

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**PRODUTIVIDADE E BEM-ESTAR DE PORCAS  
GESTANTES ALOJADAS EM BAIAS COLETIVAS  
COM PISO DE CONCRETO OU CAMA SOBREPOSTA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Raquel Melchior**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2012**

**PRODUTIVIDADE E BEM-ESTAR DE PORCAS  
GESTANTES ALOJADAS EM BAIAS COLETIVAS COM  
PISO DE CONCRETO OU CAMA SOBREPOSTA**

**Raquel Melchior**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para obtenção de grau de  
**Mestre em Zootecnia**

**Orientador: Profº Dr. Irineo Zanella**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2012**

M518p Melchior, Raquel

Produtividade e bem-estar de porcas gestantes alojadas em baias coletivas com piso de concreto ou cama sobreposta / por Raquel Melchior. – 2012.

79 f. ; il. ; 30 cm

Orientador: Irineo Zanella

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, RS, 2012

1. Bem-estar animal 2. Cortisol 3. Desempenho 4. Sistema de alojamento  
5. Suinocultura I. Zanella, Irineo II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por Cláudia Terezinha Branco Gallotti – CRB 10/1109

Biblioteca Central UFSM

---

©2012

Todos os direitos autorais reservados a Raquel Melchior. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

---

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

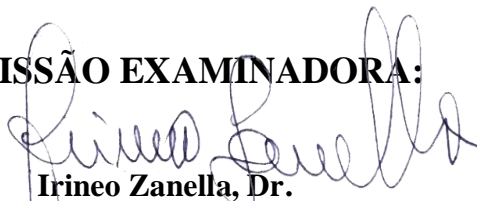
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**PRODUTIVIDADE E BEM-ESTAR DE PORCAS GESTANTES  
ALOJADAS EM BAIAS COLETIVAS COM PISO DE CONCRETO OU  
CAMA SOBREPOSTA**

elaborada por  
**Raquel Melchior**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Zootecnia**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**



**Irineo Zanella, Dr.**  
(Presidente/Orientador)



**Marcos Martinez do Vale, Dr. (UFSM)**



**Vladimir de Oliveira, Dr. (UFSC)**

Santa Maria, 16 de Fevereiro de 2012

## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais **Virginia e Ejair**, mentores desta conquista,  
grandes mestres e incentivadores, pelo amor incondicional.*

*Aos meus irmãos **Rodrigo e Rosana** pelo apoio e carinho.*

*Ao meu noivo **Alexandre**, pelo amor, companheirismo e apoio.*

*A minha cunhada **Jaqueline**, cunhado **Carlos** e sobrinho **Renato**  
pelo carinho e confiança.*

*A **minha família**, dedico este trabalho e  
todas as outras conquistas que virão!!*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e pela saúde e por iluminar cada passo de minha vida.

Aos meus pais Ejair José Melchior e Virginia Helena da Silva Melchior e aos meus irmãos Rodrigo e Rosana, por sempre estarem ao meu lado.

A minha família que sempre me apoiou, incentivou e confiou na minha capacidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores Irineo Zanella e Paulo Alberto Lovatto (*in memoriam*) pela oportunidade, confiança, incentivo, orientação e presença em minha formação.

Aos professores do Departamento de Zootecnia, em especial ao Gerson Guarez Garcia, João Radünz Neto e Marcos Martinez do Vale, pelos ensinamentos e apoio.

À equipe da Granja Toropi - Suínos, em especial ao proprietário Enio Einloft Scholz, pela amizade, paciência e auxílio, pela estrutura física e animais utilizados.

À equipe do Setor de Suínos, em especial a Eloiza Lanferdini, Cheila Roberta Lehnen, Ines Andretta, Marcos Kipper da Silva e Gerson Guarez Garcia, pela amizade, ajuda e apoio.

Aos amigos e colegas da pós-graduação.

À todos que de uma ou outra forma contribuíram na realização deste trabalho.

## **EPÍGRAFE**

O mais importante da vida não é a situação em que estamos, mas a direção para qual nos movemos.

(Oliver Wendell Holmes)

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Universidade Federal de Santa Maria

### **PRODUTIVIDADE E BEM-ESTAR DE PORCAS GESTANTES ALOJADAS EM BAIAS COLETIVAS COM PISO DE CONCRETO OU CAMA SOBREPOSTA**

AUTOR: RAQUEL MELCHIOR

ORIENTADOR: IRINEO ZANELLA

**Local e Data da Defesa: Santa Maria, 16 de Fevereiro de 2012.**

O objetivo desta dissertação foi estudar através de meta-análise os níveis de cortisol e a produtividade de porcas gestantes e através de um estudo a campo os efeitos do sistema de alojamento sobre o comportamento e a produtividade de porcas gestantes. A meta-análise foi composta por 22 artigos publicados entre 1996 a 2010, totalizando 170 tratamentos e 1.941 porcas. A meta-análise foi realizada por análise sequencial: correlação, gráfica e de variância-covariância. Para avaliar os sistemas de gestação foram utilizadas 42 porcas em um delineamento de blocos ao acaso com dois tratamentos (T1 - 28 dias em celas de gestação e 82 dias em baias coletivas de piso concreto e T2 - 28 dias em celas de gestação e 82 dias em baias coletivas de cama sobreposta) três repetições cada. Para cortisol salivar houve correlação positiva ( $P < 0,05$ ) com consumo de ração, de proteína bruta e de lisina. Para cortisol plasmático a correlação foi negativa ( $P < 0,01$ ) com nível de energia metabolizável e positiva ( $P < 0,01$ ) com nível e consumo de proteína bruta. O alojamento individual em cama sobreposta reduziu ( $P < 0,01$ ) 47% o cortisol salivar em relação ao alojamento individual em piso concreto. No alojamento coletivo em cama sobreposta esse nível foi 10% maior ( $P < 0,01$ ) que o alojamento coletivo em piso concreto. O peso ao nascer dos leitões reduziu em 0,0002 kg a cada aumento de um  $\text{nMol L}^{-1}$  no cortisol plasmático ( $Y = 1,6032 - 0,0002X$ ) ou salivar ( $Y = 1,6026 - 0,0002X$ ). A incidência de comportamentos estereotipados foi 71% menor ( $P < 0,05$ ) em porcas alojadas em baias de cama sobreposta, aos 90 dias de gestação. As atividades aumentaram em média 60% ( $P < 0,05$ ) para porcas alojadas em baias de cama sobreposta, durante o alojamento em baias coletivas (transferência, pós-transferência, 90 dias de gestação e na média do período total). Porcas alojadas em baias de piso concreto apresentaram aumento de 66% ( $P < 0,05$ ) nas interações sociais, na média do período total. As porcas alojadas em baias de cama sobreposta apresentaram 60% mais ( $P < 0,05$ ) lesões de pele no 1º e 2º dias após a transferência para baias coletivas. O sistema de alojamento não afetou ( $P > 0,05$ ) a espessura de toucinho e a conversão alimentar das porcas na lactação, o peso vivo e ganho de peso dos leitões e a duração total do parto. Porcas alojadas em baias de piso concreto durante a gestação chegaram ao final da lactação com 7% mais ( $P < 0,05$ ) leitões do que as porcas alojadas em baias de cama sobreposta. O alojamento em baias de cama sobreposta para porcas em gestação proporciona melhor bem-estar, aumenta a atividade física e não altera o desempenho produtivo dos animais.

**Palavras-chave:** Bem-estar. Cortisol. Desempenho. Sistema de alojamento. Suinocultura



## ABSTRACT

Master Dissertation  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Universidade Federal de Santa Maria

### **PRODUCTIVITY AND WELFARE OF SOWS PREGNANT HOUSED IN COLLECTIVE PENS WITH CONCRETE FLOOR OR DEEP BEDDING**

AUTHOR: RAQUEL MELCHIOR

ADVISOR: IRINEO ZANELLA

**Site and Date of Defense: Santa Maria, February, 16, 2012.**

The aim of this dissertation was to study through meta-analysis the cortisol levels and productivity of sows via a field study the effects of housing on behavior and productivity of sows. The database was composed of 22 articles published between 1996 to 2010, totaling 170 treatments and 1,941 sows. The meta-analysis was performed by sequential analysis: graphical, correlation and variance-covariance. To evaluate the systems of gestation were used 42 sows in a randomized block design with two treatments (T1 - 28 days in gestation crates and 82 days in concrete floor collective pens and T2 - 28 days in gestation crates and 82 days in deep bedding collective pens) three replicates each. Salivary cortisol was positively correlated ( $P < 0.05$ ) with feed intake, of crude protein and lysine and lysine level. Plasmatic cortisol was negatively correlated ( $P < 0.01$ ) with metabolizable energy level and positively correlated ( $P < 0.01$ ) with level and crude protein intake. Individual housing in deep bedding reduced ( $P < 0.01$ ) 47% the salivary cortisol in relation to concrete floor housing. In housing collective on deep bedding this level was 10% higher ( $P < 0.01$ ) in relation housing collective to concrete floor. The piglet birth weight decreased by 0.0002 kg for each increase of one unit  $\text{nMol}\cdot\text{L}^{-1}$  in plasmatic cortisol ( $Y = 1.6032 - 0.0002X$ ) or salivary ( $Y = 1.6026 - 0.0002X$ ). The incidence of stereotyped behaviors was 71% lower ( $P < 0.05$ ) in sows housed in pens of deep bedding, at 90<sup>th</sup> days gestation. The activities increased on average by 60% ( $P < 0.05$ ) for sows housed in pens of deep bedding during collective pens housing (transfer, after transfer, 90<sup>th</sup> days of gestation and the average total period). Sows housed in pens concrete floor showed an increase of 66% ( $P < 0.05$ ) in interactions social, the average of the total period. Sows housed in pens of deep bedding had 60% more ( $P < 0.05$ ) skin lesions on the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> days after being transferred to collective pens. The housing system did not affect ( $P > 0.05$ ) backfat thickness and feed conversion the sows during lactation, body weight and weight gain of piglets and the duration total of the farrowing. Sows housed in pens concrete floor during pregnancy reached the end of lactation with 7% more ( $P < 0.05$ ) pigs than sows housed in pens of deep bedding. The pens housing deep bedding for sows in gestation provides better welfare, increases physical activity and does not affect the productive performance of animals.

**Key-words:** Cortisol. Housing system. Performance. Swine. Welfare.

## LISTA DE FIGURAS

Figure 3.1 - Behavior groups observed in sows housed in gestation crates and pens collective concrete floor or deep bedding. % Relative to the total observation time, and * differs 5% by test T-Student. ....	62
---	----

## LISTA DE TABELAS

<b>Table 2.1</b> - Number of sows, cortisol levels (salivary and plasmatic) and calculated composition of diets of gestation studied in the database .....	44
<b>Table 2.2</b> - Correlations between the levels of salivary and plasmatic cortisol and nutritional variables and feeding management of gestating sows.....	45
<b>Table 2.3</b> - Equations to estimate the levels of salivary and plasmatic cortisol ( $\text{nMol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) of sows in different housing systems .....	46
<b>Table 2.4</b> - Salivary and plasmatic cortisol ( $\text{nMol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) obtained by meta-analysis for sows in different housing systems .....	47
<b>Table 2.5</b> - Equations to estimate the influence of cortisol on the productivity performance of sows .....	48
<b>Table 3.1</b> - Lesions in hooves in pregnant sows grouped-housed in concrete floor or deep bedding pens .....	63
<b>Table 3.2</b> - Lesions in skin in pregnant sows grouped-housed in concrete floor or deep bedding pens.....	64
<b>Table 3.3</b> - Average backfat thickness (mm) of gestating sows housed in concrete floor or deep bedding pens .....	65
<b>Table 3.4</b> - Variables of farrowing and performance of litters of sows grouped-housed in concrete floor or deep bedding pens .....	66
<b>Table 3.5</b> - Average feed conversion of lactating sows, number and weight of piglets from sows grouped-housed in concrete floor or in deep bedding pens .....	67
<b>Tabela 4.1</b> - Comparação de desempenho dos leitões, nascidos de porcas alojadas em baias de cama sobreposta ou piso concreto durante a gestação, obtido por meta-análise e estudo a campo. ....	71

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>1 ESTUDO BIBLIOGRÁFICO.....</b>	<b>15</b>
1.1 Bem-estar animal .....	15
1.2 Bem-estar na produção de suínos.....	16
1.3 Matrizes suínas .....	17
1.4 Indicadores de bem-estar .....	18
1.4.1 Lesões de casco .....	19
1.4.2 Lesões de pele .....	20
1.4.3 Aspectos comportamentais.....	20
1.4.4 Aspectos produtivos.....	22
1.4.5 Cortisol em suínos .....	23
1.5 Alojamento coletivo <i>versus</i> individual .....	24
1.6 Alojamento em cama sobreposta.....	25
1.7 Meta-análise .....	27
<b>2 CAPÍTULO II – Meta-analysis of cortisol levels and productivity of pregnant sows housed in different systems .....</b>	<b>29</b>
Abstract .....	31
Introduction .....	31
Material and methods.....	32
Results .....	35
Discussion.....	36
Conclusions .....	39
Acknowledgements .....	39
References.....	39
<b>3 CAPÍTULO III – Behavior and productive performance of gestating sows housed in collective pens of concrete floor or deep bedding.....</b>	<b>49</b>
Abstract .....	51
Introduction .....	51
Material and methods.....	52
Animals .....	52
Housing .....	52
Experimental design.....	53
Feed management.....	53

Behavior .....	53
Lesions in skin and hooves .....	53
Productive performance .....	54
Statistical analysis .....	54
Results .....	54
Behavior .....	55
Lesions in skin and hooves .....	55
Productive performance .....	55
Discussion .....	56
Conclusions .....	59
Acknowledgements .....	59
References.....	59
<b>4 DISCUSSÃO GERAL .....</b>	<b>68</b>
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>72</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>73</b>

## INTRODUÇÃO

A carne suína é a mais consumida no mundo, representando 39% do consumo total de carnes. A produção mundial é de 115 milhões de toneladas, sendo quase a metade produzida na China e outro terço na União Europeia e nos Estados Unidos. O Brasil é o quarto maior produtor, responsável por 3% da produção e 11% das exportações chegando ao patamar de 3 milhões de toneladas de carne produzidas ao ano. Para tal, possui cerca de 1,5 milhões de matrizes alojadas em sistema industrial, com uma produtividade média de 22 terminados/matriz/ano (ABIPECS, 2010).

A produção mundial de suínos cresceu baseada em sistemas de produção intensivos e confinados. Porém, atualmente há um grande debate a cerca do bem-estar dos animais, juntamente com as questões ambientais e a segurança dos alimentos, sendo considerados estes os três maiores desafios da agropecuária mundial. A convicção dos consumidores de que os animais utilizados para a produção de alimentos devem ser bem tratados, ganha cada vez mais importância, principalmente junto a União Europeia e frente aos países que colocam animais vivos ou produtos de origem animal nos estados membros (PANDORFI, 2005).

Na União Europeia passará a vigorar em 2013 uma diretiva que prevê, entre outras questões, o alojamento coletivo para porcas a partir dos 28 dias de gestação (CHAPINAL et al., 2010). No Brasil, não existe regulamentação específica sobre o sistema de alojamento (individual ou em grupo) para matrizes suínas. No entanto, diante da política exportacionista brasileira, este tema já está sendo debatido junto à cadeia de produção.

É conhecido que o ambiente do sistema de criação intensivo possui influência direta na condição de conforto e bem-estar animal, promovendo dificuldade na manutenção do balanço térmico no interior das instalações, na qualidade química do ar e na expressão de comportamentos naturais dos animais, afetando o desempenho produtivo e reprodutivo dos suínos (PANDORFI, 2005). Além disso, instalações inadequadas, mal planejadas e sem manutenção são responsáveis pelo surgimento de estereótipos anormais, lesões de casco, lesões corporais, problemas reprodutivos, culminando com o descarte precoce de reprodutores e até mesmo a morte (COSTA, 2008).

O alojamento coletivo para porcas gestantes suscita vários questionamentos, sobretudo aqueles relacionados à alimentação/nutrição, sanidade e desempenho das porcas e

suas leitegadas. A formação de hierarquia aumenta a agressividade entre as porcas nos primeiros dias da formação do lote podendo haver prejuízos de ordem reprodutiva e lesões graves (SÉGUIN et al., 2006). Neste contexto foram criadas metodologias para a avaliação do bem-estar que envolve análises de medidas comportamentais, imunológicas, produtivas e fisiológicas, como a avaliação dos níveis de cortisol (ANIL et al., 2006a). Nas espécies com hábitos diurnos, como os suínos, os níveis plasmáticos de glicocorticóides (entre eles o cortisol) são naturalmente altos no início da manhã e reduzem ao longo do dia (JANSSENS et al., 1995). Quando isolados os efeitos do período do dia e dos horários de alimentação é possível determinar se as instalações exercem influência sobre os níveis de cortisol nos suínos. Elevados níveis de cortisol estão relacionados com a incidência de comportamentos estereotipados e com a queda de eficiência imunológica, o que aumenta a susceptibilidade a doenças (JARVIS et al., 2006).

