grandes lesões abertas (nível 3) (Figura 26).

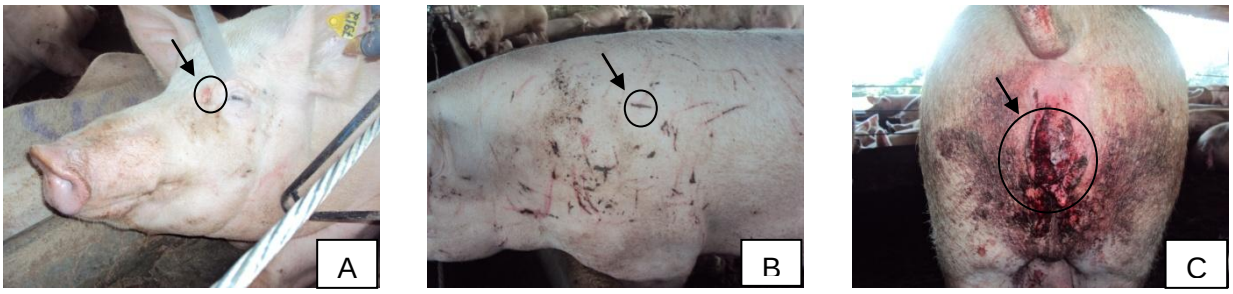

Figura 26 - Imagens ilustrativas da avaliação qualitativa das lesões corporais, (a) Lesão de nível 1, (b) Lesão de nível 2 e (c) Lesão de nível 3

4.2.4 Avaliação das variáveis reprodutivas

As fêmeas foram acompanhadas durante o parto, cujos dados reprodutivos foram registrados, sendo eles: número de dias em gestação, número de leitões nascidos vivos, número de leitões natimortos, número de leitões mumificados e peso médio ao nascer.

4.2.5 Análise estatística

Para avaliação geral do comportamento dos animais, utilizou-se análise de frequência absoluta e percentual. Para visualização geral dos resultados referentes aos

índices reprodutivos, foi realizada análise descritiva, utilizando-se para tanto os valores de média e desvio padrão.

Para uma análise mais refinada das variáveis reprodutivas utilizou-se regressão linear simples para as variáveis número de dias de gestação, número de leitões nascidos vivos e peso médio ao nascimento. Para as variáveis número de natimortos e mumificados, realizou-se análise de regressão logística, tratando-se os dados como respostas binárias. Sendo assim, a ocorrência de natimortos e mumificados, independentemente do número, foi classificada como valor 1 e a não ocorrência, como valor 0. Com base na regressão logística, foi possível estimar a razão de chances dos eventos de interesse (ocorrência de mumificados e natimortos), para cada tratamento de interesse.

Para a análise do número e grau das lesões corporais, realizou-se teste de *qui*-quadrado, seguido de análise de correspondência, caso o teste de *qui*-quadrado tenha sido significativo. Ou seja, a contagem do número de lesões de diferentes magnitudes de gravidade (níveis 1, 2 e 3) foi testada por meio do teste de *qui*-quadrado, de forma a verificar possíveis divergências entre frequências observadas e esperadas das lesões, para cada uma das regiões consideradas.

A análise de correspondência subsequente, nos casos em que esta foi possível, foi realizada de forma a converter a matriz de dados (4 tratamentos e 3 níveis de lesões, para cada região corporal) em uma representação gráfica de dimensão reduzida, na forma de pontos dispersos no gráfico. Diante das representações gráficas, foram simultaneamente analisadas a distância entre os diferentes pontos (quanto mais próximos, mais relacionados entre si), bem como a distância dos pontos em relação à origem, ou seja em relação ao cruzamento dos valores 0 dos dois componentes gráficos (quanto mais próximo da origem, maior a força de influência).

Para as análises descritas utilizou-se o *software* estatístico Minitab v.16 (MINITAB 16 STATISTICAL SOFTWARE, 2011).

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Avaliação das variáveis climáticas

A caracterização do microclima nos períodos de avaliação comportamental foi realizada a partir de dados meteorológicos registrados nos galpões com (CC) e sem (SC) o uso de cama. Os resultados médios de temperatura e umidade relativa do ar, registrados nos três horários de observação comportamental estão ilustrados nas Figuras 27 e 28, respectivamente.

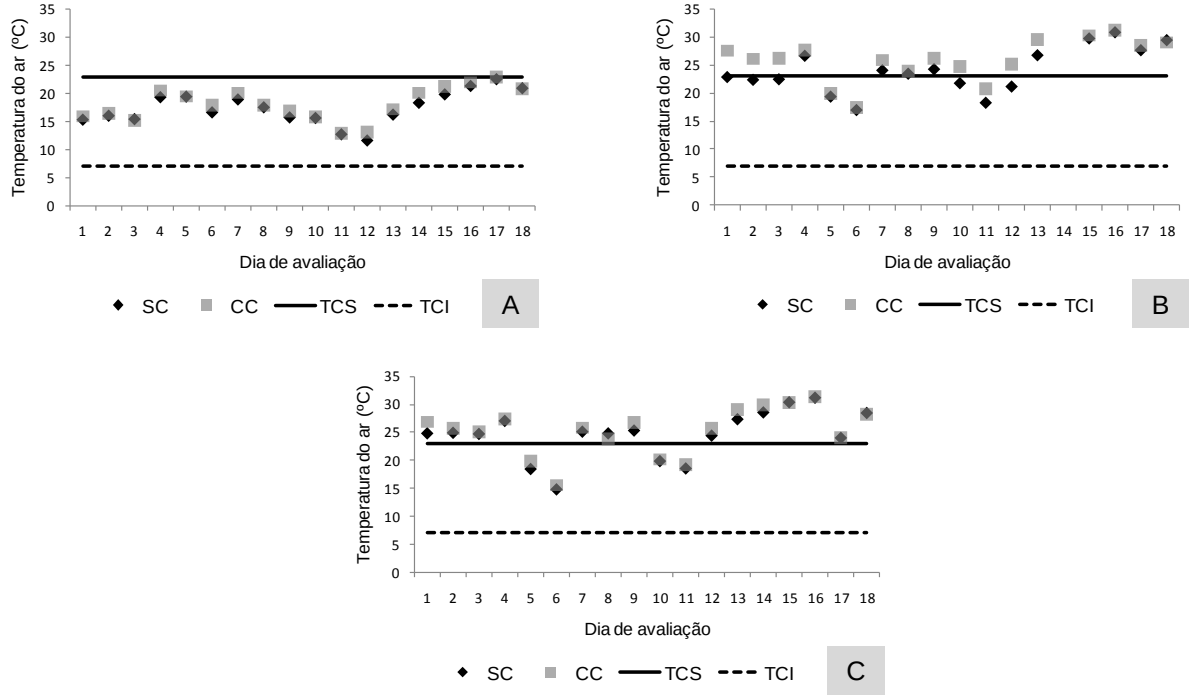

Figura 27 - Temperatura média do ar (ºC) nos horários da manhã (A), meio dia (B) e tarde (C) para os tratamentos sem (SC) e com (CC) cama. TCS: temperatura crítica superior. TCI: temperatura crítica inferior

A condição térmica apresentada na Figura 27 para os três horários de observação comportamental (A, B e C) foi contrastada com a faixa de temperatura considerada ideal adotada no trabalho de Pandorfi (2005), para matrizes suínas gestantes (7 a 23ºC). Verificou-se que no período da manhã, as condições térmicas foram adequadas em todos os dias de avaliação comportamental (Figura 27 A). Por outro lado, foram registradas temperaturas médias acima da faixa considerada ideal nos períodos do

meio dia e tarde, na maioria dos dias destinados às avaliações comportamentais (Figuras 27 B e 27 C).

