

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**IMPACTO DO ESTRESSE NO BEM-ESTAR DOS ANIMAIS E NA
QUALIDADE DA CARÇA E DA CARNE**

Tâmara Duarte Borges
MsC. Médica veterinária

2016

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**IMPACTO DO ESTRESSE NO BEM-ESTAR DOS ANIMAIS E NA
QUALIDADE DA CARÇA E DA CARNE**

Tâmara Duarte Borges

Orientador: PhD. Antoni Dalmau Bueno

Co-orientador: Prof. Dr. Mateus José Rodrigues Paranhos da Costa

Manuscrito de tese de doutorado
apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – UNESP,
Câmpus Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do título
de Doutor em Zootecnia

Borges, Tâmara Duarte

B732i Impacto do estresse no bem-estar dos animais e na qualidade da
carcaça e da carne / Tâmara Duarte Borges. – – Jaboticabal, 2016

vii, 132 p.; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016

Orientador: Antoni Dalmau Bueno

Banca examinadora: Antoni Dalmau Bueno, Flávio Dutra de
Rezende, Adriano Gomes Páscoa, Wignez Henrique, Mária Lúcia
Pereira Lima

Bibliografia

1. Bem-estar animal. 2. Bovinos. 3. Manejo pré-abate. 4. Suínos.
5. Estresse térmico I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.083:636.2/.4

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da
Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de
Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: IMPACTO DO ESTRESSE NO BEM-ESTAR DOS ANIMAIS E NA QUALIDADE DA CARÇA E DA CARNE.

AUTORA: TÂMARA DUARTE BORGES

ORIENTADOR: ANTONI DALMAU BUENO

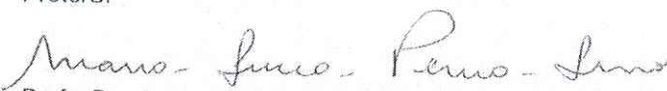
COORIENTADOR: MATEUS JOSÉ RODRIGUES PARANHOS DA COSTA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ANTONI DALMAU BUENO
Instituto de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries / Espanha

 
Prof. Dr. FLÁVIO DUTRA DE RESENDE
Departamento de Descentralização do Desenvolvimento / Apta - Pólo Regional Da Alta Mogiana / Colina/SP


Profa. Dra. WIGNEZ HENRIQUE
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / Estação Experimental de Zootecnia / São José do Rio Preto/SP


Profa. Dra. MARIA LUCIA PEREIRA LIMA
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / Estação Experimental de Zootecnia / Sertãozinho/SP


Prof. Dr. ADRIANO GOMES PASCOA
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 22 de janeiro de 2016

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

TÂMARA DUARTE BORGES – nascida em 22 de janeiro de 1986, na cidade de Uberaba – MG. Coursou Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU) sendo duas vezes bolsista CNPq de iniciação científica no ano de 2005 e 2006, graduando-se em fevereiro de 2009. Realizou seu estágio curricular no Laboratório de Bem-estar Animal (LABEA) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), o qual foi integrante durante todo o ano de 2010. Obteve título de Mestre em Ciências Veterinárias pela UFPR em Dezembro de 2010, quando desenvolveu um projeto de pesquisa focando no tema ensino da dor e bem-estar animal, desenvolvido em parceria com a Escola de Ciências Veterinárias da Noruega (Norwegian School of Veterinary Science – Oslo). Foi bolsista de Desenvolvimento Técnico Industrial (DTI-II) do CNPq vinculada ao projeto de pesquisa sobre avaliação do bem-estar de bovinos de corte e definição de protocolos de boas práticas de manejo com foco em questões de manejo pré-abate, o que se tornou uma oportunidade de vivência prática da realidade de frigorífico para a aluna durante todo o ano de 2011. Este mesmo projeto deu origem ao primeiro capítulo da tese da aluna, presente neste manuscrito. Também no ano de 2011 integrou-se ao Grupo de Estudos e Pesquisas em Etologia e Ecologia Animal (ETCO) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus Jaboticabal. Atualmente é doutoranda no programa de Zootecnia desta universidade, com previsão de defesa em janeiro de 2016. Realizou recentemente estágio-doutoral, modelo sanduíche, durante o período de junho de 2014 á julho de 2015 no Instituto de Pesquisa e Tecnologia Agro Alimentaria da Catalunha, Espanha (Institut de Recerca i Tecnologia Agrolimentària – IRTA) no qual se dedicou a pesquisar sobre o tema estresse térmico em suínos e seus efeitos na produtividade e comportamento animal, testando diferentes estratégias de manejo que proporcionem melhor adaptação aos animais. Tema este que irá compor um capítulo da atual tese da aluna.