Em virtude da variabilidade nos picos de cortisol ao longo do dia observados em suínos e a dificuldade de reconhecer o que é natural daquilo que foi provocado pelo sistema de produção é que existe uma grande variação nos resultados na literatura. Sendo assim, a aplicação da técnica da meta-análise pode determinar novas respostas a partir do que já foi estudado, uma vez que esta técnica permite integrar diferentes variáveis e estabelecer respostas ajustadas à diversidade experimental (SAUVANT et al., 2008).

Diante das novas discussões a cerca do bem-estar, da sustentabilidade ambiental e segurança dos alimentos e da importância econômica da ambiência das instalações, nos pareceu oportuno estudar através de meta-análise os níveis de cortisol e a produtividade de porcas gestantes e através de um experimento a campo os efeitos do sistema de alojamento sobre o comportamento e a produtividade de porcas gestantes. Nosso problema de pesquisa e as questões a serem respondidas são apresentados nesta dissertação através de um estudo bibliográfico, dois artigos científicos, discussão geral e conclusões.

# 1 ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

## 1.1 Bem-estar animal

As pessoas desejam consumir carne com “qualidade ética”, isto é, carne oriunda de animais que foram criados, tratados e abatidos em sistemas que promovam o seu bem-estar, e que sejam sustentáveis e ambientalmente corretos (WARRIS, 2000). A percepção dos consumidores sobre a qualidade dos alimentos é determinada não só pela sua natureza e segurança, mas também considerando as condições em que o animal foi criado. O conceito de “Qualidade dos alimentos” leva em conta o bem-estar animal (BLOKHUIS, 2008). É por essa razão que a União Europeia defende a discussão do bem-estar junto a Organização Mundial do Comércio (OMC) para que se estabeleça um conjunto de normas que caracterize as exigências sobre o bem-estar na exploração de animais domésticos, caracterizando efetivamente barreiras técnicas à comercialização (PANDORFI, 2005).

Dados da Diretoria Geral do Health & Consumer Protection indicam que, em 2007, aproximadamente 62% dos consumidores europeus afirmaram que mudariam seus hábitos de compra a fim de consumirem produtos que levem em consideração o bem-estar animal. Além disso, 43% disseram considerar o bem-estar em algum ou toda parte do tempo ao comprarem produtos de origem animal (BAPTISTA et al., 2011).

As atuais discussões a cerca do bem-estar animal levam em consideração o conceito proposto pelo comitê Brambell e que foi elaborado na Inglaterra pelo professor John Webster e adotado pelo *Farm Animal Welfare Council* (FAWC) (BAPTISTA et al., 2011). Este conceito fundamenta-se nas cinco liberdades, a saber: a liberdade fisiológica (ausência de fome e de sede); a liberdade ambiental (edificações adaptadas); a liberdade sanitária (ausência de doenças e de injúrias); a liberdade comportamental (possibilidade de exprimir comportamentos naturais) e a liberdade psicológica (ausência de medo e de ansiedade) (SILVA & MIRANDA, 2009; GRANDIN & JOHNSON, 2010).

No Brasil, em novembro de 2008, foi aprovada a instrução normativa 56 que estabelece os procedimentos gerais e recomendações de boas práticas de bem-estar para animais de produção e de interesse econômico. Esta regulamentação prevê: manejo



cuidadoso e responsável em todas as fases da vida do animal; mínimo conhecimento sobre o comportamento do animal para proceder manejo adequado; fornecer dieta adequada e satisfatória; assegurar que as instalações sejam seguras e adequadas garantindo a proteção, o descanso e o bem-estar do animal; manejar e transportar os animais com o mínimo estresse; e manter o ambiente de criação com adequadas condições sanitárias (MAPA, 2008).

## **1.2 Bem-estar na produção de suínos**

O bem-estar na espécie suína pode ser avaliado por meio das respostas comportamentais, fisiológicas, ligadas à sanidade e à produção. A produção brasileira está baseada em sistemas intensivos e confinados, mas com as atuais discussões sobre o bem-estar e a necessidade de buscar mercados importadores mais exigentes como a China, Estados Unidos e a União Europeia estas questões estão sendo consideradas e debatidas (BAPTISTA et al., 2011).

A União Europeia destaca-se por aprovar leis de bem-estar animal, cada vez mais rigorosas, sobretudo para a criação de suínos. Citamos a Diretiva do Conselho COM (2001) 20 - C5-0039/2001 - 2001/0021 (CNS) que prevê:

- proibir a utilização de celas individuais para as porcas e marrãs prenhes, bem como a utilização de amarras;
- aumentar a área livre destinada às porcas e marrãs;
- permitir que as porcas tenham acesso a materiais para fuçar;
- elevar o nível de formação e a competência dos suinocultores e do pessoal responsável pelos animais em relação às questões relacionadas com a proteção;
- solicitar novos pareceres científicos sobre certas questões do domínio da suinocultura.

As celas de gestação foram condenadas em um importante relatório sobre o Bem-Estar de Suínos Criados Intensivamente, publicado em 1997 pelo Comitê Científico Veterinário da Comissão Europeia (SVC). O SVC concluiu que: “Não deve ser usada nenhuma baia individual que não permita que a matriz se vire facilmente.” E salientou que “as matrizes devem, de preferência, ser mantidas em grupos” porque “o bem-estar geral

parece ser melhor quando as matrizes não ficam confinadas durante toda a gestação” (STEVENSON, 2000).

As pesquisas científicas mostram que as celas e as correntes infligem uma série de problemas de saúde e de bem-estar em matrizes. Estudos observaram que porcas alojadas em celas individuais apresentavam os ossos das patas com apenas 65% da resistência dos ossos das porcas alojadas em sistemas de grupo (MARCHANT & BROOM, 1994; MARCHANT & BROOM, 1996). A fraqueza verificada na ossatura indica que os animais estão sobrevivendo com menos sucesso em seu meio ambiente, sinalizando que o bem-estar é mais pobre nos sistemas mais confinados (BROOM & MOLENTO, 2004).

Alguns indicadores de bem-estar podem ser mensurados por meio de avaliações fisiológicas, tais como: a frequência cardíaca, respostas do sistema imunológico e níveis de cortisol (BROOM & MOLENTO, 2004). Para a avaliação do bem-estar em suínos os comportamentos têm a mesma importância que parâmetros fisiológicos (BAPTISTA et al., 2011). Comportamentos anormais como as estereotípias, a automutilação e o canibalismo indicam condições desfavoráveis ao seu bem-estar (ZANELLA, 1995).

Promover o bem-estar, mesmo em sistemas intensivos de produção, pode estar diretamente relacionado com a adequação das instalações, do manejo e do ambiente. Tais como: a distribuição de água e comida, o fornecimento de substrato para a formação de camas, espaço suficiente nas baias para movimento e descanso, contato com outros animais, temperatura, ventilação, luz e pavimentos adequados (PANDORFI, 2005).

Neste sentido, surgiram duas vertentes de conduta para melhorar o bem-estar animal. Uma delas defende o “enriquecimento ambiental”, introduzindo objetos, palhas, estabelecendo área mínima para animais em terminação e aumentando o tamanho das celas parideiras, além de fornecer material para a construção do ninho, ou seja, adaptando o próprio ambiente de confinamento (BEATTIE et al., 2000). A segunda vertente defende repensar todo o sistema de criação e introduzir sistemas alternativos como o Sistema de Criação Intensivo de Suínos ao Ar Livre (SISCAL), os sistemas de alojamento em cama sobreposta ou mesmo em baias de piso concreto que recebem uma camada de cama (LEITE et al., 2001).

### **1.3 Matrizes suínas**

A suinocultura industrial, por ser uma produção em larga escala, trabalha com limites estreitos de lucros e resultados. Os custos de manutenção de matrizes no plantel são variáveis e, portanto, o seu impacto na viabilidade econômica será maior ou menor conforme os índices de produtividade das matrizes estando diretamente ligado ao seu desempenho reprodutivo (BENTO, 2003).

O desempenho produtivo da matriz é medido pelo número de leitões desmamados ou terminados/porca/ano (PANZARDI, 2010). Nas granjas tecnificadas houve significativo aumento na produtividade das matrizes possibilitando maior ganho econômico. Houve aumento no número de leitões nascidos, porém redução no peso ao nascer e variabilidade de peso entre os leitões de uma mesma leitegada. Estes dois aspectos levaram a um aumento na mortalidade pré-desmame dos leitões menos favorecidos (DAMGAARD et al., 2003).

As matrizes vêm sendo constantemente selecionadas para maior deposição de carne em detrimento de gordura. Isso é preocupante, uma vez que a porca precisa de uma reserva de gordura corporal mínima para entrar em puberdade (BELTRANENA et al., 1991). Como consequências dessa menor deposição de gordura ocorre menor deposição de gordura na gestação maior desgaste da fêmea na lactação, comprometendo a produção de leite, o estro e as gestações subsequentes (THAKER & BILKEI, 2005).

Além disso, é necessário atentar para questões como a correta construção e manutenção das instalações para evitar lesões de casco e corporais. Na suinocultura, principalmente quando se trata de reprodutores e matrizes, as lesões de casco são de grande relevância, uma vez que representam uma das principais causas de descarte precoce de animais (SCHENCK et al., 2008).

Considerando os altos índices de reposição de matrizes nas granjas e os impactos econômicos na produção, nota-se a importância de promover seu adequado alojamento, manejo nutricional e bem-estar. Animais em boas condições sanitárias, livres de lesões e em ambientes tranquilos, com espaço adequado e com condições para expressar seus comportamentos naturais vivem mais e produzem melhor.

#### **1.4 Indicadores de bem-estar**

O bem-estar em matrizes suínas pode ser medido por métodos científicos. São usados vários indicadores para aferir o bem-estar de um animal, como o dano físico, a dor, o medo, o comportamento, a redução de defesas do sistema imunológico, a incidência de doenças, os níveis de cortisol e parâmetros produtivos como número e peso dos leitões nascidos destas matrizes (MENESES, 1999).

#### 1.4.1 Lesões de Casco

As lesões de casco são uma das principais causas de descarte precoce de reprodutores e matrizes suínas (SCHENCK et al., 2008). Lesões nos cascos são todas as alterações na estrutura externa ou interna dos cascos ou dedos acessórios que podem ser de origem traumática ou infecciosa e que resultam em distúrbios da locomoção, em diferentes graus (MENDES et al., 2004).

Além de ser uma porta de entrada para a contaminação, as lesões nos cascos podem explicar não só a claudicação, mas alguns casos de esmagamento de leitões, diminuição na produção de leite, emagrecimento, aborto e infertilidade das porcas (SCHENCK et al., 2008). Dependendo do tempo de existência e da severidade da lesão o animal pode ficar subnutrido e podem ocorrer problemas urinários por falta de atividade ou pela posição de cão sentado que favorece a contaminação da vagina (MENDES et al., 2004).

Sabe-se que o tipo de piso das baias, bem como o manejo adotado pela granja, exerce influência direta no aparecimento das lesões de casco e de pele e que os prejuízos podem ser elevados (BONDE et al., 2004). Para tentar amenizar esse problema recomenda-se a construção adequada e a manutenção em bom estado dos pisos das baias. Os pisos novos, muito ásperos ou muito lisos, com buracos, irregulares, com poças de água e úmidos favorecem o surgimento de lesões de casco, causados principalmente pela fricção do casco sobre o piso (PANDORFI, 2005). Sabe-se também que a duração do confinamento é positivamente correlacionada com o grau de dano articular em suínos e que à medida que aumenta a ordem de parto e peso corporal das fêmeas aumentam as lesões de casco, pele e articulações (SCHENCK et al., 2008).

#### 1.4.2 Lesões de pele

A agressividade na espécie suína está relacionada à formação de hierarquia e a necessidade de estabelecer um grupo social (SÉGUIN et al., 2006). A hierarquia formada está diretamente relacionada à idade, peso, ordem de parto e em evitar disputas intensas (RODENBURG & KOENE, 2007). Após a determinação da ordem social no grupo as disputas, agressões e lesões diminuem (AREY, 1999; KARLEN et al., 2007). As disputas podem ser decorrentes de diversos fatores, dentre eles a falta de infraestrutura na baia, como espaço adequado ou número de bebedouros e/ou comedouros suficientes para a quantidade de animais alojados (MARCHANT-FORDE, 2009). Quando a disputa é por alimento e/ou por espaço no comedouro, as lesões costumam concentrar-se na região anterior (cabeça, pescoço, orelhas e escápula) ou na região posterior (cauda, flancos, região do pernil ou da vulva) quando o comedouro apresenta divisórias (REMIENCE et al., 2008).

Uma alternativa para a falta de individualidade no comedouro seria aumentar o número de arraçoamentos diários. Porcas gestantes alojadas em grupos apresentaram maior escore de lesões de pele, vulva e casco quando alimentadas duas vezes ao dia em comparação com aquelas que receberam seis arraçoamentos diários (SCHNEIDER et al., 2007). A formação de grupos estáveis de porcas, ou seja, os mesmos animais passam todo o período juntos, sem entrada de novos indivíduos reduz a instabilidade, o número e a intensidade de agressões no grupo (DURRELL et al., 2002).

Porcas alojadas em baias de cama sobreposta apresentam maiores médias de lesões de pele nos primeiros dias após o alojamento (KARLEN et al., 2007). Já as lesões durante o alojamento em celas de maternidade variam entre ordens de parto. Elas estão relacionadas à espessura de toucinho das fêmeas, que serve como camada protetora principalmente na região das escapulas (DAVIES et al., 1997). Porcas mais velhas tendem a apresentar maior espessura de toucinho e menos lesões de pele por pressão durante a fase de lactação (BONDE et al., 2004). Quando os animais passam maior tempo de pé, como é o caso das fêmeas alojadas em cama sobreposta, as lesões de pele causadas pela pressão diminuem, principalmente pelo menor contato com piso firme (ELMORE et al., 2010).

#### 1.4.3 Aspectos comportamentais

Os suínos têm um vasto e complexo repertório comportamental, principalmente no que se refere às interações sociais, além de grande capacidade de aprendizado. Em situações nas quais não conseguem controlar o ambiente em que se encontram ou têm seu comportamento natural frustrado surgem problemas no seu bem-estar (PANDORFI, 2005).

Os sistemas de produção baseados na alta produtividade promoveram mudanças substanciais no ambiente criatório dos suínos, forçando os animais a adaptarem-se a um ambiente adverso (PANDORFI, 2005). Nas matrizes, mantidas em gaiolas de gestação e celas de parição, ocorrem comportamentos estereotipados e anormais, resultado da frustração sentida pelo animal em relação ao ambiente (BAPTISTA et al., 2011). Estes comportamentos podem comprometer o desempenho durante a gestação e a lactação (COSTA, 2008).

As estereotipias são atividades orais que envolvem os atos de mastigar o ar, movimentos circulares com a cabeça, mastigar as barras das gaiolas, pressionar a chupeta do bebedouro obsessivamente, explorar o ambiente, além de lambe, mastigar e fuçar objetos disponíveis (PANZARDI, 2010). Suínos confinados em baias ou presos por amarras durante longos períodos comportam-se de maneira distinta e muito característica de cada animal. Enquanto uns tornam-se agressivos e apresentam altos índices de comportamentos estereotipados, outros se tornam apáticos e não responsivos (BROOM & MOLENTO, 2004).

Além disso, porcas mantidas em celas individuais de gestação tendem a apresentar maior atividade (principalmente manter-se em pé) e agitação do que aquelas mantidas em baias coletivas (BAPTISTA et al., 2011). A espera pela comida pode induzir a frustração e o estresse em animais com fome, elevando ainda mais a atividade e excitação (CHAPINAL et al., 2010). O espaço físico limitado e o revestimento impróprio de algumas baias e celas podem ferir o animal e contribuir para o desconforto e frustração destes (BONDE et al., 2004).

Contudo, não há uma fórmula padrão para se avaliar o bem-estar dos animais de interesse zootécnico. Isso porque existem diferentes sistemas de produção com características peculiares, particularmente no que tange ao tipo de alojamento. O alojamento pode ser em gaiolas ou em baias e o tipo de piso também pode variar, de concreto ou com cama. Também há diferenças no tamanho dos lotes, na frequência de fornecimento diário de ração e na individualização ou não dos comedouros (COSTA, 2008).