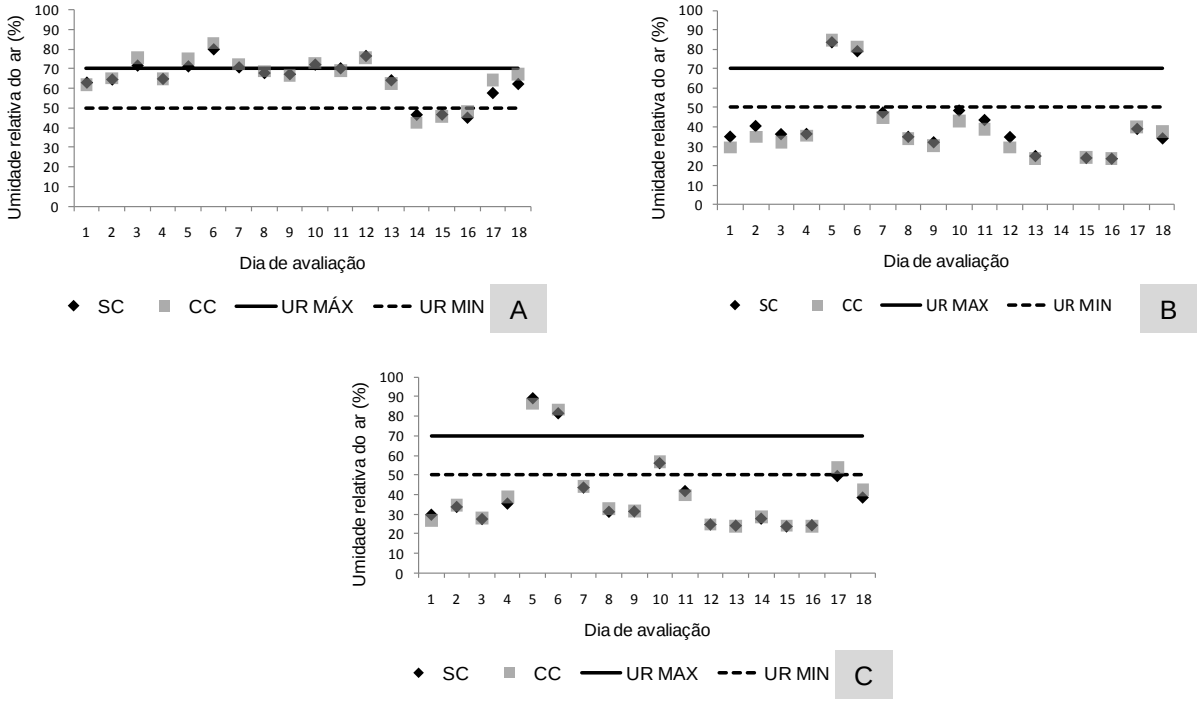

Figura 28 - Umidade relativa do ar (%) nos horários da manhã (A), meio dia (B) e tarde (C), nos tratamentos sem (SC) e com (CC) cama. UR MAX e UR MIN estabelecem respectivamente limites máximos e mínimos da faixa de umidade relativa ideal

Com relação à umidade relativa do ar média, os valores apresentados na Figura 28 ilustram que esta variável apresentou valores considerados altos no horário da manhã (Figura 28 A) e, em grande parte, baixos nos horários do meio dia e tarde. Moura (1999) apresenta a faixa de umidade relativa de 50 a 70%, como ideal para matrizes gestantes.

Embora não existam valores de referência no que diz respeito às faixas de entalpia específica do ar consideradas adequadas para a criação de suínos, a variação desta variável física é apresentada na Figura 29, para os três horários em que o comportamento foi analisado. Com esta análise, é possível considerar de forma conjunta a temperatura de bulbo seco e a umidade relativa do ar, o que classifica o ambiente zootécnico em termos de conforto térmico (RODRIGUES et al., 2011).

As faixas de conforto adotadas por Pandorfi (2005) e Moura (1999) para temperatura e umidade relativa do ar, respectivamente, caso convencionadas, implicam

em considerar uma faixa de entalpia específica de conforto de 14,8 a 53,9 kJ/kg de ar seco. Em geral, os valores apresentados nos horários de observação (Figura 29) não ultrapassaram esta faixa entálpica de conforto.

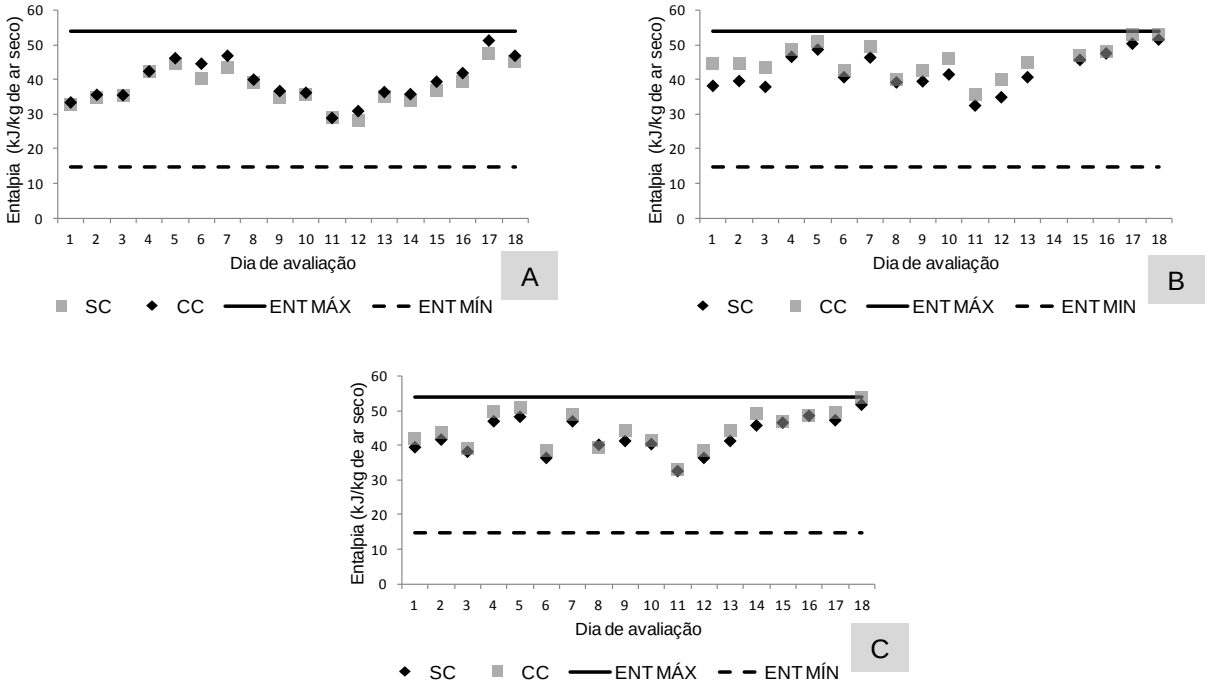

Figura 29 - Entalpia específica média do ar (kJ/kg de ar seco) nos dias de avaliação comportamental, nos horários da manhã (a), meio dia (b) e tarde (c), para os tratamentos sem (SC) e com (CC) o uso de cama

4.3.2 Avaliação comportamental

A análise do padrão de postura (Tabela 27 e Figura 30) permitiu observar que, independentemente do tratamento, a postura deitada foi mais frequente. Da mesma forma, Harris et al. (2008) verificaram que matrizes suínas gestantes, mantidas em baias de piso de concreto, permaneceram 72,6% do tempo diurno na postura deitada.

Apesar da predominância da postura deitada, a presença de cama aumentou a frequência de animais na posição em pé. A comparação entre os tratamentos GBSC e GBCC mostrou que em cama os animais permaneceram 10,5% a mais na posição em pé em relação aos animais mantidos em piso de concreto (20,9 e 31,4% na posição em pé para os tratamentos GBSC e GBCC, respectivamente). Similarmente, a análise em separado dos tratamentos BSC e BCC mostrou um aumento de 18,6% da frequência de

observação de animais em pé quando o tratamento dispunha de cama (20,6 e 39,2% para BSC e BCC respectivamente).