“Non nobis Domine, non nobis, sed nomini tuo ad gloriam...”

(Slm. 115:1 - Vulgata Latina)

Agradecimentos

Todos colaboradores, orientadores, familiares e amigos que contribuíram para a finalização desta tese, pois além das infindáveis ajudas morais, físicas, psicológicas e intelectuais também colaboraram para o meu crescimento pessoal e edificaram a doutora que me torno. Quero deixar meu sincero e profundo: Muito Obrigada!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vi
ABSTRACT	vii
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais	8
Revisão de literatura	8
1. Introdução	8
2. Definindo estresse e bem-estar animal	9
2.1. Estresse	9
2.2. Bem-estar animal	10
3. Conflito entre as definições de estresse e bem-estar animal	11
4. Indicadores de estresse	14
5. Indicadores de bem-estar animal	15
5.1. Medidas baseadas no animal.....	18
5.2. Medidas baseadas no ambiente	20
5.3. Medidas baseadas no animal <i>versus</i> medidas baseadas no ambiente.....	21
6. Manejo pré-abate de bovinos	22
6.1. Etapas do processo de pré-abate.....	21
6.1.1. Desembarque	25
6.1.2. Transporte	26
6.1.3. Manejo de condução no frigorífico	29
7. Relação entre as etapas de pré-abate e a qualidade da carne	32
7.1. Hematomas	32
7.2. pH muscular	34
8. Estresse térmico em suínos	36

8.1. Estresse térmico por calor e o desempenho de suínos	38
8.2. Característica dos pisos das baias de suínos.....	41
8.3. Estresse térmico por calor e a qualidade da carne	42
8.3.1. pH.....	42
8.3.2. Efeito do odor sexual de suínos e as condições de altas temperaturas	43
9. Referências bibliográficas	44

CAPÍTULO 2 – Risk factors influencing bruising, high meat pH and cattle welfare in Brazilian carcasses due to transport and pre-slaughter handling

Abstract	65
----------------	----

1. INTRODUCTION.....	65
2. MATERIAL AND METHODS	66
2.1. Slaughterhouses characterization	66
2.2. Data collection	67
2.3. Pre-slaughter handling	68
2.3.1. Transport assessment.....	68
2.3.2. Unloading assessment	69
2.3.3. Pre-stunning handling assessment.....	70
2.4. Bruise assessment	71
2.5. Meat pH measurement	71
2.6. Statistical analysis	72
3. RESULTS AND DISCUSSION	72
3.1. Bruise assessment	72
3.2. Meat pH assessment	75
3.3. Animal categories	76
3.4. Pre-slaughter factors influencing bruises and pH ₂₄	79

3.4.1. Transport	79
3.4.2. Unloading	81
3.4.3. Animal driving to the slaughterpoint	83
4. CONCLUSIONS	85
5. ACNOWLEDGEMENTS	86
6. REFEERENCES	86

CAPÍTULO 3 – Influence of thermal stress, floor type and double feeder on growing-finishing pig performance and meat quality

Abstract	94
----------------	----

1. INTRODUCTION.....	95
2. MATERIAL AND METHODS	97
2.1. Animals and experiment design.....	97
2.2. Performance and animal dirtiness	99
2.3. Slaughter procedures and meat quality	100
2.4. Statistical analysis	101
3. RESULTS	102
3.1. Performance	102
3.2. Dirtiness	103
3.3. Carcass and meat quality	105
4. DISCUSSION	107
4.1. Performance	107
4.2. Dirtiness	110
4.3. Carcass and meat quality	112
5. CONCLUSION	115

6. REFERENCES.....	115
--------------------	-----

LISTA DE TABELAS

Página

CAPÍTULO 2 – Risk factors influencing bruising, high meat pH and cattle welfare in Brazilian carcasses due to transport and pre-slaughter handling

Table 1 – Absolute (n) and relative (%) numbers of cattle slaughtered according to the animal categories in slaughterhouses 1 and 2.	68
---	----