#### 1.4.4 Aspectos produtivos

O confinamento foi o caminho para reduzir o trabalho e a perda energética dos animais, ganhar espaço físico e melhorar o controle ambiental. Agravam-se então problemas de comportamento e bem-estar animal. Um animal que não esteja em condição de bem-estar, não irá desenvolver seu potencial produtivo na sua magnitude, mesmo que condições sanitárias e nutricionais estejam aparentemente satisfeitas (BAPTISTA et al., 2011). Em condições de limitação de espaço, alta densidade animal, presença de microorganismos, condições de temperatura e luminosidade inadequadas, ruídos, dentre outros, o animal ficara impossibilitado de desenvolver seu sistema natural de comportamento e produtividade (MACHADO FILHO & HÖTZEL, 2000).

Para controlar o peso corporal das matrizes e conseguir um bom desempenho produtivo a alimentação é controlada. Apesar de ser a maneira encontrada para melhorar a produtividade e reduzir os problemas de parto, esta, está sendo apontada como uma das principais causas de bem-estar reduzido (PRIVADO FILHO, 2010). Sua alimentação contempla as necessidades diárias de nutrientes e energia, mas os animais não se sentem saciados por boa parte do dia (PANDORFI, 2005). Para que a porca atinja alto grau de produtividade, não basta apenas a presença de um animal de alto potencial genético, mas sim, a combinação de diversos fatores, de ambiência e, principalmente, adequado manejo nutricional (ZANGERONIMO et al., 2006).

Os suínos são animais que utilizam o sistema respiratório como importante mecanismo para o resfriamento corporal e consequente homeotermia, fator condicionante a sua sobrevivência. Portanto, quaisquer alterações na temperatura, umidade do ar, ventilação, densidade de criação e, principalmente, limpeza e desinfecção das instalações podem alterar os níveis toleráveis de gases nocivos ao microambiente a que estão expostos, resultando em problemas respiratórios e consequentes prejuízos na produtividade (PANDORFI, 2005).

O alojamento coletivo para porcas pode trazer prejuízos à produtividade, quando realizado logo no início da gestação (11 a 16 dias) fase em que ocorre a fixação dos embriões (SPOOLDER et al., 2009). Essas perdas podem ocorrer em reflexo as disputas decorrentes do estabelecimento da hierarquia. Passado o primeiro mês de gestação os

problemas diminuem, uma vez que, mesmo com grande número de lesões na pele, não foram observados prejuízos a produtividade (LANGENDIJK et al., 2000; SALAK-JOHNSON et al., 2007).

O estresse crônico, proporcionado por um longo alojamento em celas ou baias muito pequenas, favorece a manutenção de elevados picos de cortisol (JANSSENS et al., 1995). Os altos níveis de cortisol circulante, decorrentes do estresse sofrido pelo animal inibem ou alteram a secreção de hormônios gonadotróficos, causando problemas de infertilidade ou baixa eficiência reprodutiva (TSUMA et al., 1996). A máxima produtividade de matrizes suínas depende de um complexo número de fatores que envolvem aqueles ligados ao animal e ao ambiente, principalmente no que tangem as modificações impostas pelo alojamento em sistema intensivo de produção.

#### 1.4.5 Cortisol em suínos

A alimentação restrita durante a gestação, prática comumente adotada para controlar o excesso de ganho de peso é apontada como um dos responsáveis pelos comportamentos estereotipados e conseqüentemente, pelos elevados níveis de cortisol. Isso ocorre em virtude das dietas não manterem os animais saciados por mais de uma ou duas horas (SPOOLDER et al., 1996). Sabe-se que as características ambientais influenciam os níveis de cortisol salivar e plasmático (DAMGAARD et al., 2009).

Porcas alojadas em celas individuais de gestação apresentam aumento de cortisol nos primeiros dias e a longo prazo, mudanças adaptativas no animal ocorrem frente ao estresse ambiental (ANIL et al., 2006a). Tem sido demonstrado em várias espécies que o estresse crônico ou repetido pode provocar mudanças na regulação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (JANSSENS et al., 1995). A partir de 28 dias de alojamento em celas individuais já são encontrados níveis elevados de cortisol em porcas, sugerindo estresse crônico, o que não ocorre quando alojadas em baias coletivas (ANIL et al., 2006b).

As maiores concentrações de cortisol são relacionadas com a incidência de comportamentos estereotipados e com a queda de eficiência imunológica, o que aumenta a susceptibilidade a doenças (JARVIS et al., 2006). Instalações adequadas contribuem na redução do estresse de porcas gestantes. Em alojamentos em baias coletivas e com disputa



de espaço junto a um comedouro coletivo as porcas apresentam maior variação de escore corporal e peso e maiores níveis de cortisol circulante (LOVEDAHL et al., 2005). Quando alojadas em baias com maior espaço e com comedouros individuais, esses níveis são menores, principalmente após o estabelecimento da hierarquia (JANSEN et al., 2007). A agressão durante a mistura de animais está associada com o aumento nos níveis de cortisol em suínos, mas uma vez estabelecida à hierarquia estes níveis diminuem (ANIL et al., 2006b).

Agentes estressores ambientais como temperatura, manejo, instalações e interações sociais aumentam a secreção do hormônio adrenocorticotrópico (ACTH), que estimula a produção de cortisol e esteróides sexuais pela glândula adrenal (OTTEN et al., 2004). A presença destes, em altas concentrações, inibe ou altera a secreção de hormônios gonadotróficos, causando problemas de infertilidade ou baixa produtividade (SPOOLDER et al., 1996). De modo geral, a aptidão reprodutiva é prejudicada pelo estresse severo, diminuindo o número de partos na população e o tamanho da leitegada (HULBERT & McGLONE, 2006).

### **1.5 Alojamento coletivo *versus* individual**

No Brasil, tem-se observado uma mudança no sistema de alojamento das matrizes suínas. Tradicionalmente, a gestação das porcas é realizada em celas até cerca de uma semana antes da data prevista do parto. Atualmente as matrizes ficam alojadas em celas de gestação até os 70 dias e posteriormente em baias coletivas de piso compacto, com capacidade para alojar de 4 a 10 animais até a entrada na maternidade. O alojamento individual possibilita um maior controle nutricional das fêmeas, além de facilitar a verificação de estro e a inseminação artificial (PANZARDI, 2010).

As regulamentações da União Europeia que visam o bem-estar dos animais de produção preconizam o alojamento coletivo de porcas a partir da 4<sup>a</sup> semana de gestação (CHAPINAL et al., 2010). Essas regulamentações determinam que o animal deva ser capaz de virar-se sem dificuldade, ter um local limpo para deitar e descansar e ser capaz de ver outros animais. Além disso, o alojamento em baias coletivas pode aumentar o exercício físico realizado pelo animal diminuindo a incidência de problemas de locomoção

(FRIESEN, 2005). Pode ainda, diminuir o estresse crônico e com isso reduzir a duração do parto (SCHNEIDER et al., 2007).

Por outro lado, o alojamento em grupo pode ser o responsável por alguns problemas reprodutivos, principalmente no início da gestação. Na formação dos grupos de porcas existe competição pela hierarquia do grupo, com uma porca ou um pequeno grupo, assumindo a dominância. Essas agressões são acentuadas por restrições alimentares, ou ainda por espaço insuficiente no comedouro para todos os animais da mesma baia (LOVEDAHL et al., 2005). Neste tipo de instalação, normalmente os comedouros não são automatizados e são para alimentação coletiva, o que potencializa a variação de escore corporal das fêmeas, culminando em diferentes potenciais de ganho de peso (sub, médio ou supernutrição) de acordo com o estabelecimento da hierarquia (JANSEN et al., 2007).

Mesmo assim, o alojamento coletivo no terço final de gestação é o mais recomendado, já que nesta fase ocorre um crescimento exponencial dos fetos. A má acomodação das fêmeas nesta fase, principalmente em celas, gera diferentes graus de estresse e comportamentos agressivos, além de comportamentos estereotipados que representam a falta de bem-estar (LOVEDAHL et al., 2005).

As celas de gestação, por sua vez, poderiam reduzir os comportamentos agressivos, diminuir o número de lesões e a disputa por alimento, além de facilitar o manejo individualizado das matrizes (ANIL et al., 2002). Por outro lado, as celas foram projetadas considerando que as matrizes estão em pé ou deitadas, durante a troca de uma postura para outra há a necessidade de mais espaço, principalmente à medida que a gestação avança (PANDORFI, 2005).

Para a fase de gestação devem ser respeitadas as recomendações de área/animal. A União Europeia preconiza como espaço mínimo a ser estabelecido por fêmea gestante alojada em baia coletiva de 1,64 m<sup>2</sup>/leitoa e 2,25 m<sup>2</sup>/fêmeas de ordem de parto maior que um. Quando o número de fêmeas não ultrapassar sete animais por baia, ou quando a baia possuir mais de 40 fêmeas, o espaço mínimo deverá ser aumentado ou reduzido, respectivamente em 10% (REMIENCE et al., 2008).

## **1.6 Alojamento em cama sobreposta**

O sistema de cama sobreposta oferece vantagens em relação ao sistema tradicional, pois proporciona maior bem-estar aos animais, sustentabilidade ambiental, marketing diferenciado e custo inicial de investimento menor (HILL & GENTRY, 2000). Outra vantagem do sistema de cama sobreposta é que os dejetos vão sofrendo compostagem “in situ” à medida que vão sendo produzidos, acarretando em redução dos riscos de poluição do ar, da água e do solo e obtendo maior valor agrônômico (CORDEIRO, 2003).

A cama normalmente é composta por substratos oriundos de processos agroindustriais tais como a casca de arroz e a maravalha. Desta forma, contribui para a preservação ambiental utilizando-se de subprodutos e gerando adubo orgânico de boa qualidade. Os substratos utilizados na formação da cama devem ter alta relação carbono/nitrogênio para proporcionar um ambiente ótimo para a absorção, evaporação e compostagem dos dejetos (HILL & GENTRY, 2000). Este processo de compostagem gera calor, umidade e dióxido de carbono, que são acrescentados ao meio (CORDEIRO, 2003).

O resíduo gerado na criação de suínos em sistema de cama sobreposta é denominado “ecopost” e é considerado um intermediário entre o dejetos e o composto orgânico. Ao contrário dos sistemas convencionais de tratamento, o “ecopost” apresenta alto teor de matéria seca e maior concentração de nutrientes (ARNS, 2004). O sistema convencional de produção de suínos apresenta grande potencial poluidor, uma vez que utiliza água para carrear os dejetos para fora da instalação (KUNZ et al., 2005). Depois de liquefeitas, os dejetos são conduzidos até esterqueiras e lagoas de tratamento, utilizados como fertilizante líquido ou lançadas indiscriminadamente em cursos d’água. O total de dejetos manejados requer grande volume de água, além de grandes estruturas de armazenamento. Os efeitos ambientais resultantes do armazenamento e distribuição dos resíduos da suinocultura preocupam as autoridades ambientais, particularmente em relação às águas superficiais e subterrâneas e a qualidade do ar, afetada pelas emissões de gases, forçando a busca por sistemas alternativos com menor potencial poluidor (CORDEIRO, 2003).

No que tange os aspectos produtivos dos suínos alojados em cama sobreposta vários autores encontraram desempenho igual ao de animais terminados em alojamentos convencionais de piso (PICCININI, 1994; CORRÊA & PERDOMO, 1997; HILL & GENTRY, 2000; OLIVEIRA, 2000). Além de igual produtividade tem se observado que este tipo de alojamento aumenta o bem-estar animal (ARNS, 2004). A avaliação deste tipo de alojamento para porcas gestantes ainda é escasso no Brasil, mas em alguns países é amplamente utilizada.

As porcas alojadas em baias de piso concreto ou cama sobreposta apresentam resultados semelhantes para número de leitões nascidos (vivos, natimortos e mumificados) e pesos ao nascer (KARLEN et al., 2007). O desempenho produtivo de porcas alojadas em celas individuais ou em baias coletivas também não difere (LANGENDIJK et al., 2000; LAMMERS et al., 2007; SALAK-JOHNSON et al., 2007). A maior área/animal observada em instalações de cama e a presença de substrato estimulam o exercício físico, o que promove aumento do tônus muscular contribuindo na redução da duração do parto (CRONIN et al., 1993; LAMMERS et al., 2007). Porcas alojadas em baias com maior área realizam mais atividades físicas e isso fortalece seus ossos e músculos (MARCHANT & BROOM, 1996).

Diante das novas regulamentações para a produção de suínos impostas pela União Europeia e as exigências dos consumidores em relação ao bem-estar dos animais de produção é necessário intensificar os estudos na busca de manejos e instalações mais adequados. O alojamento coletivo em baias de cama sobreposta pode ser uma alternativa viável. Este sistema apresenta desempenho produtivo semelhante e melhoria no bem-estar dos animais.

## **1.7 Meta-análise**

Em diversas áreas de pesquisa, inclusive na produção animal, é grande e crescente o volume de dados a ser considerado por profissionais e pesquisadores o que tornou praticamente impossível ler, avaliar criticamente e sintetizar o estado do conhecimento atual em determinadas áreas. Neste contexto, as revisões tornaram-se ferramentas essenciais para acompanhar as evidências que se acumulam em um determinado campo de interesse (ANDRETTA, 2011).

A meta-análise foi definida por (GLASS, 1976) como a análise estatística de uma grande coleção de resultados em estudos individuais com o objetivo de integrar suas respostas. Esta integração de resultados de diversos estudos em um mesmo tema de pesquisa permite extrair informações adicionais destes dados (LEANDRO, 2005).

Devido ao aumento do tamanho das amostras por combinação dos estudos, a síntese produzida por meta-análise sobre um conjunto de dados com boa validade reduz o grau de

incertezas sobre os resultados (LOVATTO et al., 2007). A meta-análise permite otimizar os resultados obtidos em pesquisas anteriores, sem despende de grande volume de recursos financeiros (ANDRETTA, 2011).

Sendo assim optamos por utilizar esta técnica para obter resultados a partir de trabalhos publicados, para níveis de cortisol (salivar e plasmático) e produtividade de porcas alojadas em baias de piso de concreto ou cama sobreposta.

**2 CAPÍTULO II**  
**META-ANALYSIS OF CORTISOL LEVELS AND PERFORMANCE**  
**OF PREGNANT SOWS HOUSED IN DIFFERENT SYSTEMS**

Este capítulo é apresentado de acordo com as normas para publicação na *Livestock Science*. O artigo foi submetido para publicação em 13 de Janeiro de 2012.

**Meta-analysis of cortisol levels and performance of pregnant sows housed in different systems**

Raquel Melchior<sup>a\*</sup>, Irineo Zanella<sup>a</sup>, Paulo Alberto Lovatto<sup>a</sup>, Cheila Roberta Lehen<sup>a</sup>, Eloiza Lanferdini<sup>a</sup> and Ines Andretta<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Zootecnia,

Universidade Federal de Santa Maria, 97105-900, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil.

\* Corresponding author: Raquel Melchior, raquelmelchior@gmail.com (e-mail)  
or 55 55 3222 8083 (tel/fax).

## ABSTRACT

This study was carried out to evaluate, through meta-analysis, the effect of housing of pregnant sows on cortisol levels, and production performance. The database was composed by 22 articles published between 1996 to 2010, totaling 170 treatments and 1,941 animals. The meta-analysis was performed by sequential analysis: graphical, correlation and variance-covariance. Salivary cortisol was positively correlated ( $P < 0.05$ ) with of feed diet, crude protein, total lysine intakes and with lysine level. Plasmatic cortisol was negatively correlated ( $P < 0.01$ ) with metabolizable energy level (-0.830) and positively correlated ( $P < 0.01$ ) with level and intake of crude protein (0.509). Individual housing in deep bedding reduced ( $P < 0.01$ ) 47% the salivary cortisol in relation to concrete floor housing. In collective housing on deep bedding this level was 10% higher ( $P < 0.01$ ) in relation to collective housing on concrete floor. The piglet weight at birth decreased by 0.002 kg for each increase of a unit  $\text{nMol}\cdot\text{L}^{-1}$  in plasmatic cortisol ( $Y=1.6032-0.0002X$ ) or salivary cortisol ( $Y=1.6026-0.0002X$ ). Levels of salivary and plasmatic cortisol are influenced by the housing system and alter the productive performance of sows.

Keywords: animal welfare, deep bedding, nutrition, pregnancy, stress.

## INTRODUCTION

The pig world production increased based on intensive and confined systems. The discussion of appropriate housing systems for pregnant sows is a current issue related to animal welfare (Remience et al., 2008). The European Union determined by directive 2001/88/CE that from 2013 the sows will remain housed in groups from 28 days of gestation until the transfer to farrowing room. Thus, it became necessary to research for production systems that meet the physiological needs of animals by providing the maximum welfare.