Tabela 27 – Frequência absoluta e porcentagem das diferentes categorias comportamentais avaliadas nos tratamentos

Comportamentos	**Frequência absoluta**				**Porcentagem (%)**			
	GBSC	**GBCC**	**BSC**	**BCC**	**GBSC**	**GBCC**	**BSC**	**BCC**
Postura								
Em pé	316	475	624	1186	20,9	31,4	20,6	39,2
Deitada	1166	954	2340	1743	77,1	63,1	77,4	57,6
Sentada	24	73	47	79	1,6	4,8	1,6	2,6
Ajoelhada	6	10	13	16	0,4	0,7	0,4	0,5
Total	1512	1512	3024	3024	100,0	100,0	100,0	100,0
Atividade								
Inativo	1066	1035	2220	1853	70,50	68,45	73,41	61,28
Caminhando	37	71	66	142	2,45	4,70	2,18	4,70
Interação com o piso	124	76	239	340	8,20	5,03	7,90	11,24
Manipulação de objetos	69	143	167	387	4,56	9,46	5,52	12,80
Bebendo	7	17	22	40	0,46	1,12	0,73	1,32
Comendo	0	32	0	22	0,00	2,12	0,00	0,73
Defecando	1	5	2	6	0,07	0,33	0,07	0,20
Urinando	2	3	3	4	0,13	0,20	0,10	0,13
Interação social positiva	10	13	9	13	0,66	0,86	0,30	0,43
Interação social negativa	3	7	4	1	0,20	0,46	0,13	0,03
Estereotipia (lingua)	0	0	1	0	0,00	0,00	0,03	0,00
Estereotipia (boca)	186	91	244	172	12,30	6,02	8,07	5,69
Estereotipia (grade)	7	19	47	44	0,46	1,26	1,55	1,46
Total	1512	1512	3024	3024	100,00	100,00	100,00	100,00

Da mesma forma que observado neste presente trabalho, Oliveira et al. (1999) verificaram que suínos na fase de crescimento terminação, criados em piso ripado e em cama profunda de maravalha, apresentaram maior frequência de comportamento de repouso (postura deitada), quando em piso ripado. Apesar das condições serem distintas em função dos tratamentos BSC e GBSC contarem com piso compacto (e não ripado, como supracitado), a presença de cama na instalação produtiva parece ter a função de estimular o comportamento exploratório dos animais, o que por si só aumenta a frequência de animais na postura em pé.

Os indicadores fisiológicos de estresse térmico apresentados no capítulo 3 mostraram maior dificuldade das matrizes suínas em cama manterem o equilíbrio térmico com o ambiente. Dentre as razões que explicam este resultado, destaca-se o

fato de que a maravalha possui características físicas que diminuem a taxa de perda de calor condutivo entre o animal e a superfície de piso, quando em comparação com o concreto. Assim, a diferença de padrão da postura deitada em concreto e em cama de maravalha pode também estar relacionada ao comportamento termorregulatório, uma vez que em concreto as perdas de calor com o piso são mais representativas.

Os animais permaneceram sentados e ajoelhados em frequências de observação menores em relação à postura deitada e em pé (Tabela 27 e Figura 30). No entanto, as porcas mantidas em cama se mantiveram um tempo maior na posição sentada, quando comparadas às porcas mantidas em piso de concreto (1,6 e 4,8% para GBSC e GBCC, e 1,6 e 2,6% para BSC e BCC, respectivamente). A maior frequência de animais na postura sentada quando existe cama no piso, pode estar ligada ao conforto proporcionado pelo substrato quando o animal assume esta posição.

Hotzel et al. (2009) avaliando o comportamento de suínos mantidos em cama de casca de arroz, maravalha, bem como de concreto, verificaram que o comportamento em ócio foi maior quando não havia cama na instalação, corroborando com os resultados do presente trabalho. Além disso, os autores supracitados verificaram que a frequência de interação com o substrato, quando este era disponível, foi de cerca de 13,6% e 10,9% nos tratamentos maravalha e casca de arroz, respectivamente.

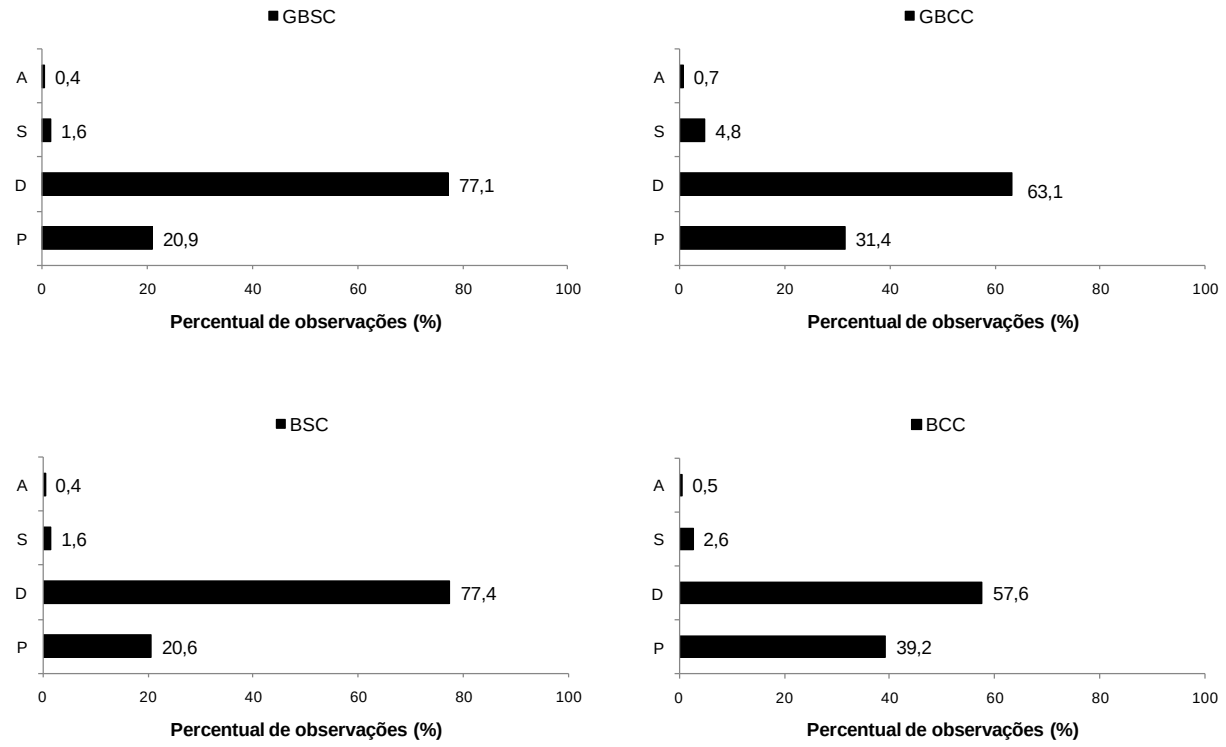

Figura 30 - Percentual (%) de observações das posturas analisadas (A: ajoelhada, S: sentada, D: deitada e P: em pé) nos tratamentos GBSC, GBCC, BSC e BCC

Apesar da inexistência de cama sobre o piso da baia, os tratamentos GBSC e BSC apresentaram uma frequência relativamente alta do comportamento interação com o piso (Tabela 27). Silva, Pandorfi e Piedade (2008), em estudo comparativo de fêmeas gestantes criadas em baias coletivas e celas individuais, ambos os sistemas com piso de concreto, classificaram como estereotipia comportamental o ato de fuçar o piso sem que exista substrato disponível. Estes autores verificaram que as fêmeas mantidas em baias coletivas permaneceram 7,99% do tempo observado fuçando o piso da baia, valor este similar aos resultados dos tratamentos sem uso de cama (GBSC e BSC), de 8,20 e 7,90%, respectivamente.

Jensen e Pedersen (2010), avaliando o efeito da disponibilidade de maravalha oferecida no cocho no comportamento de suínos na fase de crescimento, verificaram que a presença de substrato estimulou o comportamento exploratório e reduziu a interação com o piso. Estes autores apresentam resultados que demonstram a importância da existência de substratos para suínos fuçarem, especialmente quando

em restrição alimentar (condição similar às matrizes na gestação). Além disso, demonstram que o ato de fuçar o piso de concreto é classificado como um desvio comportamental em situações de ausência de substrato.

Nos tratamentos contendo cama (GBCC e BCC) os animais destinaram um percentual de 5,03 e 11,24% do tempo em interações com o piso, respectivamente. Karlen et al. (2007) observaram que porcas gestantes mantidas em baias com 30 cm de casca de arroz gastaram 5,9% (1ª semana de gestação) e 3,3% (9ª semana de gestação) do tempo observado interagindo com o piso. Estes valores são compatíveis com os resultados deste trabalho, considerando diferenças metodológicas entre os dois experimentos, principalmente com relação ao tipo de cama utilizada.

Elementos enriquecedores do ambiente possuem efeito de modificar o comportamento de suínos, possibilitando atender à necessidade de exploração destes animais (AVERÓS et al., 2010). Por outro lado, quando o ambiente é pobre pode ocorrer maior frequência de comportamentos anormais devido ao redirecionamento do comportamento exploratório e de forrageamento normais (STUDNITZ et al., 2007).