Table 2 – Descriptions of the vehicles assessed in this study	69
---	----

Table 3 – Least square means and standard errors for number of bruises (total), meat pH, transport, unloading and driving variables by each animal category.....	78
--	----

Table 4 – Percentages of animals with more than 5 bruises, devalued meat pH and DFD, unloading and driving procedures by each animal category, with $p < 0.05$ of significance... ..	78
--	----

Table 5 – Means ($\pm$ SE) of the total and new bruises per carcass according to the type of truck, journey duration and road conditions.....	81
--	----

Table 6 – Means ($\pm$ SE) of total and new bruises per carcass during unloading procedure according to the time for unloading, animals lying inside the truck, animal falls, back hits and electric prod use.....	83
---	----

Table 7 – Means ($\pm$ SE) of the total and new bruises per carcass during driving procedure according to the gate hits, falls, electric prod use, group size and animals trampled and injured.....	85
--	----

CAPÍTULO 3 – Influence of thermal stress, floor type and double feeder on growing-finishing pig performance and meat quality

Table 1 – Carcass and meat quality parameters between temperature, heat stress and floor type treatments, without statistical significance at $p < 0.05$	106
--	-----

Table 2 – Carcass and meat quality parameters between temperature, heat stress and
flor type treatments.....107

LISTA DE FIGURAS

Página

CAPÍTULO 2 – Risk factors influencing bruising, high meat pH and cattle welfare in Brazilian carcasses due to transport and pre-slaughter handling

Figure 1 – Carcass scheme with the anatomical regions assessed for bruises. A = forequarter, B=back, C= rib and D=butt.71

CAPÍTULO 3 – Influence of thermal stress, floor type and double feeder on growing-finishing pig performance and meat quality

Figure 1 – Scheme of the experimental design, considering the combination of two environmental temperature (control and heat stress), type of floor (30% or 100% slat) and number of feeders (one or two). All pens had eight animals inside, four females and four males vaccinated with Improvac.....99

Figure 2 – Mean $\pm$ SE of pig body weight per period (W1, W2, W3 and WS) comparing stress and control rooms. Different letters means significant differences at $p<0.05$102

Figure 3 – Percentage of animals with a score of 2 for dirtiness along the study (from week 1 to week 10) in stress or control rooms with 30% slat.....103

Figure 4 – Percentage of animals with a score of 2 for dirtiness along the study (from week 1 to week 10) in stress or control rooms with 100% slat.....103

Figure 5 – Percentage of animals with a score of 2 for dirtiness along the study (from week 1 to week 10) in stress and 30% slat in pens with one or two feeders.....104

Figure 6 – Percentage of animals with a score of 2 for dirtiness along the study (from week 1 to week 10) in stress and 100% slat in pens with one or two feeders.....104

Figure 7 – Percentage of animals with a score of 2 for dirtiness along the study (from week 1 to week 10) in control and 30% slat in pens with one or two feeders.....105

Figure 8 – Percentage of animals with a score of 2 for dirtiness along the study (from week 1 to week 10) in control and 100% slat in pens with one or two feeders.....105