The collective accommodation housing is the most recommended for the expression of natural and social behaviors by the sows. On the other hand, this system can bring production problems in beginning of pregnancy, such as differences in body condition of the lot and bodily injury (Lovedahl et al., 2005). Therefore, to assess animal welfare, were created methodologies that involve analysis of behavioral, immunological, physiological and productive measures, as the levels of salivary and plasmatic cortisol (Anil et al., 2006a).

Observing the behavioral characteristics together with the production data and the levels of cortisol seems to be the surest way to determine the effect high of environment on the stress in pregnant sows. To determine the relationship of the elevated levels of cortisol and the housing conditions, it is necessary to isolate the effect of time, performing sample collection daily with the animal quiet. In species with diurnal habits, such as pig, plasmatic levels of glucocorticoids (including cortisol) are naturally higher in the early morning and decrease throughout the day (Janssens et al., 1995).

The relationship between the environment and the stress levels in sows during pregnancy and lactation can be observed through the levels of cortisol. This analysis can be supplemented with production data, allowing the evaluation of the effect of high levels of circulating cortisol on the productivity of sows. Due of the variability in experimental results, the application of meta-analysis is interesting, because this technique allows integrating different variables and establishing responses adjusted to experimental diversity (Sauvant et al., 2008). In this context, the objective of this study was to evaluate, by meta-analysis, the relationship between the effects of housing systems on performance and concentrations of salivary and plasmatic cortisol in pregnant sows.

## **MATERIAL AND METHODS**

The articles that comprised the database were selected with the following criteria: presence of cortisol levels (salivary or plasmatic), and use of pregnant sows housed in different systems (individual or collective, and concrete floor or deep bedding). Only papers published in the last 14 years were considered to compose the database (1996 to 2010). The data were selected from sections of material and methods, and results of each selected paper, and tabulated in a database compiled in electronic spreadsheet. The variables analyzed were experimental features, nutritional composition of diets, salivary and plasmatic levels of cortisol in animals, and litter performance. The methodology for the definition of dependent and independent variables, and the coding of the data followed the proposals described in the literature (Lovatto et al., 2007; Sauvant et al., 2008).

The analysis of housing systems (individual or collective, and concrete floor or deep bedding) was used as grouping qualitative criteria, as a resource to associate homogeneous groups on certain criteria and to include them in the analytical models as a source of variation. Other encodings were used as moderating variables in the analysis, in order to consider the variability of the compiled studies (*general*, *inter*, and *intra* effects). For the *general* codification (article effect), a sequential specific number was assigned for each paper inserted into the database. The *inter* coding, was formed by the general coding plus sequential numbers, in order to assign a specific code for each treatment of the base. The *intra* coding, similar to that used for the previous effect, was attributed to groups with repeated measures.

The database was developed from 22 studies, of which nine articles evaluated plasmatic cortisol (Zanella et al., 1998; Mcglone & Fullwood, 2001; Otten et al., 2004; Razdan et al., 2004; Hulbert & Mcglone, 2006; Niekamp et al., 2006; Lay et al., 2008; Damgaard et al., 2009; Mosnier et al., 2009), and 12 assessed salivary cortisol (Spoolder et al., 1996; De Leeuw et al., 2003; De Leeuw & Ekkel, 2004; Anil et al., 2006a; Anil et al.,

2006b; Holt et al., 2006; Séguin et al., 2006; Jansen et al., 2007; Karlen et al., 2007; Sorrells et al., 2007; Remience et al., 2008; Ison et al., 2010) and one evaluated plasmatic cortisol and salivary (Olivieiro et al., 2008). These articles were published in international journals: Animal Reproduction Science; Applied Animal Behaviour Science; Journal of Animal Science; Journal Swine Health and Production; Livestock Production Science; Research Veterinary Science; The Canadian Journal of Veterinary Research and Theriogenology.

The database was composed by 170 treatments and 1,941 gestation sows, with an average of 34 sows per treatment (range 5 to 320 females per treatment). In 59% of the treatments, sows were fed only once a day, and in 41% of cases the sows received two feeds daily, with an average intake of 2.25 kg feed per day (range 1 to 3 kg per day). The average calculated intakes were 453 g per day of crude protein, and 21 g per day of total lysine.

The main characteristics of the database, covering the number of animals, cortisol levels (salivary and plasmatic) and the calculated compositions of the diets used in the studies are described in Table 2.1. From the total, 75% of the treatments used pregnant sows housed in individual stalls and 25% housed in collective pens. The floors of the pens were grouped in deep bedding (30% of the treatments) and concrete floor (70%). The average area available per animal was 2.42 m<sup>2</sup> (range 1.20 to 7.50 m<sup>2</sup> per sow). Of the total number of females studied, it was possible to evaluate the productivity of the piglets of 1,454 of sows, with an average of 10 piglets born per sow (range 8 to 12 piglets).

The meta-analysis followed three sequential analyses: graphical, to control the quality of the base and observe the coherence biological of data; of correlation between several variables, to identify the related factors at the base; and variance-covariance. The variables with higher correlation coefficients and the encodings for *general*, *inter* or *intra* effects were used in the variance-covariance analysis (Lovatto et al., 2007). The regression

equations were obtained by variance-covariance analysis by the General Linear Model procedure. All analyses were performed using Minitab 15 (2007).

## RESULTS

The correlations between the variables of nutrition, feed management, and levels of salivary and plasmatic cortisol are presented in Table 2.2. Salivary cortisol showed positive correlations with feed intake (0.458;  $P < 0.01$ ), level of crude protein (0.245;  $P < 0.01$ ), and lysine (0.835;  $P < 0.01$ ), and crude protein intake (0.589;  $P < 0.01$ ), and lysine (0.617;  $P < 0.05$ ). The metabolizable energy level presented negative correlation (-0.476;  $P < 0.01$ ) with the levels of salivary cortisol. Plasmatic cortisol was negatively correlated with the level of metabolizable energy (-0.830;  $P < 0.01$ ), and positively correlated with the level (0.771;  $P < 0.01$ ), and the crude protein intake (0.509;  $P < 0.01$ ), and with the number of daily feedings (0.405;  $P < 0.01$ ).

The equations to estimate the levels of salivary and plasmatic cortisol are presented in Table 2.3. Through the equations, it was possible to observe that the animals that received smaller amounts of feed had higher levels of salivary cortisol. The metabolizable energy showed similar behavior, so as its concentration increased in the diet also increased the level of salivary cortisol. The increase in the dietary level of crude protein was related with a reduction in salivary cortisol level. The reducing in the level of lysine and in the crude protein or lysine intake was related to increasing cortisol levels. In addition, the size of the animals (body weight and metabolic weight) was a good explanatory variable for the estimating of salivary cortisol.

The type of floor (deep bedding or concrete floor) ( $P < 0.05$ ) and the type of housing (individual or collective) ( $P < 0.01$ ) influenced the levels of salivary and plasmatic cortisol (Table 2.4). For the salivary cortisol values, it was observed effect ( $P < 0.05$ ) of the type of

floor, type of housing, and the interaction between these factors. The sows housed individually in deep bedding showed salivary cortisol levels 47% lower ( $P < 0.01$ ) those housed individually in concrete floor and plasmatic cortisol levels were 52% higher ( $P < 0.01$ ) for sows housed in deep bedding in relation to those housed in floor concrete. In collective housing, the salivary cortisol of animals in deep bedding was 10% higher ( $P < 0.01$ ) compared to sows housed in concrete floor pens.

The equations used to estimate the effect of cortisol on the piglet performance are described in Table 2.5. The increase of one  $\text{nMol}\cdot\text{L}^{-1}$  in plasmatic cortisol level represented a reduce of 0.005 in the number of piglets born alive; of 0.0002 kg in the birth weight; of 0.0004 kg in weight of piglets at weaning, and an increase of 0.001 in the number of stillbirths. The increase of one  $\text{nMol}\cdot\text{L}^{-1}$  in salivary cortisol levels represented as increase of 0.0007 and 0.0022 in the number of mummified and dead piglets, respectively. Likewise, each one  $\text{nMol}\cdot\text{L}^{-1}$  of salivary cortisol caused a reduction of 0.003 in the number of piglets weaned and 0.0002 and 0.0003 kg in the birth and weaning weight, respectively.

## **DISCUSSION**

Although we observed significant correlations between cortisol levels and nutrient intake through diet (Table 2.2) do not know the clear effects of nutrients on cortisol. Likewise, the amount of feed offered or the feed restriction do not have clear effects on the plasmatic cortisol level when measured in sows housed under thermal comfort conditions ( $18\text{-}20^{\circ}\text{C}$ ) (Doberenz et al., 2006). However, the restricted diet during pregnancy is pointed as one of those factors responsible for stereotyped behavior and, consequently, for high cortisol levels, because diets do not remain satiated animals for more than one or two hours (Spoolder et al., 1996). Diets with a high percentage of crude fiber can supply higher volume, while increasing the time of feed and provide longer satiety time (Meunier-Salaün

et al., 2001). The effect of nutrient concentration and feeding frequency on levels of salivary cortisol in pregnant sows were not observed in previous studies (Mcglone and Fullwood, 2001; Holt et al., 2006). However, in our study, the correlations observed between nutritional variables and cortisol levels were significant for several features, indicating that the relationship needs to be evaluated in other studies.

In our study we observed the effect of type of housing (individual or collective) and the type of pens floor (concrete floor or deep bedding) on the levels of salivary cortisol and plasmatic (Table 2.4). This effect was also observed by some authors in their studies. The environmental characteristics influence on the levels of salivary and plasmatic cortisol (Damgaard et al., 2009). Gestation sows housed in individual stalls have increased cortisol in the early days, which can be easily observed in samples of saliva. In the long term, these increases are no longer observed, and the analysis of plasmatic cortisol is necessary. In this case, adaptive changes in the animal may occur in response to the environmental stress (Anil et al., 2006a). It has been demonstrated in several species that chronic or repeated stress can change the regulation of the hypothalamic-pituitary-adrenal (Janssens et al., 1995). High levels of cortisol salivary or plasmatic was already found in sows housed in individual crates during 28 days, suggesting chronic stress, which does not occur in animals housed in collective pens.

The high concentrations of cortisol may be related to the incidence of stereotyped behaviors and the decline of immune efficiency, which increases the susceptibility to disease (Jarvis et al., 2006). On the other hand, quiet environments during feeding (provided by individual feeders) can help to maintain low levels of circulating cortisol. Moreover, the highest number of feeding times and the availability of space at feeders can reduce disputes and, consequently, the cortisol levels tend to be normal (Anil et al., 2006b).

The increase in the number of daily feeding times, the amount of feed offered and crude protein intake reduced levels of plasmatic cortisol. On the other hand, we observed an increase in the levels of plasmatic cortisol as the dietary metabolizable energy increase. The same relationship was observed with heavier animals, which had higher plasmatic cortisol levels.

Adequate facilities contribute to reducing the stress of pregnant sows. In collective pens and with dispute of space next to a collective feeder, the sows have greater variation in weight and body condition scores and higher levels of circulating cortisol (Lovedahl et al., 2005). When housed in pens with greater space and individual feeders, these levels are lower, especially after the establishment of the hierarchy (Jansen et al., 2007). Aggression during mixing groups is associated with increased levels of cortisol in pigs, but these levels decrease after established the hierarchy. Heavier and older sows often dominate the group and the subordinate avoid them and reduce the fighting and stress of group (Anil et al., 2006b). The increase in body size and weight causes discomfort and difficulty of changing posture, especially for sows housed in pens (Anil et al., 2006a).

Environmental stressors such as temperature, management, facilities and social interactions increase the secretion of adrenocorticotrop hormone (ACTH), which stimulates the adrenal gland to produce cortisol and sex steroids (Otten et al., 2004). Their presence at high concentrations inhibits or alters the secretion of gonadotropin hormones, causing infertility or low productivity performance (Spoolder et al., 1996). In general, reproductive performance is impaired by severe stress, reducing the litter size (Hulbert and Mcglone, 2006).

The new regulations imposed by the European Union and the demands of the consumer market in relation to animal welfare influence the facilities and managements in pig production systems. The type of housing (individual or collective), environment,

nutritional management and social interactions alter the levels of circulating cortisol in pregnant sows. High levels of cortisol concentrations alter the secretion of gonadotropin hormones, causing infertility and reducing the productive performance of sows.

## CONCLUSIONS

The feeding (amount of feed per day, number of feeding) and the housing system influence the levels of cortisol. Sows housed individually in deep bedding have lower levels of circulating cortisol. Sows housed collectively in deep bedding have higher levels of cortisol. Cortisol at high levels reduces the productive performance.

## ACKNOWLEDGEMENTS

To National Council for Scientific and Technological Development (CNPq, Brazil), to the Coordination of Personnel Improvement of Higher Education (Capes, Brazil) and Program to Support Restructuring and Expansion of Federal Universities (Reuni, Brazil).

## REFERENCES

- Anil, L.; Anil, S.S.; Deen, J.; Baidoo, S.K., 2006a. Cortisol, behavioral responses, and injury scores of sows housed in gestation stalls. **J. Swine Health Prod.**, 14, 196-201.
- Anil, L.; Anil, S.S.; Deen, J.; Baidoo, S.K.; Walker, R.D., 2006b. Effect of group size and structure on the welfare and performance of pregnant sows in pens with electronic sow feeders. **Canad. J. Veter. Res.**, 70, 128-136.
- Damgaard, B.M.; Malmkvist, J.; Pedersen, L.J.; Jensen, K.H.; Thodberg, K.; Jorgenses, E.; Juul-Madsen, H.R., 2009. The effects of floor heating on body temperature, water consumption, stress response and immune competence around parturition in loose-housed sows. **Res. Veter. Sci.**, 86, 136-145.



- De Leeuw, J.A.; Ekkel, E.D., 2004. Effects of feeding level and the presence of a foraging substrate on the behaviour and stress physiological response of individually housed gilts. **Appl. Anim. Behav. Sci.**, 86, 15-25.
- De Leeuw, J.A.; Ekkel, E.D.; Jongbloed, A.W.; Verstegen, M.W. A., 2003. Effects of floor-feeding and the presence of a foraging substrate on the behaviour and stress physiological response of individually housed gilts. **Appl. Anim. Behav. Sci.**, 80, 297-310.
- Doberenz, J.; Birkenfeld, C.; Kluge, H.; Eder, K., 2006. Effects of L-carnitine supplementation in pregnant sows on plasma concentrations of insulin-like growth factors, various hormones and metabolites and chorion characteristics. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.**, 90, 487-499.
- Holt, J.P.; Johnston, J.; Baidoo, S.K.; Shurson, G.C., 2006. Effects of a high-fiber diet and frequent feeding on behavior, reproductive performance, and nutrient digestibility in gestating sows. **J. Anim. Sci.**, 84, 946-955.
- Hulbert, L.E.; Mcglone, J.J., 2006. Evaluation of drop versus trickle-feeding systems for crated or group-penned gestating sows. **J. Anim. Sci.**, 84, 1004-1014.
- Ison, S.H.; D'earth, R.B.; Robson, S.K.; Baxter, E.M.; Ormandy, E.; Douglas, A.J.; Russell, J.A.; Lawrence, A.B.; Jarvis, S., 2010. 'Subordination style' in pigs? The response of pregnant sows to mixing stress affects their offspring's behaviour and stress reactivity. **Appl. Anim. Behav. Sci.**, 124, 16-27.
- Jansen, J.; Kirkwood, R.N.; Zanella, A.J.; Tempelman, R.J., 2007. Influence of gestation housing on sow behavior and fertility. **J. Swine Health Prod.**, 15, 132-136.
- Janssens, C.J.J.G.; Helmond, F.A.; Weigant, V.M., 1995. The effect of chronic stress on plasma cortisol concentrations in cyclic female pigs depends on the time of day. **Domest. Anim. Endocrinol.**, 12, 167-177.