Os resultados deste estudo apontam para uma maior frequência de estereotipias comportamentais nos tratamentos sem cama (GBSC e BSC). Nestes tratamentos, foram observados percentuais de 12,76 e 9,65%, respectivamente, das estereotipias avaliadas. Em contraposição, os tratamentos com uso de cama (GBCC e BCC) apresentaram valores de 7,28 e 7,15%, respectivamente.

Os comportamentos estereotípicos orais frequentemente assemelham-se aos movimentos alimentares típicos da espécie de ungulado em questão (BERGERON et al., 2006). Assim, foram observados altos percentuais de movimentos simulatórios de mastigação (estereotipia de boca), com valores de 12,30; 6,02; 8,07 e 5,69% para os tratamentos GBSC, GBCC, BSC e BCC, respectivamente.

O comportamento social agressivo foi observado em pequena proporção nos diferentes tratamentos (0,20; 0,46; 0,13 e 0,03% nos tratamentos GBSC, GBCC, BSC e BCC, respectivamente – Tabela 27). Silva, Pandorfi e Piedade (2008) observaram ocorrência irrelevante de comportamentos agressivos em porcas mantidas em baias coletivas de 6 animais, o que os autores atribuíram ao fato das porcas utilizadas terem sido mantidas no mesmo grupo no período até a inseminação artificial. Este fato

possibilita o estabelecimento da hierarquia social anteriormente ao reagrupamento do período gestacional. Por outro lado, nas condições experimentais do presente estudo, o grupo de porcas era maior (18 matrizes) e o agrupamento anterior não aconteceu, o que pode explicar a maior incidência de agressividade.

O padrão comportamental apresentou variação marcante nos diferentes horários de observação, de forma que o hábito de descanso dos animais (Figura 31) foi mais pronunciado nos períodos do meio dia e tarde. Os percentuais de ocorrência de animais deitados nos tratamentos e horários estão apresentados na Tabela 28.

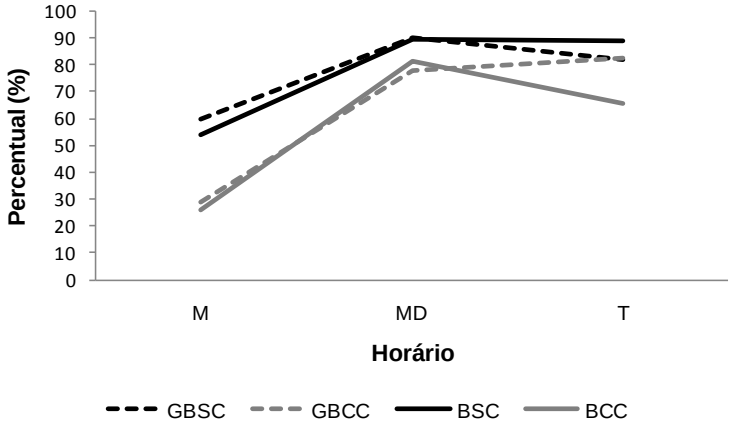

Figura 31 - Variação da porcentagem da postura “deitada” nos diferentes tratamentos, no período da manhã (M), meio dia (MD e tarde (T)

Tabela 28 – Percentuais da postura “deitada” nos diferentes tratamentos e horários do dia

Horário	Tratamentos			
	GBSC	GBCC	BSC	BCC
Manhã	59,72	28,77	53,87	26,19
Meio dia	89,88	77,98	89,58	81,15
Tarde	81,75	82,54	88,69	65,58

Independentemente do tratamento, a porcentagem de estereotipias é mais alta no período da manhã, em relação aos outros horários de observação comportamental (Figura 32 e Tabela 29), o que está associado ao período de maior atividade dos animais. Além deste aspecto, as estereotipias orais típicas de porcas são classificadas

como comportamentos oriundos do forrageamento frustrado, fato que faz com que este tipo de comportamento ocorra em horários próximos ao trato (BERGERON et al., 2006), que nas condições do presente estudo acontecia pela manhã.

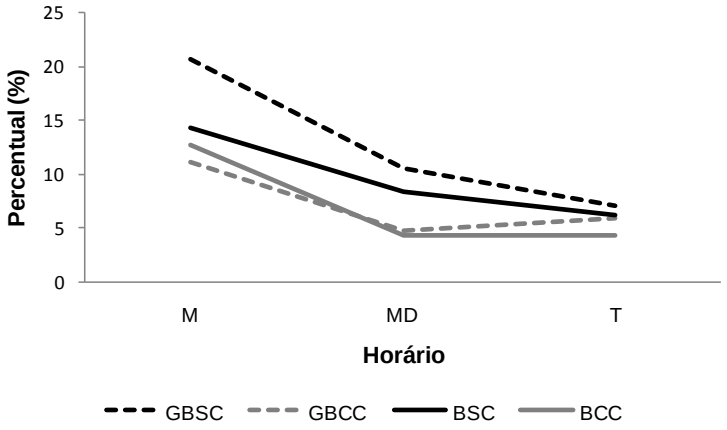

Figura 32 - Variação da porcentagem de estereotipias totais nos diferentes tratamentos, no horário da manhã (M), meio dia (MD) e tarde (T)

Tabela 29 – Percentuais (%) das estereotipias comportamentais nos diferentes tratamentos e horários do dia

Horário	Tratamentos			
	GBSC	GBCC	BSC	BCC
Manhã	20,64	11,11	14,37	12,08
Meio dia	10,52	4,76	8,43	4,27
Tarde	7,16	5,95	6,16	4,37

A Figura 33 apresenta a variação do padrão de postura, considerando-se apenas as posições deitado e em pé, nos períodos em que o comportamento animal foi avaliado (1 a 4 nos tratamentos GBSC e GBCC, e 1 a 7 nos tratamentos BSC e BCC). Na Figura, o padrão postural está sendo contrastado com as temperaturas médias do ar, em cada período do estudo.

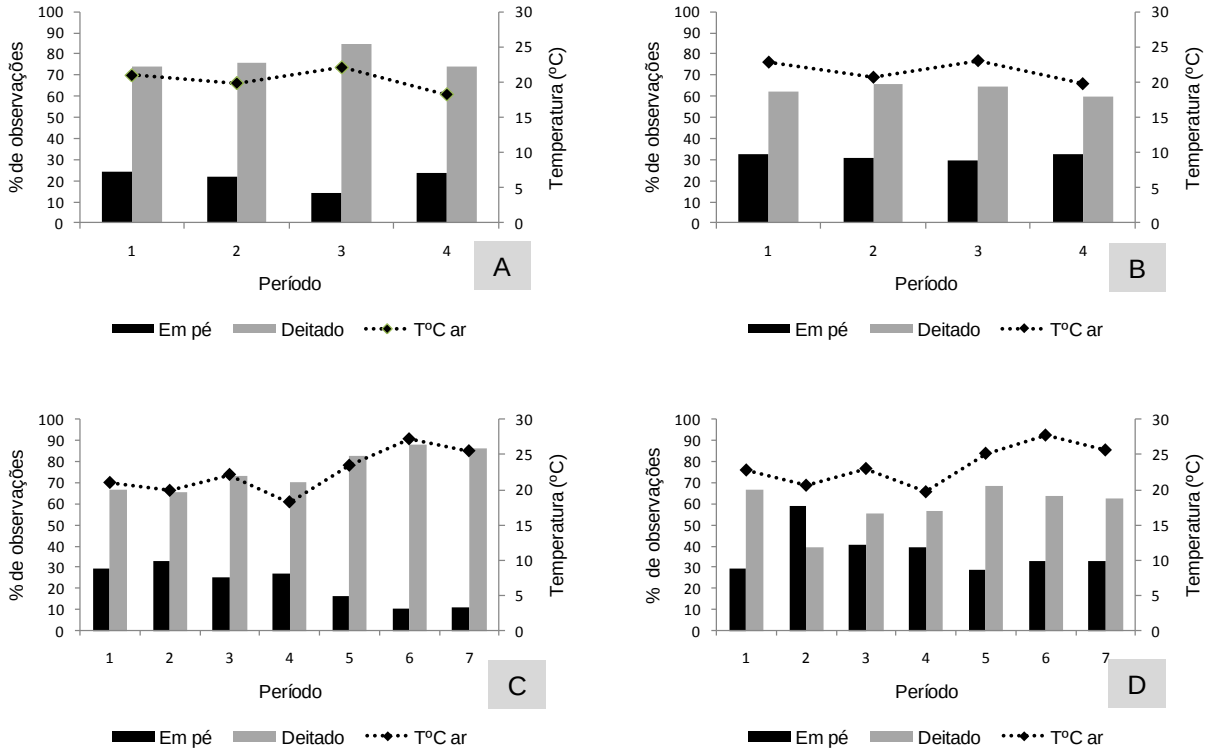

Figura 33 - Percentual de observação das principais posturas e temperatura média do ar, nos tratamentos GBSC (A), GBCC (B), BSC (C) e BCC (D), nos períodos 1 a 4 (GBSC e GBCC) e 1 a 7 (BSC e BCC)

Nos períodos analisados, a postura predominante foi a deitada (Figura 33), com exceção do período 2, ocasião que o tratamento BCC apresentou maior percentual de observações da postura em pé. A análise da temperatura média obtida em cada um dos períodos do experimento mostra uma possível relação entre o aumento do percentual de ocorrência da postura deitada e o aumento da temperatura média ambiente.