- Jarvis, S.; D'eath, R.B.; Robson, S.K.; Lawrence, A.B., 2006. The effect of confinement during lactation on the hypothalamic-pituitary-adrenal axis and behaviour of primiparous sows. **Physiol. & Behav.**, 87, 345-352.
- Karlen, G.A.M.; Hemsworth, P.H.; Gonyou, H.W.; Fabrega, E.; Strom, A.D.; Smits, R.J., 2007. The welfare of gestating sows in conventional stalls and large groups on deep litter. **Appl. Anim. Behav. Sci.**, 105, 87-101.
- Lay, D.C.; Kattesh, H.G.J.; Cunnick, J.E.; Daniels, M.J.; McMunn, K.A.; Toscano, M.J.; Roberts, M.P., 2008. Prenatal stress effects on pig development and response to weaning. **J. Anim. Sci.**, 86, 1316-1324.
- Lovatto, P.A.; Lehen, C.R.; Andretta, I.; Carvalho, A.D.; Hauschild, L., 2007. Meta-análise em pesquisas científicas - enfoque em metodologias. **Rev. Bras. Zoot.**, 36, 285-294.
- Lovedahl, P.; Damgaard, L.H.; Nielsen, B.L.; Thodgberg, K.; Su, G.; Rydhmer, L., 2005. Aggressive behaviour of sows at mixing and maternal behaviour are heritable and genetically correlated traits. **Livest. Prod. Sci.**, 93, 73-85.
- Mcglone, J.J.; Fullwood, S.D., 2001. Behavior, reproduction, and immunity of crated pregnant gilts: Effects of high dietary fiber and rearing environment. **J. Anim. Sci.**, 79, 1466-1474.
- Meunier-Salaün, M.C.; Edwards, S.A.; Robert, S., 2001. Effect of dietary fibre on the behaviour and health of the restricted fed sow. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 90, 53-69.
- Minitab, 2007. **Minitab Inc.**, Versão 15. 15.1.
- Mosnier, E.; Dourmad, J-Y.; Etienne, M.; Le Floc'h, N.; Père, M-C.; Ramaekers, P.; Sève, B.; Van Milgen, J.; Meunier- Salaün, M.-C., 2009. Feed intake in the multiparous lactating sow: Its relationship with reactivity during gestation and tryptophan status. **J. Anim. Sci.**, 87, 1282-1291.

- Niekamp, S.R.; Sutherland, M.A.; Dahl, G.E.; Salak-Johnson, J.L., 2006. Photoperiod influences the immune status of multiparous pregnant sows and their piglets. **J. Anim. Sci.**, 84, 2072-2082.
- Oliveiro, C.; Heinonen, M.; Valros, A.; Hälli, O.; Peltoniemi, O.A.T., 2008. Effect of the environment on the physiology of the sow during late pregnancy, farrowing and early lactation. **Anim. Reprod. Sci.**, 105, 365-377.
- Otten, W.; Kanitz, E.; Tuchscherer, M.; Scheneider, F.; Brüßow, K., 2004. Effects of adrenocorticotropin stimulation on cortisol dynamics of pregnant gilts and their fetuses: Implications for prenatal stress studies. **Theriogenol.**, 61, 1649-1659.
- Razdan, P.; Tummaruk, P.; Kindahl, H.; Rodriguez-Martinez, H.; Hultén, F.; Einarsson, S., 2004. Hormonal profiles and embryo survival of sows subjected to induced stress during days 13 and 14 of pregnancy. **Anim. Reprod. Sci.**, 81, 295-312.
- Remience, V.; Wavreille, J.; Canart, B.; Salaün, M.C.M.; Prunier, A.; Thill, N.B.; Nicks, B.; Vandenheede, M., 2008. Effects of space allowance on the welfare of dry sows kept in dynamic groups and fed with an electronic sow feeder. **Appl. Anim. Behav. Sci.**, 112, 284-296.
- Sauvant, D.; Schmidely, P.; Daudin, J.J.; St-Pierre, N.R., 2008. Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. **Animal**, 2, 1203-1214.
- Séguin, M.J.; Barney, D.; Widowski, T.M., 2006. Assessment of a group-housing system for gestating sows: Effects of space allowance and pen size on the incidence of superficial skin lesions, changes in body condition, and farrowing performance. **J. Swine Health Prod.**, 14, 89-96.
- Sorrells, A.D.; Eicher, S.D.; Harris, M.J.; Pajor, E.A.; Richert, B.T., 2007. Periparturient cortisol, acute phase cytokine, and acute phase protein profiles of gilts housed in groups or stalls during gestation. **J. Anim. Sci.**, 85, 1750-1757.

Spoolder, H.M.; Burbidge, J.A.; Edwards, S.A.; Simmins, P.H.; Lawrence, A.B., 1996.

Effects of food level and straw bedding during pregnancy on sow performance and responses to an acth challenge. **Livest. Prod. Sci.**, 47, 51-57.

Zanella, A.J.; Brunner, P.; Unshelm, J.; Mendl, M.T.; Broom, D.M., 1998. The relationship

between housing and social rank on cortisol, b-endorphin and dynorphin (1-13) secretion in sows. **Appl. Anim. Behav. Sci.**, 59, 1-10.

**Table 2.1** - Number of sows, cortisol levels (salivary and plasmatic) and calculated composition of diets of gestation in the database

<b>Variables</b>	<b>Total</b>	<b>Number of diets<sup>(1)</sup></b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Average</b>	<b>Standard- deviation</b>
<b>Animals</b>	1941	-	5	320	34	49.42
<b>Salivary Cortisol, nMolL<sup>-1</sup></b>	-	-	0.00	60.00	8.36	17.24
<b>Plasmatic Cortisol, nMolL<sup>-1</sup></b>	-	-	5.66	200.00	64.90	55.76
<b>Metabolizable Energy, kcal kg<sup>-1</sup></b>	-	80	2073	3300	2687	327.75
<b>Net Energy, kcal kg<sup>-1</sup></b>	-	22	2006	2293	2150	136.49
<b>Crude Protein, %</b>	-	96	12.40	18.40	15.40	1.77
<b>Crude Fiber, %</b>	-	36	2.70	14.80	8.75	3.78
<b>Lysine, %</b>	-	30	0.47	0.97	0.72	0.16
<b>Calcium, %</b>	-	14	0.80	0.98	0.89	0.06
<b>Total Phosphorus, %</b>	-	14	0.46	0.77	0.62	0.09

<sup>(1)</sup>Number of diets that had the composition.

**Table 2.2** - Correlations between the levels of salivary and plasmatic cortisol and nutritional variables and feeding management of gestating sows

Variables	Salivary	P <sup>1</sup>	Plasmatic	P
	Cortisol levels, %		Cortisol levels, %	
<b>Nutritional variables</b>				
<b>Crude Protein, %</b>	0.245	0.118	0.771	0.000
<b>Crude Fiber, %</b>	-0.130	0.511	-	-
<b>Total Lysine, %</b>	0.835	0.000	-	-
<b>Calcium, %</b>	-0.025	0.938	-	-
<b>Total Phosphorus, %</b>	-0.025	0.938	-	-
<b>Feed intake, kg·day<sup>-1</sup></b>	0.458	0.001	-0.177	0.263
<b>Metabolizable Energy, kcal·kg<sup>-1</sup></b>	-0.476	0.003	-0.830	0.000
<b>Crude Protein Intake, g·day<sup>-1</sup></b>	0.589	0.000	0.509	0.001
<b>Lysine Intake, g·day<sup>-1</sup></b>	0.617	0.011	-	-
<b>Feed Management</b>				
<b>Number of Feeding, daily</b>	0.008	0.946	0.405	0.003

<sup>1</sup>P significant at 5 e 1% of probability

**Table 2.3** - Equations to estimate the levels of salivary and plasmatic cortisol (nMol·L<sup>-1</sup>) of sows in different housing systems

<b>Covariates</b>	<b>Equations</b>	<b>RSD</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>Salivary cortisol</b>			
<b>Live Weight, kg</b>	1.6181-0.003594X	0.15	96.55
<b>Metabolic Weight, kg</b>	1.8830-0.018480X	0.15	96.56
<b>Feed Intake, kg·day<sup>-1</sup></b>	-4.6463+3.271800X	0.53	91.46
<b>Metabolizable Energy, kcal·kg<sup>-1</sup></b>	5.1880+0.001837X	1.89	99.22
<b>Crude Protein, %</b>	10.8600-0.003200X	1.95	99.07
<b>Crude Fiber, %</b>	1.8406+0.000320X	1.07	71.06
<b>Lysine, %</b>	-6.2200+13.500000X	1.43	70.01
<b>Crude Protein Intake, g·day<sup>-1</sup></b>	-4.7261+0.024982X	0.41	95.44
<b>Lysine Intake, g·day<sup>-1</sup></b>	-3.7985+0.496390X	0.64	93.96
<b>Plasmatic cortisol</b>			
<b>Live Weight, kg</b>	46.0000+0.039600X	23.71	91.52
<b>Metabolic Weight, kg</b>	42.7000+0.210000X	23.71	91.52
<b>Feed Intake, kg·day<sup>-1</sup></b>	35.5500-0.100000X	16.64	94.34
<b>Metabolizable Energy, kcal·kg<sup>-1</sup></b>	43.7000+0.000210X	18.31	93.55
<b>Crude Protein Intake, g·day<sup>-1</sup></b>	35.5600-0.000700X	16.64	94.34

<sup>RSD</sup>, residual standard deviation.

**Table 2.4** - Salivary and plasmatic cortisol (nMol·L<sup>-1</sup>) obtained by meta-analysis for sows in different housing systems

	<b>Salivary</b>		<b>Plasmatic</b>	
	<b>Deep Bedding</b>	<b>Concrete Floor</b>	<b>Deep Bedding</b>	<b>Concrete Floor</b>
<b>Individual</b>	1.16	2.19	103.00	49.46
<b>Collective</b>	18.68	16.86	-	-
<b>RSD</b>	0.54		5.20	
<b>Probabilities</b>				
<b>Housing</b>	0.001		0.026	
<b>Floor</b>	0.030		-	
<b>Housing * Floor</b>	0.002		-	

<sup>RSD</sup>, residual standard deviation.



**Table 2.5** - Equations to estimate the influence of cortisol on the productivity performance of sows

<b>Variables</b>	<b>Equation</b>	<b>RSD</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>Salivary Cortisol, nMol·L<sup>-1</sup> (co-variable)</b>			
<b>Mummified (Piglet)</b>	0.1361+0.0007X	0.0508	86.26
<b>Dead (Piglet)<sup>(1)</sup></b>	1.1762+0.0022X	0.3610	61.81
<b>Weaned (Piglet)</b>	9.2217-0.0030X	0.1733	91.93
<b>Birth Weight (Piglet), kg</b>	1.6026-0.0002X	0.0445	71.18
<b>Birth Weaned (Piglet), kg</b>	6.9478-0.0003X	0.0557	97.31
<b>Plasmatic Cortisol, nMol·L<sup>-1</sup> (co-variable)</b>			
<b>Births (Piglet)</b>	10.5270-0.0050X	0.6717	76.79
<b>Stillbirths (Piglet)</b>	0.7759+0.0010X	0.2512	75.17
<b>Birth Weight (Litter), kg</b>	1.6032-0.0002X	11.060	99.11
<b>Birth Weaned (Litter), kg</b>	6.8189-0.0004X	14.329	99.90

<sup>RSD</sup>, residual standard deviation; <sup>(1)</sup> Dead piglets from birth to weaning.

**3 CAPÍTULO III**  
**BEHAVIOR AND PRODUCTIVE PERFORMANCE OF GESTATING**  
**SOWS GROUPED-HOUSED IN PENS OF CONCRETE FLOOR OR**  
**DEEP BEDDING**

Este capítulo é apresentado de acordo com as normas para publicação na *Applied Animal Behavior Science*. O artigo foi submetido para publicação em 19 de Janeiro de 2012.

**Behavior and productive performance of gestating sows grouped-housed in pens of  
concrete floor or deep bedding**

Raquel Melchior <sup>a\*</sup>, Irineo Zanella <sup>a</sup>, Paulo Alberto Lovatto <sup>a</sup>, Cheila Roberta Lehnen <sup>a</sup>, Eloiza  
Lanferdini <sup>a</sup> and Ines Andretta <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Zootecnia,  
Universidade Federal de Santa Maria, 97105-900, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil.

\* Corresponding author: Raquel Melchior, raquelmelchior@gmail.com (e-mail)  
or 55 55 3222 8083 (tel/fax).

## **ABSTRACT**

This study was conducted to evaluate the behavior and the productive performance of sows grouped-housed in pens of concrete floor or deep bedding. Forty-two sows were used in a randomized block design with two treatments (T1 - 28 days in individual gestation crates and 82 days in collective pens of concrete floor, and T2 - 28 days in individual gestation crates and 82 days in collective pens of deep bedding) with three replicates each. The incidence of stereotyped behaviors was 71% lower ( $P<0.05$ ) in sows housed in pens of deep bedding. Activity increased in 60% ( $P<0.05$ ) for sows housed in deep bedding during the period of housing in collective pens. Sows housed in pens of concrete floor had 66% more ( $P<0.05$ ) social interactions the average of the total period. Sows housed in pens of deep bedding had on average 60% more ( $P<0.05$ ) skin lesions in 1° and 2° days after housing. The housing system did not influence ( $P>0.05$ ) backfat thickness and feed conversion in lactating sows, the live weight, and the weight gain of the piglets and the duration total of the farrowing. Sows housed in pens of concrete floor during the major part of the pregnancy reached the end of lactation with 7% ( $P<0.05$ ) more piglets than the group housed in deep breeding system. The housing of sows in collective pens in deep bedding provides better welfare, increases physical activity and does not influence the productive performance of animals.

Keywords: comfort, housing system, stereotypies, swine, welfare.

## **1. INTRODUCTION**

The discussion of appropriate housing systems for pregnant sows is a current issue related to animal welfare (Remience et al., 2008). Collective accommodation is the most recommended for the expression of natural social behaviors of sows. On the other hand, this type of accommodation can bring productive problems in early pregnancy, such as differences intra groups in body condition (Lovedahl et al., 2005).

The use of collective housing for pregnant sows raises many questions, especially those related to nutrition, health and performance of sows and their litters. The formation of hierarchy results in aggressive behavior in the early days of the formation of the group, which may prejudice

the reproductive performance (Séguin et al., 2006). However this type of accommodation has been associated with welfare and reduction of problems in farrowing due to an increase in physical activity of sows (Munsterhjelm et al., 2008).

The collective accommodation in deep bedding may provide greater welfare to animals, environmental sustainability, marketing differentiated and lower initial investment cost (Hill and Gentry, 2000). In this context, this facility type may be an alternative capable of meeting the recommendations of the European Union to keep pregnant sows in group-housing systems from 28 days of gestation (Chapinal et al., 2010). However, information on productivity performance and behavior of pregnant sows group-housed in pens of deep bedding are scarce. Concerning the new discussions about animal welfare and environmental sustainability, the objective of this study was to evaluate the behavior and the productivity performance of sows group-housed in pens of concrete floor or deep bedding.

## **2. MATERIAL AND METHODS**

### **2.1 Animals**

The experiment was performed on commercial farm located in the state of Rio Grande do Sul (133m of altitude, latitude 29 ° 28'42" south and longitude 54 ° 13'41" west), Brazil. Forty-two DanBred sows were used, of the parity order following 1, 2, 3, 5, 6, 7 and 8, grouped into three blocks.

### **2.2 Housing**

All sows remained in individual crates until the 28<sup>th</sup> day of gestation (1.82 m X 0.60 m; equipped with feeder and drinker). From the 29<sup>th</sup> experimental day, the sows were separated and housed according to the treatments. The concrete floor pens had 1.44 m<sup>2</sup> per animal. The deep bedding pens had 0.80 m of deep of rice hull subtract and area of 2.50 m<sup>2</sup> per animal. The area animal in collective housing pens, was defined based on the area observed on commercial farms. The deep bedding pens were equipped with collective feeders and nipple drinkers. At 110 days of pregnancy all sows were moved to farrowing crates (3.00 m X 1.70 m) equipped with feeder and nipple drinkers. Lactation had lasted 28 days.

### 2.3 Experimental design

The experimental design was based in randomized blocks with two treatments and three replications each, being a block the replications. The treatments were: T1 - 28 days in individual crates and 82 days in collective pens of concrete floor and T2 - 28 days in individual crates and 82 days in collective pens of deep bedding. The blocking factor was the parity order (block 1 - sows of first parity; block 2 - sows of second parity, block 3 -sows of third or more parity).

### 2.4 Feed management

The sows received diets based on high moisture corn with soybean meal, formulated to meet the animal requirements described in the NRC (1998). During gestation period, sows were fed twice daily (7:00, and 13:15) totaling 2.5 kg per day. During the lactation period, the feed provision was distributed in four times (7:00, 13:15, 18:00, and 24:00) with a daily total of 7.0 kilograms. Piglets received a commercial pellet feed after the 7<sup>th</sup> day.