Verificou-se efeito significativo ($P<0,01$), das correlações entre o percentual de observações de animais deitados e a temperatura média do ar nos tratamentos BSC e BCC com correlações de r= 0,73 e r= 0,77, respectivamente. Em função da alta e positiva correlação apresentada, observa-se que o aumento da temperatura do ar interferiu diretamente no padrão comportamental das porcas, aumentando a frequência de animais deitados nestes dois tratamentos.

A mudança de postura pode caracterizar mecanismos de ajuste das perdas de calor sensível, sendo um indicativo do estado térmico de suínos (ANDERSEN et al., 2008).

Corroborando com os resultados do presente trabalho, Brown-Brandl et al. (2001) e Kiefer et al. (2009) verificaram que o tempo gasto por suínos na postura deitada é diretamente relacionado ao acréscimo da temperatura do ar.

4.3.3 Análise de lesões

A quantificação das lesões nos diferentes tratamentos, por nível de gravidade (1, 2 e 3) é apresentada na Tabela 30. Quando porcas são agrupadas ocorre comportamento agressivo para que a estabilidade social seja constituída (ENGLISH; SMITH; MACLEAN, 1982). Desta forma, a contagem das ocorrências de lesões de diferentes níveis de gravidade, após uma semana do alojamento em grupo representa uma medida indireta do comportamento agressivo desempenhado pelas matrizes submetidas a diferentes formas de alojamento e tipos de piso.

Tabela 30 – Número de lesões de nível 1, 2 e 3, nas regiões da cabeça (cab), orelha (or), paleta e pescoço (PP), dorso e flanco (DF), pernil (per), rabo (rab) e vulva (vul), nos diferentes tratamentos

Tratamento		Região							
	Nível	Cab	Or	PP	DF	Per	Rab	Vul	Total
BCC	1	160	165	383	213	167	21	11	1120
	2	46	79	202	64	49	3	0	443
	3	0	1	0	8	1	0	0	10
	Total	206	245	585	285	217	24	11	1573
BSC	1	208	167	556	220	190	14	12	1367
	2	83	85	254	86	61	0	1	570
	3	0	1	9	0	0	0	0	10
	Total	291	253	819	306	251	14	13	1947
GBCC	1	173	173	333	112	105	8	15	919
	2	27	91	185	64	26	0	1	394
	3	0	0	0	1	0	0	0	1
	Total	200	264	518	177	131	8	16	1314
GBSC	1	173	148	417	239	153	4	17	1151
	2	79	71	339	106	69	1	1	666
	3	0	0	0	5	3	0	0	8
	Total	252	219	756	350	225	5	18	1825

Foram verificados maiores valores absolutos, especificamente de lesões de nível 1 e 2, nas porcas alojadas nos tratamentos sem o uso de cama (BSC e GBSC) (Tabela 30 e Figura 34).

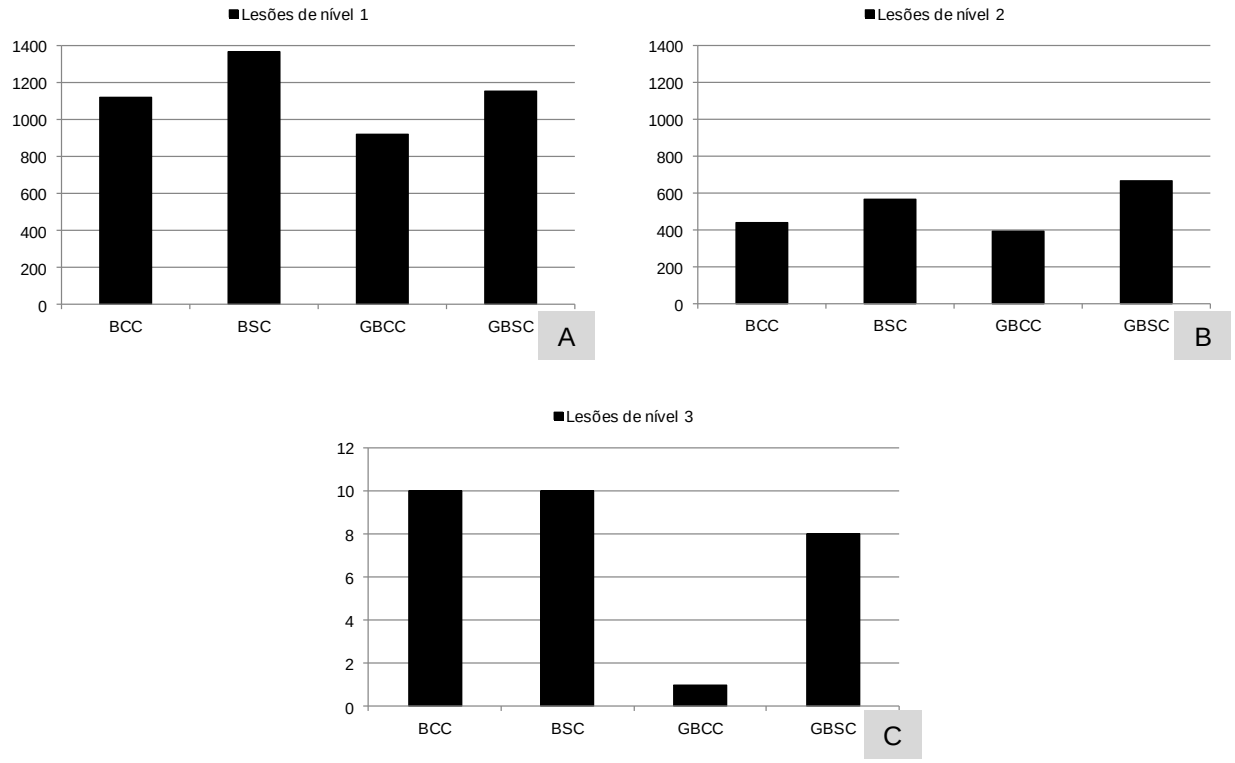

Figura 34 – Número total de lesões de nível 1 (A), 2 (B) e 3 (C) nos diferentes tratamentos estudados

A região dianteira dos animais (cabeça, orelha, paleta/pescoço) apresentou maior frequência de lesões em relação à traseira. Estes dados corroboram com aqueles obtidos por Remience et al. (2008), que utilizaram o escore de lesões para avaliar diferentes taxas de lotação para alojamento em grupo de matrizes suínas. Estes autores obtiveram valores de contagem de lesões de 53, 32 e 15% nas regiões dianteira (cabeça, pescoço, paleta), mediana (dorso e flanco) e traseira (pernil, rabo e vulva), respectivamente.

Os resultados do teste de *qui*-quadrado realizado para os dados de lesões corporais estão resumidos na Tabela 31. O teste foi significativo ($P<0,05$) nas regiões da cabeça, pescoço/paleta, dorso/flanco e pernil. A Tabela apresenta na 5ª coluna a

combinação de tratamento e ocorrência de lesões mais representativa para o resultado do teste ser significativo.

Os resultados confirmatórios obtidos pelo teste de *qui*-quadrado (Tabela 31) evidenciam o que foi observado por meio da análise exploratória dos dados. Em geral, os tratamentos contendo cama (GBCC no caso da cabeça e BCC, no caso do dorso e flanco) apresentaram os valores observados de quantificação de lesões abaixo dos valores esperados pelo teste *qui*-quadrado. De forma também coerente com a análise exploratória dos dados, os tratamentos sem o uso de cama (GBSC no caso da paleta/pescoço e pernil) apresentaram valores de lesões acima do que era esperado pelo teste realizado.

Tabela 31 – Valores obtidos do teste de *qui*-quadrado (QQ) para cada região corporal em que o teste apresentou-se significativo

Região	QQ	p-valor	GL	Maior contribuição no teste	Valor esperado	Valor observado
Cabeça	22,35	<0,001	3	GBCC – lesões de nível 2	49,53	27
Pescoço/paleta	30,25	<0,001	3	GBSC – lesões de nível 2	279	339
Dorso/flanco	7,88	0,049	3	BCC – lesões de nível 2	85,14	72
Pernil	8,11	0,044	3	GBSC – lesões de nível 2	57,07	72

Os resultados deste trabalho confirmam afirmações de Averós et al. (2010). Segundo meta-análise realizada por estes autores, a percentagem de tempo gasto com comportamentos sociais negativos aumentou com o tamanho do grupo na ausência de cama, mas permaneceu praticamente constante quando cama foi fornecida. Desta forma, o emprego de cama nos moldes estabelecidos por este presente trabalho proporcionou menores lesões durante a mistura, o que é um indicativo de menor ocorrência de agressividade e, portanto, um aspecto positivo em relação ao bem-estar desta categoria animal.

Outro aspecto importante de ser apontado é que os maiores valores de *qui*-quadrado foram observados na cabeça e pescoço/paleta, regiões mais afetadas pelo comportamento agressivo observado durante a mistura de matrizes suínas. De acordo com Remience et al. (2008), lesões devido a lutas e agressões se localizam especialmente na região anterior do animal (cabeça, orelha e paleta), enquanto que lesões de vulva, rabo e pernil originam-se de competição por alimento. Ou seja, no

presente estudo, as lesões localizadas na região traseira foram pouco afetadas pelo tipo de alojamento e pelo tipo de piso da instalação, sendo dependentes de aspectos que não variaram nos diferentes tratamentos, como taxa de lotação e manejo de alimentação.

Para as regiões em que o teste de *qui*-quadrado foi significativo, realizou-se análise de correspondência dos dados, o que gerou as representações gráficas apresentadas na Figura 35 (A, B, C e D), para cabeça, paleta/pescoço, dorso/flanco e pernil, respectivamente.

A análise de correspondência para a região da cabeça (Figura 35 – A) apresenta os componentes cab 2 (número de lesões na cabeça) e GBCC longes entre si e ambos distantes da origem (cruzamento dos eixos). A distância em relação à origem destes componentes confirma que a contribuição para o teste *qui*-quadrado de ambos é grande. Além disso, o fato de cab 2 e GBCC estarem distantes entre si na representação gráfica mostra que a ocorrência de lesões de nível 2 não está associada ao tratamento GBCC. As mesmas considerações podem ser feitas no que diz respeito aos componentes BCC e DF2 (lesões de nível 2 no dorso/flanco), na Figura 35 – C. Estes encontram-se distantes entre si, mostrando pouca associação. Além disso, a maior distância dos mesmos em relação à matriz revela maior contribuição para o teste *qui*-quadrado.

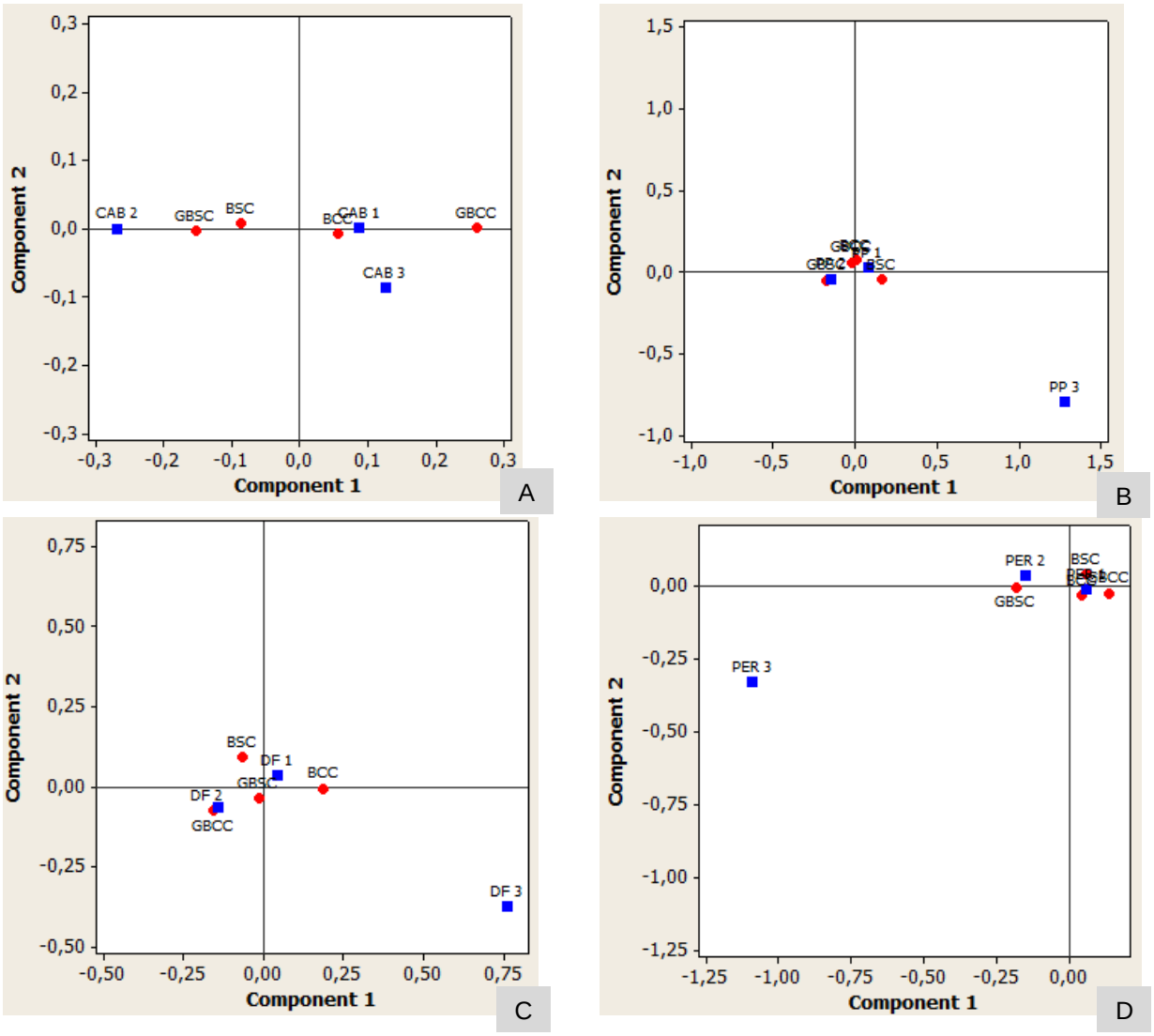

Figura 35 – Representações gráficas da análise de correspondência realizada para interpretação da relação existente entre grau de lesões e tratamento verificado, nas regiões da cabeça (A), paleta/pescoço (B), dorso/flanco (C) e pernil (D)

Apesar das evidências apresentadas neste presente trabalho de que a existência de cama diminui a incidência de lesões corporais, não foram encontradas menores frequências de comportamento agressivo (comportamento social negativo) nestes tratamentos. A metodologia empregada para avaliação comportamental (avaliação instantânea) talvez tenha impossibilidade o reconhecimento deste padrão comportamental diferenciado nos diferentes tratamentos.

Arey e Edwards (1998) revisando a literatura existente sobre comportamento agressivo de porcas durante a mistura mencionam que a existência de cama nas instalações não possui efeito sobre o nível de agressividade desta categoria animal. Os

resultados deste presente estudo divergem do apontamento de Arey e Edwards (1998), revelando que a existência de cama reduziu o nível de lesões corporais resultantes da agressividade, em maior grau nas regiões da cabeça e pescoço/paleta, áreas especialmente atingidas durante o comportamento agressivo típico da espécie suína.

4.3.4 Variáveis reprodutivas

Na Tabela 32 estão apresentadas as médias e desvios padrões referentes às variáveis reprodutivas analisadas. Ocorreram perdas não consideradas nesta análise, relacionadas a retornos de cio, abortos e morte de animais durante o experimento, que estão apresentadas na Tabela 33. Em função das matrizes utilizadas nos tratamentos GBSC e GBCC não terem sido acompanhadas durante o período inicial da gestação, as taxas de parição dos tratamentos não são comparáveis entre si.