### 2.5 Behavior

Six sows per treatment were randomly selected (two per parity order) for individual observation. These observations occurred in four periods during the day of evaluation (7:00 to 8:00, 10:00 to 11:00, 13:30 to 14:30, and 17:00 to 18:00). The behavioral types considered were: activities (eating, drinking, and exploring), stereotypies (aerophagia, excessive manipulation of the drinker, and biting the gestation crates or parts of the pens), posture (standing, lying or sitting), social interactions (smell, and nibble), and aggressive interactions (fighting, biting, and escaping). The observations of behavior were divided windows into observation, each window lasted 1:00 hour and consisted of 20 minutes of observation and 40 minutes of rest. From these periods was established percentage of each behavior in relation to period the total daily. The observations occurred during the week of insemination, at 21<sup>st</sup> day of gestation, at the day of transfer to collective pens, one day after the transfer, at 90<sup>th</sup> day of gestation, and interval from weaning to estrus.

### 2.6 Lesions in skin and hooves

Assessments of skin lesions were performed according to the propositions described by Salak-Johnson et al. (2007) who attributed score zero for areas without lesions, score one for minor

injuries, and score two to serious injury. Assessments were made before the transfer to collective pens, on the transfer day, 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> days after transfer, at 90<sup>th</sup> day of gestation, and in the entry and output of farrowing room.

The existence and severity of lesions in the hooves were observed with the animal lying, assigns score zero (no hoof lesions), one (minor injuries) or two (serious injury). This evaluation was conducted during the week of insemination, at 21<sup>st</sup> day of gestation, entry and output of farrowing room, following a methodology adapted by Koning (1993).

### 2.7 Productive performance

The performance evaluation occurred during gestation and lactation periods. The backfat thickness (mm) was measured with an ultrasound Renco Lean Meater at 5.5 cm midline lumbar from the last rib on both sides of the animal (Young and Aherne, 2005). The evaluations were conducted during the week of insemination, at 21<sup>st</sup>, 55<sup>th</sup>, 90<sup>th</sup> and 110<sup>th</sup> days of gestation and at 7<sup>th</sup>, 14<sup>th</sup>, 21<sup>st</sup> and 28<sup>th</sup> days of lactation.

During the farrowing, it were evaluated the total duration (from the birth of first piglet until the placenta expulsion, in hours), the piglet birth interval (in minutes), number of born (alive, stillborn, and mummified), sex and birth weight of piglets. The feed conversion of the sows during lactation was estimated considering the average feed intake and the daily weight gain of the litter. In piglets, the considered variables were: litter size, body weight, and daily weight gain.

### 2.8 Statistical analysis

The performance data were submitted to GLM procedure, considering the effects of treatment and block in the models. The blocks were (block 1 - sows of first parity; block 2 - sows of second parity, block 3 -sows of third or more parity). The percentages of each group behavioral obtained were submitted to test T-Student at 5% significance. For analysis of skin lesions and hooves was determined the number of animals in each lesion score and the non-parametric evaluations were made using a Kruskal-Wallis. All statistical analysis was performed using the statistical program Minitab 15 (2007).

## 3. RESULTS

### 3.1 Behavior

The percentage of stereotyped behaviors, changes in posture, activity, social interaction and aggressive interactions are showed in Figure 3.1. Sows housed in deep bedding presented 71% less ( $P<0.05$ ) stereotyped behavior than sows housed in pens of concrete floor, at 90<sup>th</sup> days gestation. The average of the total period sows housed in pens of concrete floor showed an increase of 66% ( $P<0.05$ ) in social interactions compared to sows housed in pens of deep bedding. Sows housed in pens of deep bedding showed an increase ( $P<0.05$ ) 63%, 61%, 70% and 47% in activities in the transfer and after transfer to collective pens, at 90<sup>th</sup> days gestation and the average for the period total, respectively, compared with sows housed in pens concrete floor.

### 3.2 Lesions in skin and hooves

Are described in Table 3.1 the number of animals in each lesion score of hooves week of insemination, transfer to pens and collective input and output of motherhood. On average over the total 24% ( $P<0.05$ ) sows housed in pens of deep bedding had a score zero, in no injury and 86% more ( $P<0.05$ ) serious injury, compared to sows housed in pens of concrete floor. On the other hand, sows housed in pens of 58% ( $P<0.05$ ) concrete floor had more minor injuries to sows housed in pens of deep bedding, on the average of the total period.

In Table 3.2, are described in the number of animals observed that had a skin lesion at each of four regions considered: anterior, posterior, lateral and legs. Sows housed in pens of deep bedding had 35% more ( $P<0.05$ ) lesions in the anterior region, 58% more ( $P<0.05$ ) lesions in the lateral region, 100% more ( $P<0.05$ ) lesions in the posterior region and 86% more ( $P<0.05$ ) lesions in the region of the legs in the first and second day after being transferred to collective pens than sows housed in pens of concrete floor.

### 3.3 Productive performance

The accommodation in deep bedding did not change ( $P>0.05$ ) the backfat thickness of sows when compared with those housed in concrete floor pens (Table 3.3).

Table 3.4 shows the variables related to the farrowing and the piglets. The total duration of farrowing and the interval between piglet birth did not differ ( $P>0.05$ ) between treatments. Females born from sows housed in concrete floor pens were heavier 9% ( $P<0.05$ ) than those born to sows



housed in deep bedding pens. And as predicted There were differences ( $P<0.05$ ) between the parity order for the number of male piglets born per litter and the initial weights of the litters and of the piglets.

The feed conversion in lactating sows, the average number of piglets, live weight and the daily weight gain are showed in Table 3.5. The collective housing in concrete floor or deep bedding pens during the gestation did not influence ( $P>0.05$ ) the feed conversion in lactating sows, the average live weight, and the weight gain of the piglets. Sows housed in concrete floor pens during the gestation period reached the end of lactation with 7% more ( $P<0.05$ ) piglets than sows housed in deep bedding pens. And as predicted the parity order of sows influenced ( $P<0.05$ ) the weight of piglets throughout the lactation period.

#### **4. DISCUSSION**

A decrease of stereotyped behavior was observed in sows housed in deep bedding pens compared to those housed in concrete floor pens. The same was observed in our study, in which sows housed in collective pens of deep bedding showed 71% reduction in stereotyped behaviors (Figure 3.1). Previous studies showed that if the sow present stereotyped movements in individual crates, the animal will continue presenting these movements in collective accommodation (Mason, 1991; Lawrence and Terlouw, 1993; Chapinal et al., 2010). However, the improvement of the pig authoring environment can reduce stereotyped behaviors, but not abolish them because of extrinsic factors (Chapinal et al., 2010). The reduction in stereotypes manifestations may be related to an increase in time spent on exploration and manipulation the substrate of deep bedding (Karlen et al., 2007).

The distribution of feed throughout the pen may be increased the aggressive encounters between the sows, especially during the feeding (Durrell et al., 2002). With more space available, pigs are more active and spend more time exploring and interacting with their environment rather than aggressive activities (Weng et al., 1998). The observation of higher percentage of changes of posture and activity in the animals housed in deep bedding may be related to the presence of

substrate. In our study, while housed in deep bedding pens of sows showed significant increases in their activities when compared to sows housed in pens of concrete floor (Figure 3.1).

In addition to aggression during feeding, skin lesions were observed in the early days in collective accommodation. Skin lesions are common in the formation of the lots and due to the need to establish a hierarchical order (Séguin et al., 2006). The hierarchy formed is directly related to age, weight, parity order, and avoid intense disputes (Rodenburg and Koene, 2007). Disputes, aggression, and injuries decrease after the determination of the social order in the group (Arey, 1999; Karlen et al., 2007). Disputes may be due to several factors, including lack of infrastructure in the pen, adequate space or number of drinkers and/or feeders sufficient for all housed animals (Marchant-Forde, 2009). In the present study, the availability of drinkers and feeders was adequate in both studied systems and did not influence the behavior of animals. When the dispute is by feed and/or by space at the feeder, the lesions tend to focus on the anterior area (head, neck, ears and scapula). When the feeder has partitions, the lesions tend to be localized in the posterior area of the animal (tail, flank, region of the leg or vulva) (Remience et al., 2008).

We observed increases in skin lesions of sows housed in pens of deep bedding compared with those housed in pens of concrete floor in the first days after placement which is consistent with the results obtained by Karlen et al. (2007). Lesions during the lactation period varied between the parity order. The lesions are related to backfat thickness that serves mainly as a protective layer in the region of the process scapulae (Davies et al., 1997). Older sows have greater backfat thickness and less skin lesions pressure during the lactation (Bonde et al., 2004). Skin lesions caused by the pressure decrease in animals that spend more time standing, as is the case of sows housed in deep bedding, mainly due to less contact with a solid floor (Elmore et al., 2010).

We observed that animals housed in pens of deep bedding had fewer injuries than the hulls sows housed in pens of concrete floor in the middle of the period total (Table 3.1). In pig production, hooves lesions have great relevance, since they represent a major cause of early discard of animals (Schenck et al., 2008). The type of pen floor and the adopted management by the farm influence directly the prevalence of hooves and skin lesions (Bonde et al., 2004). Comfortable floors, as deep bedding, can affect many aspects of the animal welfare. In these facilities, an increase in physical

activity, changes in posture and decrease the incidence of injury and lameness can be observed (Elmore et al., 2010). The damage did not observe at the hooves of sows in our study may be due to the good condition of the floor pens.

There were no differences in backfat thickness of sows housed in concrete floor or deep bedding pens during the gestation period (Table 3.3). Sows housed individually or in groups presented similar backfat thickness (Chapinal et al., 2010). Variation in backfat thickness of sows grouped-housed may indicate the difficulty of access to all the sows to the feeder (Munsterhjelm et al., 2008). In our study, the standardization of diets and of nutritional programs in both treatments may be related to the observed results.

Sows housed in concrete floor or in deep bedding pens showed similar results for number of piglets born (alive, stillborn and mummified) and piglet weight at birth (Table 3.4). Similar results were observed by Karlen et al. (2007) in their studies. The productive performance of sows housed in individual crates or in collective pens seems to be similar (Langendijk et al., 2000; Lammers et al., 2007; Salak-Johnson et al., 2007). A lower weight was observed in piglets born to sows housed in deep bedding pens, which may be due to the lack of nutritional adjustment for activities level in each facilities. In the other hand, the exercise may increased muscle tone and contribute to reduce the duration of farrowing (Cronin et al., 1993; Lammers et al., 2007). Sows housed in pens with a greater area and that perform more physical activity strengthens your bones and muscles (Marchant and Broom, 1996).

In our study, sows housed in concrete floor pens had longer deliveries, although on average there was no difference, the greater number of stillbirths and consequently fewer live births. The farrowing of primiparous sows housed in individual pens is slower than the farrowing of sows grouped-housed (Cronin et al., 1993; Wülbers-Mindermann et al., 2002).

With the new regulations for pig production imposed by European Union and the demands of consumers towards the welfare of farm animals, it is necessary to intensify the studies in search of more appropriate facilities and management systems. The collective housing in deep bedding pens proved to be a viable alternative, being a system that improve the sow welfare without interfere in their productive performance.

## 5. CONCLUSIONS

Sows grouped-housed in deep bedding pens have higher percentages of activity, and lower rates of stereotyped behavior. Highest incidence of skin lesions after transfer are observed in sows housed in collective deep bedding pens. On average the total period, of sows housed in pens of the concrete floor had more lesions on the hooves. Sows housed in pens concrete floor calved females heavier and reached the end of lactation with the highest number of piglets. The collective housing in concrete floor or deep bedding pens does not influence the backfat thickness and feed conversion of sows, body weight and weight gain of piglets, and the total duration of farrowing. The housing of sows in collective pens in deep bedding provides better welfare, increases physical activity and does not influence the productive performance of animals.

## ACKNOWLEDGEMENTS

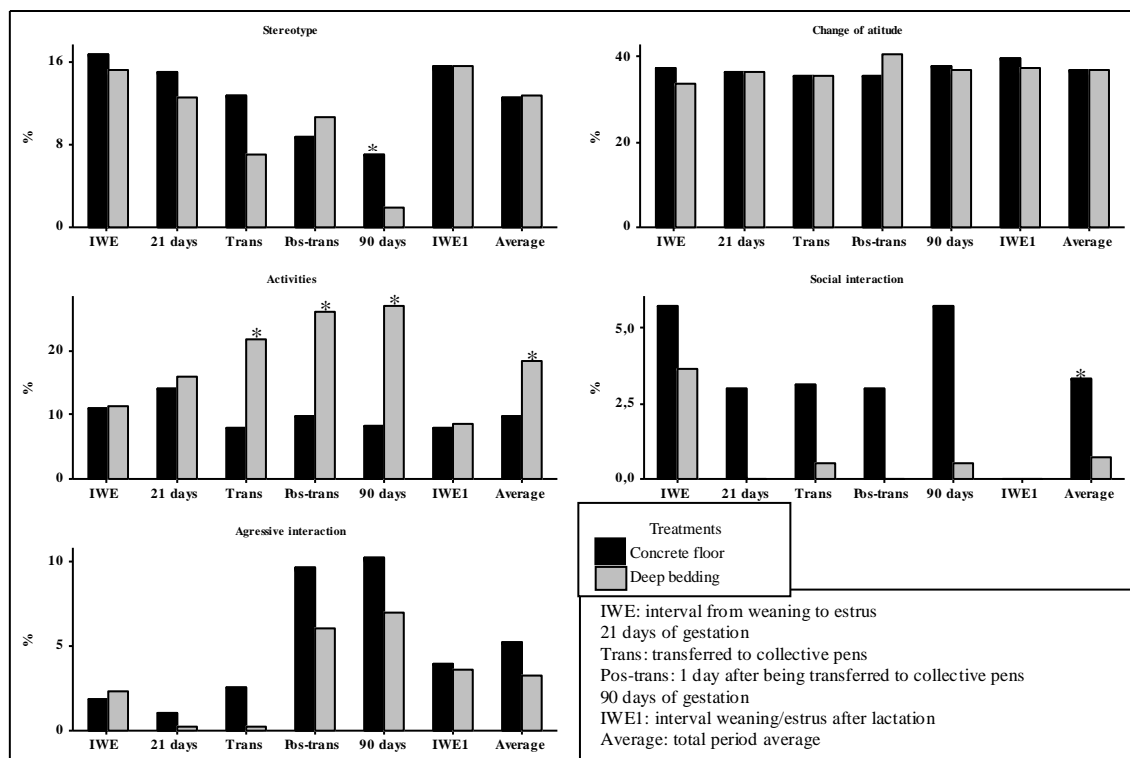
To National Council for Scientific and Technological Development (CNPq, Brazil), to the Coordination of Personnel Improvement of Higher Education (Capes, Brazil) and Program to Support Restructuring and Expansion of Federal Universities (Reuni, Brazil).

## REFERENCES

- Arey, D.S., 1999. Time course for the formation and disruption of social organisation in group-housed sows. **Appl. Anim. Behav. Sci.** 62, 199-207.
- Bonde, M.T.R., Badsberg, J.H., Sorensen, J.T., 2004. Associations between lying-down behaviour problems and body condition, limb disorders and skin lesions of lactating sows housed in farrowing crates in commercial sow herds. **Livest. Prod. Sci.** 87, 179-187.
- Chapinal, N., Ruiz De La Torre, J.L., Cerisuelo, A., Gasa, J., Baucells, M.D., Coma, J., Vidal, A., Manteca, X., 2010. Evaluation of welfare and productivity in pregnant sows kept in stalls or in 2 different group housing systems. **J. Vet. Behav.** 5, 82-93.