Tabela 32 - Médias e desvios padrões das variáveis número de dias de gestação (DG), número de leitões nascidos vivos (NV), natimortos (NM), mumificados (MM) e peso médio do leitão (PL) em relação ao tratamento analisado

Tratamento	DG	NV	NM	MM	PL
GBSC	114,68 ± 1,56	12,84 ± 2,46	0,38 ± 0,79	0,05 ± 0,23	1,46 ± 0,21
GBCC	114,45 ± 1,61	12,00 ± 2,64	0,45 ± 0,76	0,45 ± 0,92	1,51 ± 0,31
BSC	114,55 ± 1,01	12,86 ± 2,38	0,31 ± 0,88	0,41 ± 0,83	1,40 ± 0,19
BCC	114,23 ± 1,31	11,84 ± 2,76	0,29 ± 0,78	0,61 ± 0,99	1,46 ± 0,22

Tabela 33 - Número e percentual de retornos de cio (RC), abortos (AB) e mortes (M) durante o experimento, de acordo com o tratamento

Tratamento	RC		AB		M	
	N	%	n	%	N	%
GBSC	-	-	1	1,9	-	-
GBCC	-	-	1	1,9	-	-
BSC	5	9,2	2	3,7	-	-
BCC	4	7,4	1	1,9	1	1,9

O modelo desenvolvido para a variável número de dias em gestação considerou os efeitos de ordem de parto, baia e tratamento, sendo significativa apenas a variável

ordem de parto (P<0,05). O modelo de regressão linear simples estimou que o aumento de uma unidade na ordem de parto ocasionou aumento de cerca de 0,25 dias no período total de gestação das matrizes suínas avaliadas. Apesar da alta significância observada do efeito de ordem de parto no número de dias em gestação, o coeficiente de determinação (r^2) apresentou valor baixo (11%), indicando que a ordem de parto contribui para a resposta número de dias em gestação, no entanto, outros fatores apresentam efeito nesta mesma resposta, em maior proporção em relação à ordem de parto tomada de forma isolada.

Com relação ao número de leitões nascidos vivos, não houve efeito significativo de baia, ordem de parto e tratamento. Desta forma, o sistema de alojamento das porcas (combinação de gaiola e baias coletivas, bem como uso exclusivo de baias coletivas) e o tipo de piso no alojamento coletivo não afetaram significativamente o número de leitões nascidos vivos.

O número de leitões nascidos vivos (Tabela 32) em todos os tratamentos apresentaram valores maiores em relação aos encontrados por Karlen et al. (2007), em experimento comparativo da gestação em gaiolas e em baias contendo cama (10,1 e 10,2 leitões nascidos vivos no sistema em gaiolas e em cama, respectivamente).

Os dados relacionados a número de natimortos foram tratados como respostas binárias e a regressão logística aplicada a esta variável detectou efeito significativo apenas para ordem de parto, não apresentando efeito de tratamento e baia. Esta análise permitiu verificar que para cada aumento de uma unidade na ordem de parto, é aumentada a chance de ocorrer natimortos em 1,3 vezes. Por outro lado, sistema de alojamento e tipo de piso não afetaram a probabilidade de ocorrência de natimortos.

A regressão logística aplicada ao número de mumificados permitiu verificar efeito significativo de tratamento. Tomando-se como base o tratamento BCC, este possui 11 vezes mais chance de gerar mumificados, em relação ao tratamento GBSC (p<0,05).

O peso médio do leitão ao nascer foi analisado por meio de um modelo de regressão linear simples, não evidenciando efeito significativo de nenhuma variável testada.

Arey e Edwards (1998) mencionaram diferentes implicações práticas resultantes do comportamento agressivo durante a mistura de fêmeas suínas em período gestacional.

Estas agressões geram respostas fisiológicas ao estresse e estas podem ter efeitos negativos nos índices reprodutivos, que podem ser evitáveis se a exposição ao estresse social ocorrer em período diferente da implantação embrionária. No entanto, no presente estudo, de todos os índices avaliados, apenas o número de leitões mumificados foi afetado negativamente pelo manejo de agrupamento durante a fixação embrionária, especificamente em relação ao tratamento BCC.

Cassar et al. (2007) avaliaram o efeito do alojamento de matrizes suínas em grupo, em diferentes fases gestacionais no momento da mistura. Estes autores estudaram a mistura após 2, 7, 14, 21 e 28 dias em relação à inseminação artificial e os efeitos no número de leitões nascidos e taxa de parição. Estes autores não encontraram efeito da fase de gestação durante a mistura nos parâmetros de fertilidade analisados. Da mesma forma, o presente estudo não encontrou diferenças em relação ao número de leitões nascidos vivos, em relação ao tipo de alojamento (mistura aos 5 e aos 28 dias de gestação), bem como ao tipo de piso durante o alojamento em baias coletivas.

4.4 Conclusões Parciais

De acordo com os resultados obtidos nesta pesquisa, conclui-se que:

a) O uso de cama durante o alojamento em grupo de matrizes suínas gestantes altera o padrão de postura dos animais, demonstrando que animais submetidos a substrato permanecem menos na postura deitada;
b) O uso de cama durante o alojamento em grupo modifica o padrão de atividades desempenhado pelos animais, principalmente no que se refere a uma menor frequência de estereotipias orais;
c) O uso de cama proporciona menor incidência de lesões corporais após uma semana do alojamento em grupo, o que indica menor efeito do comportamento agressivo dos animais durante a formação da hierarquia social;
d) Não foram observadas evidências de que o tipo de alojamento (coletivo ou combinado) afeta o comportamento animal;
e) Não foram observadas evidências de que o tipo de alojamento (coletivo ou combinado) afeta a frequência e gravidade das lesões de porcas após agrupamento;

f) Não foram encontradas evidências de que a presença de cama afeta a duração da gestação, o número de leitões nascidos vivos, a taxa de natimortos, bem como o peso médio do leitão ao nascer. No entanto, o número de leitões mumificados apresentou-se maior na condição de alojamento coletivo, com uso de cama.

Referências

ANDERSEN, H.M.L.;JØRGENSEN, E.;DYBKJÆR, L.;JØRGENSEN, B. The ear skin temperature as an indicator of the thermal comfort of pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 113, n.1, p. 43–56, Sept. 2008.

AREY, D.S.; EDWARDS, S.A. Factors influencing aggression between sows after mixing and the consequences for welfare and production. **Livestock Production Science,** Amsterdam, v.56, p. 61-70, Oct. 1998.

AVERÓS, X.;BROSSARD, DOURMAD, L.J.Y.; GREEFC, K.H.; EDGE, H.L.;. EDWARDS, S. A.; MEUNIER-SALAUN, M.C. A meta-analysis of the combined effect of housing and environmental enrichment characteristics on the behaviour and performance of pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 127, p.73–85, Oct. 2010.

BERGERON, R.; BADNELL-WATERS, A.J.; LAMBTON,S.; MASON,G. Stereotypic Oral Behaviour in Captive Ungulates: Foraging, Diet and Gastrointestinal Function. In: MASON, G. (Ed.). **Stereotypic Animal Behaviour:** Fundamentals and Applications to Welfare. Guelf: CAB International, 2006. chap. 2, p. 19-57.

BROWN-BRANDL, T.M.; EIGENBERG, R.A.; NIENABER,J.A.; KACHMAN, S.D. Thermoregulatory profile of a newer genetic line of pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 71, n.3, p. 253–260, Oct. 2001.

CASSAR, G.; KIRKWOOD, R.N.; SEGUIN, M.J.; WIDOWSKI, T.M.; FARZAN, A.; ZANELLA, A.J.;FRIENDSHIP, R.M. Influence of stage of gestation at grouping and presence of boars on farrowing rate and litter size of group-housed sows. **Journal of Swine Health and Production**, Perry, v.16, p.81-85. Mar, 2008.

CORRÊA, E.K.; BIANCHI, I.; ULGUIM, R.R.; CORRÊA, M.N.; GIL-TURNES, C.; LUCIA JÚNIOR, T. Effects of different litter depths on environmental parameters and growth performance of growing finishing pigs. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.3, 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782009000300031&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 5 nov. 2010.

COUNCIL DIRECTIVE 2001/88/EC. Disponível em <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32001L0088:EN:NOT>. Acesso em: 20 abril 2011.

ENGLISH, P.R.; SMITH, W.J.; MACLEAN, A. Welfare of the sow and her piglets. In:_____. **The sow improving her efficiency**. 2nd ed. Farming Press, 1982. chap.?, p.328 – 343.

FRASER, A.F.; PHILLIPS, P.A.; THOMPSON, B.K.; TENNESSEN, T. Effect of straw on the behaviour of growing pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 30, p.307-318, May 1991.

HARRIS, M.J.; PAJOR, E.A.; SORRELLS, A.D.; EICHER, S.D.; RICHERT, B.T.; MARCHANT-FORDE, J.N. Effects of stall or small group gestation housing on the production, health and behaviour of gilts. **Livestock Science**, Amsterdam, v.102, p.171-179, Mar. 2006.

HIGARASHI, M.M.;OLIVEIRA, P.A.V.;COLDEBELLA, A. Seasonal Influence in the Performance of Growing and Finishing Pigs Raised in Deep Bedding System in South of Brazil. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM (ILES VIII), 8., 2008. Foz do Iguaçu. **Anais…**Foz do Iguaçu: CIGR, 2008. 1v.

HOTZEL, M.J.; LOPES, E.J.C; OLIVEIRA, P.A.O.; GUIDONI, A.L. Behaviour and performance of pigs finished on deep bedding with wood shavings or rice husks in summer. **Animal Welfare,** Hertfordshire**,** v.18, p. 65-71, 2009.

HURNIK, J.F. Behaviour. In: PHILLIPS, C.; PIGGINS, D. (Ed.). **Farm animals and environment**. Wallingford: CAB International, 1992. chap. 13, p. 235 – 244.

ISON, S.H; D'EATH, R.B.; ROBSON, S.K. ; BAXTER, E.M.; ORMANDY, E.; DOUGLAS, A.J.; RUSSELL, J.A.; LAWRENCE, A.B.; JARVIS, S. 'Subordination style' in pigs? The response of pregnant sows to mixing stress affects their offspring's behaviour and stress reactivity. **Applied Animal Behaviour Science,** Amsterdam, v. 124, p. 16-27, 2010.

JANSEN, J.; KIRKWOOD, R.N.; ZANELLA, A.J.; TEMPELMAN, R.J. Influence of gestation housing on sow behavior and fertility. **Journal of Swine Health and Production,** Perry. v.15, n. 3, p.132–136, May/June 2007.

JENSEN, M.B.; PEDERSEN, L.J. Effects of feeding level and access to rooting material on behavior of growing pigs in situations with reduced feeding space and delayed feeding. **Applied Animal Behaviour Science,** Amsterdam, v.123, p.1-6, 2010.

KARLEN, G.; HEMSWORTH, P.H.; GONYOU, H.W.G.; FABREGA, E.;STROM, A.D.; SMITS, R.J. The welfare of gestating sows in conventional stalls and large groups on deep litter. **Applied Animal Behaviour Science,** Amsterdam, v.105, p. 87–101, June 2007.

KIEFER, C.; MEIGNEN, B.C.G.; SANCHES, J.F.; CARRIJO, A.S. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas, **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 58, n.221, p. 55-64, Mar. 2009.

MINITAB 16 STATISTICAL SOFTWARE. **Computer software.** Stage College: Minitab, Inc., 2011.

MOURA, D.J. Ventilação na suinocultura. In: SILVA, I.J.O (Ed.). **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1999. p.149-179.

MUNSTERHJELM, C.; PELTONIEMIM, O.A.T.; HEINONEN, M.; HALLI, O.; KARHAPAA, M.; VALROS, A. Experience of moderate bedding affects behaviour of growing pigs. **Applied Animal Behaviour Science,** Amsterdam, v.118, p.42–53, Apr. 2009.

OLIVEIRA, P.A.; MEUNIER-SALAÜM, M.C.; ROBIN, P.; TONNEL, N.; FRABOULE, J.B. Analyse du comportement du porc en engraissement eleve sur litiére de sciure ou sur caillebotis integral**. Journées de Recherche Porcine en France**, Paris, v.31, n.4, p.117-123, 1999.

PANDORFI, H. **Comportamento bioclimático de matrizes suínas em gestação e o uso de sistemas inteligentes na caracterização do ambiente produtivo: suinocultura de precisão**. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005. 199p.

REMIENCE,V.; WAVREILLE, J.; CANART,B.; MEUNIER-SALAU¨N, M.C.; PRUNIER, A. BARTIAUX-THILL, N.;NICKS, B.; VANDENHEEDE, M. Effects of space allowance on the welfare of dry sows kept in dynamic groups and fed with an electronic sow feeder. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 112, n.3, p. 284–296, Aug. 2008.

RODRIGUES, V.C.; SILVA, I.J.O.; VIEIRA, F.M.C.; NASCIMENTO, S.T. A correct enthalpy relationship as thermal comfort índex for livestock. **International Journal of Biometeorology,** Lisse, v. 55, n.3, p.455-459, May 2011.

SAVARY, P.; GYGAX, L.; WECHSLER, B; HAUSER, R. Effect of a synthetic plate in the lying area on lying behaviour, degree of fouling and skin lesions at the leg joints of finishing pigs. **Applied Animal Behaviour Science,** Amsterdam, v.118, n.1, p.20–27, Apr. 2009.

SILVA, I.J.O.; PANDORFI, H.; PIEDADE, S.M.S. Influência do sistema de alojamento no comportamento e bem-estar de matrizes suínas em gestação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.37, n.7, p.1319-1329, Jul. 2008.

STUDNITZ, M.; JENSEN, M.B.;' PEDERSEN, L.J. Why do pigs root and in what will they root? A review on the exploratory behaviour of pigs in relation to environmental enrichment. **Applied Animal Behaviour Science**, Amesterdam, v. 107, n.3/4, 183-197p. Nov. 2007.

ZANELLA, A.J.; BROOM, D.M.; HUNTER, J. C.; MENDL, M.T. Brain Opioid Receptors in Relation to Stereotypies, Inactivity, and Housing in Sows. **Physiology & Behavior**, Elmsford, v. 59, n.4, p.769-775, Apr. 1996.

4 CONCLUSÕES FINAIS

a) Aspectos termodinâmicos relacionados ao sistema produtivo são afetados negativamente nos sistemas contendo cama;

b) Os indicadores fisiológicos demonstraram estresse por calor quando cama estava presente no sistema;

c) Os padrões de postura e atividade são alterados pela presença de cama, observando-se maior frequência da postura em pé e menor incidência de estereotipias orais. Como metodologia indireta de avaliar o comportamento agressivo, verificou-se redução da frequência de lesões corporais quando cama estava presente no alojamento coletivo;

d) A presença de cama e o tipo de alojamento não afetaram a duração da gestação, o número de leitões nascidos vivos, a taxa de natimortos, bem como o peso médio do leitão ao nascer. No entanto, o número de leitões mumificados apresentou-se maior na condição de alojamento coletivo, com uso de cama.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

a) A utilização de cama para a produção de matrizes suínas gestantes deve ser considerada uma alternativa tecnológica interessante, principalmente sob o ponto de vista do bem-estar comportamental e psicológico destes animais. Isto se deve, principalmente, pelo maior enriquecimento ambiental criado a partir da inclusão de substratos no ambiente produtivo, o que permite a estes animais exercerem o hábito exploratório do ambiente;
b) A síntese dos resultados obtidos por este trabalho apresenta um balanço de elementos relativos ao bem-estar animal que não são atingidos ao mesmo tempo. Ou seja, apesar dos indícios positivos do uso de cama sobre os aspectos comportamentais, existem evidências que este sistema leva a prejuízos relacionados ao conforto térmico;
c) Sob condição microclimática similar à região do estudo, formas de climatização do ambiente produtivo devem acompanhar o sistema de criação de matrizes suínas gestantes em cama. Desta forma, será possível associar conforto térmico a outros quesitos do bem-estar animal;
d) Devem ser investigadas outras formas de enriquecimento ambiental, bem como o uso de diferentes materiais como cama na criação de matrizes suínas em gestação. Desta forma, será possível subsidiar o meio produtivo com informações científicas voltadas ao alojamento coletivo de porcas, vislumbrando a maior representatividade deste modelo no cenário futuro da suinocultura brasileira e mundial;
e) O alojamento coletivo de matrizes suínas gestantes, sem a criação prévia em gaiolas deve ser ainda investigado a fim de serem comprovadas possíveis perdas em nível de taxa de parição. No entanto, os resultados produtivos evidenciados por este trabalho apresentam indícios da viabilidade técnica de se realizar a gestação totalmente em baias coletivas, o que representa um ganho em termos de bem-estar animal.