- Cronin, G.M., Schirmer, B.N., McCallum, T.H., Smith, J.A., Butler, K.L., 1993. The effects of providing sawdust to pre-parturient sows in farrowing crates on sow behaviour, the duration of parturition and the occurrence of intra-partum stillborn piglets. **Appl. Anim. Behav. Sci.** 36, 301-315.
- Durrell, J.L., Sneddon, I.A., Beattie, V.E., Kilpatrick, D.J., 2002. Sow behaviour and welfare in voluntary cubicle pens (small static groups) and split-yard systems (large dynamic groups). **Anim. Sci.** 75, 67-74.
- Elmore, M.R.P., Garner, J.P., Johnson, A.K., Richert, B.T., Pajor, E.A., 2010. A flooring comparison: The impact of rubber mats on the health, behavior, and welfare of group-housed sows at breeding. **Appl. Anim. Behav. Sci.** 123, 7-15.
- Hill, J.D., Gentry, J., 2000. Design of loadout systems for deep bed finishing facilities: a ase study. **In Proceedings of the 1 st International Swine Housing Conferece**, Michigan, 317-323.
- Karlen, G.A.M., Hemsworth, P.H., Gonyou, H.W., Fabrega, E., Strom, A.D., Smits, R.J., 2007. The welfare of gestating sows in conventional stalls and large groups on deep litter. **Appl. Anim. Behav. Sci.** 105, 87-101.
- Koning, R., 1993. Sow welfare: Ekesbo assessment and planning. **Pig J.** 30, 30-40.
- Lammers, P.J., Honeyman, M.S., Mabry, J.W., Harmon, J.D., 2007. Performance of gestating sows in bedded hoop barns and confinement stalls. **J. Anim. Sci.** 85, 1311-1317.
- Langendijk, P., Soede, N.M., Kemp, B., 2000. Effects of boar contact and housing conditions on estrus expression in weaned sows. **J. Anim. Sci.** 78, 871-878.
- Lawrence, A.B., Terlouw, E.M., 1993. A review of behavioral factors involved in the development and continued performance of stereotypic behaviors in pigs. **J. Anim. Sci.** 71, 2815-2825.
- Lovedahl, P., Damgaard, L.H., Nielsen, B.L., Thodgberg, K., Su, G., Rydhmer, L., 2005. Aggressive behaviour of sows at mixing and maternal behaviour are heritable and genetically correlated traits. **Livest. Prod. Sci.** 93, 73-85.
- Mason, G.J., 1991. Stereotypies and suffering. **Behav. Proc.** 25, 103-115.
- Marchant, J.N., Broom, D.M., 1996. Effects of dry sow housing conditions on muscle weight and bone strength. **J. Anim. Sci.** 62, 105-113.

- Marchant-Forde, J.N., 2009. The welfare of pigs. **Animal Welfare**. 7, 45-139.
- MINITAB, 2007. **Minitab Inc.** 15.15.1.
- Munsterhjelm, C., Valros, A., Heinonen, M., Hälli, O., Peltoniemi, O.A.T., 2008. Housing during early pregnancy affects fertility and behaviour of sows. **Reprod. Domest. Anim.** 43, 584-591.
- NRC, 1998. Nutrient requirements of swine. Washington: **National Academy of Sciences**.
- Remience, V., Wavreille, J., Canart, B., Salaün, M.C.M., Prunier, A., Thill, N.B., Nicks, B., Vandenhede, M., 2008. Effects of space allowance on the welfare of dry sows kept in dynamic groups and fed with an electronic sow feeder. **Appl. Anim. Behav. Sci.** 112, 284-296.
- Rodenburg, T.B., Koene, P., 2007. The impact of group size on damaging behaviours, aggression, fear and stress in farm animals. **Appl. Anim. Behav. Sci.** 103, 205-214.
- Salak-Johnson, J.L., Niekamp, S.R., Rodriguez-Zas, S.L., Ellis, M., Curtis, S.E., 2007. Space allowance for dry, pregnant sows in pens: Body condition, skin lesions, and performance. **J. Anim. Sci.** 85, 1758-1769.
- Schenck, E.L., McMunn, K.A., Rosenstein, D.S., Stroshine, R.L., Nielsen, B.D., Richert, B.T., Marchant-Forde, J.N., Lay, D.C.J., 2008. Exercising stall-housed gestating gilts: Effects on lameness, the musculo-skeletal system, production, and behavior. **J. Anim. Sci.** 86, 3166-3180.
- Séguin, M.J., Barney, D., Widowski, T.M., 2006. Assessment of a group-housing system for gestating sows: Effects of space allowance and pen size on the incidence of superficial skin lesions, changes in body condition, and farrowing performance. **J. Swine Health Prod.** 14, 89-96.
- Weng, R.C., Edwards, S.A., English, P.R., 1998. Behaviour, social interactions and lesion scores of group-housed sows in relation to floor space allowance. **Appl. Anim. Behav. Sci.** 59, 307-316.
- Wülbers-Mindermann, M., Algers, B., Berg, C., Lundeheim, N., Sigvardsson, J., 2002. Primiparous and multiparous maternal ability in sows in relation to indoor and outdoor farrowing systems. **Livest. Prod. Sci.** 73, 285-297.
- Young, M.; Aherne, F., 2005. Monitoring and maintaining sow condition. **Adv. Pork Prod.** 16, 299-313.



**Figure 3.1** - Behavioral groups observed in sows housed in gestation crates and pens collective concrete floor or deep bedding. % Relative to the total observation time, and \* differs 5% by test T-Student.

**Table 3.1** - Lesions in hooves in pregnant sows grouped-housed in concrete floor or deep bedding pens

Score	N° of animals, T1	N° of animals, T2
<b>Insemination</b>		
Without injury	13/21	17/21
Mild injury	8/21	3/21
Serious injury	0/21	1/21
<b>Prior to Transfer</b>		
Without injury	6/20	15/19
Mild injury	12/20	3/19
Serious injury	0/20	1/19
<b>Admitted to the farrowing room</b>		
Without injury	6/19	10/17
Mild injury	12/19	6/17
Serious injury	1/19	1/17
<b>Output of farrowing room</b>		
Without injury	14/18	14/17
Mild injury	4/18	1/17
Serious injury	0/18	2/17
<b>Average total period,%</b>		
Without injury	58.00 <sup>b</sup>	76.00 <sup>a</sup>
Mild injury	41.00 <sup>a</sup>	17.00 <sup>b</sup>
Serious injury	1.00 <sup>b</sup>	7.00 <sup>a</sup>

<sup>a, b</sup> different letters on the same row differ by Kruskal-Wallis test at 5% significance level.



**Table 3.2** - Lesions in skin in pregnant sows grouped-housed in concrete floor or deep bedding pens

	<b>Concrete floor</b>	<b>Deep Bedding</b>
<b>Anterior body</b>		
<b>Before the transfer</b>	1/20	2/19
<b>After the transfer</b>	13/20	9/19
<b>1 day after transfer</b>	13/20 <sup>b</sup>	19/19 <sup>a</sup>
<b>2 days after transfer</b>	13/20 <sup>b</sup>	19/19 <sup>a</sup>
<b>90<sup>th</sup> days of gestation</b>	15/20	14/18
<b>Admitted to the farrowing room</b>	14/20	14/18
<b>Output of farrowing room</b>	1/20	3/18
<b>Lateral region of the body</b>		
<b>Before the transfer</b>	0/20	0/19
<b>After the transfer</b>	8/20	11/19
<b>1 day after transfer</b>	8/20 <sup>b</sup>	18/19 <sup>a</sup>
<b>2 days after transfer</b>	8/20 <sup>b</sup>	18/19 <sup>a</sup>
<b>90<sup>th</sup> days of gestation</b>	9/20	13/18
<b>Admitted to the farrowing room</b>	11/20	12/18
<b>Output of farrowing room</b>	2/20	2/18
<b>Posterior region of the body</b>		
<b>Before the transfer</b>	0/20	1/19
<b>After the transfer</b>	0/20 <sup>b</sup>	4/19 <sup>a</sup>
<b>1 day after transfer</b>	0/20 <sup>b</sup>	8/19 <sup>a</sup>
<b>2 days after transfer</b>	0/20 <sup>b</sup>	8/19 <sup>a</sup>
<b>90<sup>th</sup> days of gestation</b>	0/20	1/18
<b>Admitted to the farrowing room</b>	3/20	2/18
<b>Output of farrowing room</b>	0/20	0/18
<b>Region Legs</b>		
<b>Before the transfer</b>	0/20	0/19
<b>After the transfer</b>	1/20	2/19
<b>1 day after transfer</b>	1/20 <sup>b</sup>	7/19 <sup>a</sup>
<b>2 days after transfer</b>	1/20 <sup>b</sup>	7/19 <sup>a</sup>
<b>90<sup>th</sup> days of gestation</b>	1/20	2/18
<b>Admitted to the farrowing room</b>	5/20	4/18
<b>Output of farrowing room</b>	0/20	0/18

<sup>a, b</sup> different letters on the same row differ by Kruskal-Wallis test at 5% significance level.

**Table 3.3** - Average backfat thickness (mm) of gestating sows housed in concrete floor or deep bedding pens

	Housing <sup>1</sup>		rse <sup>2</sup>	Probabilities <sup>3</sup>	
	Concrete floor	Deep bedding		Housing	Parity order
<b>Gestation</b>					
<b>Insemination</b>	13.15	12.41	0.75	0.02	0.00
<b>21 days</b>	13.55	13.51	0.75	0.88	0.94
<b>55 days</b>	14.00	13.55	0.83	0.14	0.24
<b>90 days</b>	14.10	13.48	1.06	0.10	0.54
<b>110 days</b>	16.12	15.36	1.54	0.17	0.29
<b>Lactation</b>					
<b>7 days</b>	16.48	15.60	1.82	0.19	0.17
<b>14 days</b>	17.01	16.03	2.12	0.21	0.05
<b>21 days</b>	15.51	14.50	2.17	0.21	0.07
<b>28 days</b>	14.31	13.65	1.71	0.30	0.09

<sup>1</sup> Adjusted means for backfat thickness insemination; <sup>2</sup> residual standard error; <sup>3</sup> level of significance at 5%.

**Table 3.4** - Variables of farrowing and performance of litters of sows grouped-housed in concrete floor or deep bedding pens

	Housing		rse <sup>1</sup>	Probabilities <sup>2</sup>	
	Concrete floor	Deep bedding		Housing	Parity order
<b>Length, h</b>	03:34	03:08	0.08	0.65	0.63
<b>Interval, min</b>	00:17	00:14	0.01	0.39	0.88
<b>Stillbirths</b>	1.12	0.82	1.06	0.84	0.49
<b>Mummified</b>	0.35	0.53	0.61	0.31	0.09
<b>N° Alive</b>	12.29	13.41	3.69	0.35	0.07
<b>N° Males</b>	6.18	7.00	2.83	0.59	0.05
<b>N° Females</b>	6.12	6.41	2.10	0.76	0.28
<b>AIW-Litter, kg</b>	16.59	16.59	3.68	0.80	0.03
<b>AIW-Piglet, kg</b>	1.40	1.28	0.18	0.06	0.00
<b>AIW-Males, kg</b>	1.42	1.30	0.23	0.19	0.00
<b>AIW-Females, kg</b>	1.38	1.25	0.17	0.03	0.01

<sup>1</sup>rse: residual standard error; <sup>2</sup> level of significance 5%; Length: Length total farrowing hours; Interval: piglet birth interval

in minutes; N° alive: number of piglets born alive; AIW: average initial weight in kilograms.

**Table 3.5** - Average feed conversion of lactating sows, number and weight of piglets from sows grouped-housed in concrete floor or in deep bedding pens

	Period	Housing		rse <sup>1</sup>	Probabilities <sup>2</sup>	
		Concrete floor	Deep bedding		Housing	Parity order
<b>Feed Conversion</b> <sup>3</sup>	<b>0-7</b>	3.42	3.71	1.14	0.47	0.60
	<b>8-14</b>	2.53	2.84	0.48	0.15	0.02
	<b>15-21</b>	3.40	3.95	1.07	0.15	0.56
	<b>22-28</b>	3.07	3.25	0.74	0.39	0.47
	<b>Average</b>	3.11	3.44	0.65	0.16	0.23
<b>Piglet Weight Gain, kg·day<sup>-1</sup></b>	<b>0-7</b>	0.16	0.15	0.04	0.54	0.12
	<b>8-14</b>	0.21	0.19	0.04	0.48	0.05
	<b>15-21</b>	0.20	0.19	0.04	0.53	0.22
	<b>22-28</b>	0.23	0.24	0.04	0.62	0.13
	<b>Average</b>	0.20	0.19	0.03	0.55	0.02
<b>Piglet Live Weight, kg</b>	<b>Initial</b>	1.40	1.28	0.19	0.26	0.00
	<b>7</b>	2.51	2.38	0.46	0.62	0.01
	<b>14</b>	3.77	3.56	0.60	0.56	0.01
	<b>21</b>	5.17	4.89	0.68	0.43	0.00
	<b>28</b>	6.82	6.89	0.82	0.62	0.01
<b>Number of Piglets</b>	<b>7</b>	11.94	11.53	1.04	0.18	0.27
	<b>14</b>	11.71	11.06	1.12	0.08	0.77
	<b>21</b>	11.59	10.82	1.18	0.05	0.77
	<b>28</b>	11.59	10.77	1.27	0.05	0.79
	<b>Average</b>	11.82	11.52	1.23	0.32	0.24

<sup>1</sup>rse: residual standard error; <sup>2</sup> level of significance 5%; <sup>3</sup> average feed intake of 6 kg from 0 to 14 days and 8 kg from 15 to

28 days of lactation, equation: Feed Conversion = sow feed intake/daily gain of piglets.

## 4 DISCUSSÃO GERAL

O desenvolvimento de um estudo de meta-análise permite uma visão mais ampla e sistemática sobre o tema estudado. Neste caso, o estudo meta-analítico dos níveis de cortisol e produtividade de porcas gestantes alojadas em dois sistemas permitiu visualizar os aspectos que influenciam a produção. Além disso, serviu de base para o planejamento de um estudo a campo e indicou aspectos a serem pesquisados. Ao final permitiu comparar os resultados da literatura, obtidos por meta-análise, com os resultados do estudo a campo. Para a construção desta dissertação foi optado por elaborar dois artigos científicos, um com os resultados da meta-análise e outro com os resultados a campo, isto limitou a apresentação de alguns dados. Nesta discussão será apresentado um paralelo entre os dois estudos e discutido alguns aspectos que ficaram omissos nos artigos.

Para a composição da base de dados do estudo meta-analítico realizou-se inicialmente uma busca por trabalhos em bases digitais (Google Acadêmico, *Science Direct*, *Scopus*, *Scielo*, *High Wire e PubMed*) com palavras-chaves em diversos idiomas (inglês, português e espanhol). Foram incluídos apenas dados de trabalhos publicados em revistas indexadas, considerando o aceite para publicação como critério subjetivo para sua qualidade metodológica. A inclusão apenas de trabalhos publicados se baseou também na evidência de que estes estudos geralmente apresentam efeito maior na análise que aqueles não publicados (ANDRETTA, 2011). Resultando em uma base de dados com 22 artigos publicados em revistas internacionais que trabalharam níveis de cortisol salivar e plasmático em porcas gestantes alojadas em baias de piso concreto ou cama sobreposta.

Já no trabalho a campo não foi possível à avaliação de níveis de cortisol, portanto, a comparação entre os dois estudos ficou limitada a dados produtivos (Tabela 4.1). Foi observado nos dois trabalhos um maior número de leitões nascidos totais de porcas alojadas em cama sobreposta. Na meta-análise as porcas alojadas em baias de cama sobreposta tiveram 18% mais leitões e no estudo a campo 7% mais leitões nascidos totais do que as porcas alojadas em baias de piso concreto.

Os trabalhos considerados na composição da meta-análise foram realizados em países da Europa (45%), dos Estados Unidos (45%) e outros (10%). O número de leitões nascidos totais de porcas alojadas em baias de cama sobreposta foi 17% maior e para porcas

alojadas em baias de piso concreto 27% maior em nosso estudo a campo do que o número médio obtido por meta-análise nos estudos dos países citados. Essa variação no número de leitões nascidos pode ser em virtude da genética dos animais utilizados nos estudos e principalmente em função do número de animais em cada trabalho. Na meta-análise foram observados os dados de produtividade de 1454 porcas, enquanto no estudo a campo foram estudadas apenas 42 porcas.

Outro dado importante a ser destacado é em relação ao peso dos leitões. Os leitões nascidos das porcas estudadas na meta-análise foram mais pesados, em média 15% mais pesados ao nascimento e 5% mais pesados ao desmame para porcas alojadas em baias de cama sobreposta. Entre porcas alojadas em baias de piso concreto os leitões nascidos dos animais da meta-análise foram 14% mais pesados ao nascimento e 1% mais pesados ao desmame do que os leitões avaliados no estudo a campo. Porém, vale lembrar que as porcas observadas no estudo a campo pariram 7% mais leitões quando em cama sobreposta e 26% mais leitões quando em piso concreto.

Em nosso estudo a campo não foi realizado nenhum ajuste nutricional, por se tratar de uma avaliação de sistema. Isso pode ter influenciado o menor peso ao nascer dos leitões de porcas alojadas em cama sobreposta, uma vez que a área/animal era maior e que os animais tinham maior atividade física. Quando realizado ajuste nutricional para porcas em gestação em cama sobreposta houve um aumento médio de 4% no peso ao nascer dos leitões (LEHNEN, 2012).

Ao realizar esse paralelo entre os resultados de desempenho de porcas alojadas em baias de cama sobreposta ou de piso concreto, obtidos através de meta-análise ou experimento a campo, observamos uma coerência biológica nos resultados apesar da diversidade experimental. Conseguimos mostrar com isso que mesmo com todas as diferenças entre os estudos incluídos na base de dados e o estudo a campo a meta-análise pode sim demonstrar a realidade produtiva.

Desta forma a aplicação da técnica da meta-análise para determinar novas respostas para níveis de cortisol e produtividade em porcas gestantes se mostrou uma boa alternativa. Uma vez que há na literatura grande volume de dados a respeito e considerável variabilidade nos resultados. A realização de uma meta-análise antes de partir para um estudo a campo também nos deu uma base para quais resultados poderiam ser esperados. Ao final dos estudos foi possível realizar uma comparação entre os resultados encontrados através da meta-análise e os obtidos no estudo a campo.

No estudo a campo havia um número pequeno de porcas em observação, o que pode justificar a falta de diferenças entre os tratamentos. Em alguns casos o pequeno número de animais mostrou diferenças para algumas características, mas que em uma população maior não haverá. Neste estudo não foi realizado ajuste para área/animal e ajuste nutricional o que pode explicar algumas diferenças ou falta de diferenças. Também não foi possível a mensuração de níveis de cortisol o que teria enriquecido a comparação com os dados obtidos na meta-análise. Por sua vez, o estudo meta-analítico pode apresentar algumas falhas em função do grande período de tempo em que os trabalhos incluídos na base de dados foram realizados (14 anos) já que a nutrição e a genética dos animais estão em constante evolução.

**Tabela 4.1** - Comparação de desempenho dos leitões nascidos de porcas alojadas em baias de cama sobreposta ou piso concreto durante a gestação, obtido por meta-análise e estudo a campo

	<b>Meta-análise</b>		<b>Estudo a campo</b>	
	<b>Cama</b>	<b>Piso</b>	<b>Cama</b>	<b>Piso</b>
<b>Nascidos totais</b>	12,23	10,11	14,76	13,76
<b>Nascidos vivos</b>	11,22	9,88	13,41	12,29
<b>Mumificados</b>	0,30	0,19	0,53	0,33
<b>Natimortos</b>	0,57	0,95	0,82	1,12
<b>Mortos</b>	1,86	1,02	0,76	0,41
<b>Desmamados</b>	9,26	8,95	10,76	11,59
<b>Peso ao nascer leitegada, kg</b>	16,89	19,79	16,59	16,59
<b>Peso ao desmame leitegada, kg</b>	61,52	71,11	71,46	78,09
<b>Peso ao nascer leitão, kg</b>	1,50	1,63	1,28	1,40
<b>Peso ao desmame leitão, kg</b>	6,87	6,83	6,55	6,77



## 5 CONCLUSÕES

A meta-análise realizada neste estudo permitiu abordar de forma sistemática e quantificar a associação dos níveis de cortisol com a produtividade de porcas gestantes.

O manejo alimentar (quantidade de ração ao dia, número de arraçoamentos) e o sistema de alojamento influenciam os níveis de cortisol.

Porcas alojadas individualmente em cama sobreposta apresentam menores níveis de cortisol circulante, mas quando alojadas coletivamente em cama sobreposta apresentam maiores níveis de cortisol.

Cortisol em níveis elevados reduz o desempenho produtivo de porcas.

O estudo a campo permitiu a comparação entre os sistemas de alojamento em baias de piso concreto e cama sobreposta e verificar seus efeitos sobre a produtividade de porcas e leitegadas e o comportamento de porcas gestantes.

Porcas alojadas na gestação em baias coletivas de cama sobreposta apresentam maiores médias de lesões de pele nos dois primeiros dias após a transferência.

As porcas alojadas em cama sobreposta apresentam maiores percentuais de atividades e menores percentuais de comportamentos estereotipados.

O alojamento coletivo em baias de piso concreto ou de cama sobreposta não influencia as médias de espessura de toucinho e conversão alimentar das porcas na lactação, peso vivo e ganho de peso dos leitões e duração total do parto.

Apesar de todas as diversidades experimentais houve coerência biológica nos resultados obtidos através de meta-análise na comparação com os resultados obtidos no estudo a campo.

## REFERÊNCIAS

ABIPECS. Associação brasileira da indústria produtora e exportadora de carne suína. 2010. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/>>. Acesso em: 20 Out 2011.

ANDRETTA, I. **Estudo meta-analítico das interações produtivas e nutricionais das micotoxinas na alimentação de suínos e frangos de corte.** 2011. 103f. Dissertação (Mestrado) - UFSM, Santa Maria, 2011.

ANIL, L.; ANIL, S. S.; DEEN, J. Relationship between postural behaviour and gestation stall dimensions in relation to sow size. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 77, n. 3, p.173-181, 2002.

ANIL, L. et al. Cortisol, behavioral responses, and injury scores of sows housed in gestation stalls. **Journal of Swine Health and Production**, v. 14, p.196-201, 2006a.

ANIL, L. et al. Effect of group size and structure on the welfare and performance of pregnant sows in pens with electronic sow feeders. **The Canadian Journal of Veterinary Research**, v. 70, p.128-136, 2006b.

AREY, D. S. Time course for the formation and disruption of social organisation in group-housed sows. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 62, n. 2-3, p.199-207, 1999.

ARNS, A. P. **Eficiência fertilizante da cama sobreposta de suíno.** 2004. 114f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2004.

BAPTISTA, R. I. A. A.; BERTANI, G. R.; BARBOSA, A. N. Indicadores do bem-estar em suínos - revisão bibliográfica. **Ciência Rural**, v. 40, n. 10, p.1-8, 2011.

BEATTIE, V. E.; O'CONNELL, N. E.; MOSS, B. W. Influence of environmental enrichment on the behaviour, performance and meat quality of domestic pigs. **Livestock Production Science**, v. 65, n. 1-2, p.71-79, 2000.

BELTRANENA, E. et al. Effects of pre and postpubertal feeding on production traits at first and second estrus in gilts. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 3, p.886-893, 1991.

BENTO, E. A. **Avaliação de algumas características reprodutivas e do peso ao nascer de granja suína do sudoeste goiano em duas épocas.** 2003. 28f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista., Ilha Solteira, 2003.

BLOKHUIS, H. J. International cooperation in animal welfare: The welfare quality® project. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 50, p.1-5, 2008.

BONDE, M. et al. Associations between lying-down behaviour problems and body condition, limb disorders and skin lesions of lactating sows housed in farrowing crates in commercial sow herds. **Livestock Production Science**, v. 87, p.179-187, 2004.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução normativa n 56, de 6 de novembro de 2008.** 2008.

BROOM, D. M.; MOLENTO, C. F. M. Bem-estar animal: Conceito e questões relacionadas - revisão. **Archives of Veterinary Science**, v. 9, n. 2, p.1-11, 2004.

CHAPINAL, N. et al. Evaluation of welfare and productivity in pregnant sows kept in stalls or in 2 different group housing systems. **Journal of Veterinary Behavior**, v. 5, p.82-93, 2010.

CORDEIRO, M. B. **Avaliação de sistemas de camas sobrepostas quanto ao conforto térmico e ambiental e ao desempenho zootécnico para suínos nas fases de crescimento e terminação.** 2003. 72f. Dissertação (Mestrado) - Universidade federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

CORRÊA, E. K.; PERDOMO, C. C. Utilização de leito formado por cama na produção de suínos em crescimento e terminação. In: **Congresso da pós-graduação em ciências agrárias**, 1997, Pelotas. Pelotas: 1997.

COSTA, A. N. Aspectos técnicos e éticos da produção intensiva de suínos. **Ciência veterinária nos trópicos**, v. 11, p.43-48, 2008.

CRONIN, G. M. et al. The effects of providing sawdust to pre-parturient sows in farrowing crates on sow behaviour, the duration of parturition and the occurrence of intra-partum stillborn piglets. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 36, n. 4, p.301-315, 1993.

DAMGAARD, B. M. et al. The effects of floor heating on body temperature, water consumption, stress response and immune competence around parturition in loose-housed sows. **Research in Veterinary Science**, v. 86, n. 1, p.136-145, 2009.

DAMGAARD, L. H. et al. Genetic parameters for within-litter variation in piglet birth weight and change in within-litter variation during suckling. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 3, p.604-610, 2003.

DAVIES, P. R. et al. Epidemiologic evaluation of decubital ulcers in farrowing sows. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 210, p.1173-1178, 1997.

DURRELL, J. L. et al. Sow behaviour and welfare in voluntary cubicle pens (small static groups) and split-yard systems (large dynamic groups). **Animal Science**, v. 75, p.67-74, 2002.

ELMORE, M. R. P. et al. A flooring comparison: The impact of rubber mats on the health, behavior, and welfare of group-housed sows at breeding. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 123, n. 1-2, p.7-15, 2010.

FRIESEN, C. Alternatives to gestation crates. **Technical Communications**, 2005. Disponível em: <<http://phad.cc.umanitoba.ca/~metrycki/report-1.pdf>>. Acesso em: 16 Out 2011.

GLASS, G. V. Primary, secondary, and meta-analysis of research. **Educational Researcher**, v. 5, n. 10, p. 3-8, 1976.

GRANDIN, T.; JOHNSON, C. **O bem-estar dos animais – proposta de uma vida melhor para todos os bichos**. Rocco, São Paulo, 2010. 334p.

HILL, J. D.; GENTRY, J. Design of loadout systems for deep bed finishing facilities: A case study. In: **Proceedings of the 1<sup>o</sup> st International Swine Housing Conference**, 2000, Michigan. Michigan: 2000. p. 317-323.

HULBERT, L. E.; MCGLONE, J. J. Evaluation of drop versus trickle-feeding systems for crated or group-penned gestating sows. **Journal of Animal Science**, v. 84, p.1004-1014, 2006.

JANSEN, J. et al. Influence of gestation housing on sow behavior and fertility. **Journal of Swine Health and Production**, v. 15, n. 3, p.132-136, 2007.

JANSSENS, C. J. J. G.; HELMOND, F. A.; WEIGANT, V. M. The effect of chronic stress on plasma cortisol concentrations in cyclic female pigs depends on the time of day. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 12, n. 2, p.167-177, 1995.

JARVIS, S. et al. The effect of confinement during lactation on the hypothalamic-pituitary-adrenal axis and behaviour of primiparous sows. **Physiology & Behavior**, v. 87, n. 2, p.345-352, 2006.

KARLEN, G. A. M. et al. The welfare of gestating sows in conventional stalls and large groups on deep litter. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 105, n. 1-3, p. 87-101, 2007.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 22, n. 3, p.651-665, 2005.

LAMMERS, P. J. et al. Performance of gestating sows in bedded hoop barns and confinement stalls. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 5, p.1311-1317, 2007.

LANGENDIJK, P.; SOEDE, N. M.; KEMP, B. Effects of boar contact and housing conditions on estrus expression in weaned sows. **Journal of Animal Science**, v. 78, p.871-878, 2000.

LEANDRO, G. **Meta-analysis in medical research: The handbook for the understanding and practice of meta-analysis**. Malden: Blackwell, 2005. 98p.

LEITE, D. M. G. et al. Análise econômica do sistema intensivo de suínos criados ao ar livre. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p.482-486, 2001.

LOVATTO, P. A. et al. Meta-análise em pesquisas científicas - enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p.285-294, 2007.

LOVEDAHL, P. et al. Aggressive behaviour of sows at mixing and maternal behaviour are heritable and genetically correlated traits. **Livestock Production Science**, v. 93, n. 1, p.73-85, 2005.

MACHADO FILHO, L. C. P.; HÖTZEL, M. J. Bem-estar dos suínos. In: **5º Seminário Internacional de Suinocultura**, 2000, Expo Center Norte, SP. São Paulo: 2000. p.70-82.

MARCHANT-FORDE, J. N. The welfare of pigs. **Animal Welfare**, v. 7, p.45-139, 2009.

MARCHANT, J. N.; BROOM, D. M. Effects of housing system on movement and leg strength in sows. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 41, n. 3, p.275-276, 1994.

MARCHANT, J. N.; BROOM, D. M. Effects of dry sow housing conditions on muscle weight and bone strength. **Journal of Animal Science**, v. 62, p.105-113, 1996.

MENDES, A. S.; CORRÊA, M. N.; POUHEY, M. T. Aspectos anatômicos, clínicos e de controle das alterações no sistema locomotor de suínos. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 10, n. 4, p.411-417, 2004.

MENESES, J. F. Produção de suínos e bem-estar animal: Uma perspectiva europeia. In: **Silva, I.J.O. Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. p.180-195, 1999.

OLIVEIRA, P. A. V. D. Produção de suínos em sistema deep bedding: Experiência brasileira. In: **Seminário internacional de suinocultura**, 2000, Expo Center Norte, São Paulo. Expo Center Norte, São Paulo, p.89-100, 2000.

OTTEN, W. et al. Effects of adrenocorticotropin stimulation on cortisol dynamics of pregnant gilts and their fetuses: Implications for prenatal stress studies. **Theriogenology**, v. 61, p.1649-1659, 2004.

PANDORFI, H. **Comportamento bioclimático de matrizes suínas em gestação e o uso de sistemas inteligentes na caracterização do ambiente produtivo: Suinocultura de precisão**. 2005. 137f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

PANZARDI, A. **Impactos do peso da fêmea no último mês de gestação sobre a ocorrência de leitegadas desuniformes e influência dos parâmetros fisiológicos do leitão ao nascimento sobre seu desempenho pós-natal**. 2010. 102f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

PICCININI, A. La lettiera promette bene per i suini. **Revista di Suinicoltura**, v. 6, n. 1, p.31-44, 1994.

PRIVADO FILHO, J. R. **Aspectos reprodutivos de fêmeas suínas primíparas e secundíparas em rio verde-goíás**. 2010. 52f. Dissertação (Mestrado) - UNESP, Jaboticabal, 2010.

REMIENCE, V. et al. 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**, v. 112, n. 3-4, p.284-296, 2008.

RODENBURG, T. B.; KOENE, P. The impact of group size on damaging behaviours, aggression, fear and stress in farm animals. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 103, n. 3-4, p.205-214, 2007.

SALAK-JOHNSON, J. L. et al. Space allowance for dry, pregnant sows in pens: Body condition, skin lesions, and performance. **Journal of Animal Science**, v. 85, p.1758-1769, 2007.

SAUVANT, D. et al. Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. **Animal**, v. 2, n. 8, p.1203-1214, 2008.

SCHEIFER, M. **Análise de alguns fatores relacionados ao tamanho de leitegada em suinocultura comercial**. 2009. 53f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

SCHENCK, E. L. et al. Exercising stall-housed gestating gilts: Effects on lameness, the musculo-skeletal system, production, and behavior. **Journal of Animal Science**, v. 86, p.3166-3180, 2008.

SCHNEIDER, J. D. et al. Effects of feeding schedule on body condition, aggressiveness, and reproductive failure in group-housed sows. **Journal of Animal Science**, v. 85, p.3462-3469, 2007.

SÉGUIN, M. J.; BARNEY, D.; WIDOWSKI, T. M. Assessment of a group-housing system for gestating sows: Effects of space allowance and pen size on the incidence of superficial skin lesions, changes in body condition, and farrowing performance. **Journal of Swine Health and Production**, v. 14, n. 2, p.89-96, 2006.

SILVA, I. J. O.; MIRANDA, K. O. S. Impactos do bem-estar na produção de ovos. **Thesis**, v. 1, p.89-115, 2009.

SPOOLDER, H. A. M. et al. Group housing of sows in early pregnancy: A review of success and risk factors. **Livestock Science**, v. 125, n. 1, p.1-14, 2009.

SPOOLDER, H. M. et al. Effects of food level and straw bedding during pregnancy on sow performance and responses to an acth challenge. **Livestock Production Science**, v. 47, p.51-57, 1996.

STEVENSON, P. Questões de bem-estar animal na criação intensiva de suínos na União Européia. In: **1º Conferência internacional virtual sobre qualidade de carne suína**, p.4-10, 2000.

THAKER, M. Y. C.; BILKEI, G. Lactation weight loss influences subsequent reproductive performance of sows. **Animal Reproduction Science**, v. 88, n. 3-4, p.309-318, 2005.

TSUMA, V. T. et al. Effect of food deprivation during early pregnancy on endocrine changes in primiparous sows. **Animal Reproduction Science**, v. 41, n. 3-4, p.267-278, 1996.

WARRIS, P. D. **Meat science: An introductory text**. Wallingford: CABI publishing 2000. 139p.

ZANELLA, A. J. Indicadores fisiológicos e comportamentais do bem-estar animal. **A Hora Veterinária**, v. 14, n. 83, p.47-52, 1995.

ZANGERONIMO, M. G.; ALMEIDA, M. J. M.; FIALHO, E. T. Efeito da nutrição na reprodução de matrizes suínas. **Revista Conselho Federal de Medicina Veterinária**, v. 12, n. 38, p.61-75, 2006.