IMPACTO DO ESTRESSE NO BEM-ESTAR DOS ANIMAIS E NA QUALIDADE DA CARÇA E DA CARNE

RESUMO - No primeiro capítulo da tese é apresentada uma revisão bibliográfica sobre o assunto, trazendo à tona conceitos importantes sobre estresse e bem-estar animal juntamente com resultados práticos de pesquisas que servem como exemplos dos efeitos do manejo pré-abate de bovinos e do estresse térmico em suínos. O capítulo dois tem como objetivo principal apresentar os fatores de risco associados ao manejo pré-abate de bovinos que estariam relacionados à presença de hematomas e alto pH da carne. As avaliações foram realizadas em dois frigoríficos da região sudeste do Brasil, considerando 15 variáveis medidas durante o manejo pré-abate, utilizando-se 27 661 bovinos. Para transporte, o tipo de veículo, duração da viagem e condições das rodovias foram mensuradas. No desembarque, o tempo de espera para desembarcar os animais, o número de animais que chegaram deitados no caminhão, as batidas lateral e dorsal dos animais contra estruturas do caminhão, a frequência de quedas e o uso de bastão elétrico foram avaliados. Durante o manejo de condução dentro do frigorífico avaliou-se as frequências de quedas dos animais, batidas contra os portões de manejo, uso do bastão elétrico, animais feridos e pisoteados e tamanho do lote conduzido. A frequência e localização dos hematomas nas carcaças e os valores de pH também foram mensurados, juntamente com as categorias animais. Os resultados indicaram alta porcentagem de hematoma nas carcaças (64,14% no frigorífico 1 [F1] e 72,16% no frigorífico 2 [F2]). Também foi encontrada alta porcentagem de pH₂₄ acima de 5,8 (17,67% (F1); 20,30% (F2)). A categoria animal vaca obteve maiores médias de hematomas. Animais transportados por caminhões dois andares, por longas distâncias (mais de 5 horas de viagem) e em condições ruins de estrada obtiveram maiores médias de hematomas também. Durante o desembarque e manejo dos animais dentro do frigorífico, quedas demonstraram um efeito claro em hematomas e a utilização de bastão elétrico, juntamente com o tamanho do grupo de manejo causaram efeito negativo no pH da carne. O capítulo três teve por objetivo estudar o efeito do estresse por calor em suínos na fase de crescimento e terminação, avaliando o desempenho, suidade e qualidade da carcaça e carne, testando dois tipos de competição por alimento (um ou dois comedouros para quatro animais) e dois tipos diferentes de piso (30% *slat* ou 100% *slat*). Os principais resultados encontrados foram que animais em situações de estresse por calor ou alojados em pisos 100% *slat* tiveram menor ganho de peso na fase final de terminação. Animais em baias com comedouro simples tiveram maiores ganhos de peso nas fases de crescimento e terminação. Quanto à suidade, animais alojados em pisos 30% *slat* e em situações de estresse por calor foram os mais sujos. A porcentagem de magro foi maior em animais sobre condições térmicas de controle em comparação aos sob estresse térmico. Escatol e indol foram mais altos em carnes de animais previamente alojados em situações de estresse e o indol também foi mais alto em animais alojados em pisos 30% *slat*.

Palavras-chave: bem-estar animal, bovinos, manejo pré-abate, suínos, estresse térmico

STRESS IMPACT ON ANIMAL WELFARE, CARCASS AND MEAT QUALITY

ABSTRACT - The first chapter presents a literature review, bringing up important concepts about stress and animal welfare using practical results of pre-slaughter handling in cattle and thermal stress management in pigs. Chapter two presents the risk factors associated with transport and pre-slaughter handling in cattle with impact on presence of bruising and high pH meat. The evaluations were performed on two slaughterhouses located in southeastern of Brazil, considering 15 variables measured using 27,661 cattle. For transport, the type of vehicle, journey duration and road condition were assessed. For unloading, the time spent in the queue to unload the animals, number of animals lying in the truck, back and lateral hits at the truck's door, frequency of animals that fell down and were electric prodded were evaluated. During handling procedures the frequencies of animals that fell down, that were hit by the gate, that were electric prodded and the occurrence (yes or no) of injured and trampled animals in the lot, and the number of animals per handling group were measured. Frequency and location of bruises in the carcasses and meat pH were assessed, as well the animal's categories. The results indicated a high percentage of carcass with at least one bruise (64.14% [S1] and 72.16% [S2]) and a high percentage of meat pH greater than 5.8 (17.67% [S1] and 20.30% [S2]). Cows were the category with higher number of bruises. Double decker was the type of vehicle with high risk of bruises. Animals transported for long journeys (up to 5 hours) and in poor road conditions had higher number of bruises too. During unloading and driving procedures, falls had a clear effect in bruises, and electric prod use had an effect in meat pH. Number of animals per handling group also affected meat pH. In chapter three a pig heat stress study was performed during growing and finishing period, evaluating performance, dirt and meat quality, testing two types of feeders (single or double feeder for 8 animals) and two different types of floor (30% slat or slat 100%). The main findings were that animals under heat stress and housed in floors 100% slat had less weight gain in the finishing phase. Animals in pens with one feeder had greater weight gain during growing and finishing period. Animals housed under heat stress and 30% slat floors were dirtiest than the other treatments. Lean meat percentage was high for animals on thermal control conditions than heat stress. Skatole and indole were higher in meat from animals previously housed in stressful situations and indole was also higher in animals housed in 30% slat floors.

Key-words: animal welfare, cattle, pre-slaughter handling, pigs, heat stress

Capítulo 1 - Considerações gerais

Revisão de literatura

1. Introdução

Todos os animais apresentam mecanismos de adaptação para enfrentar situações desafiadoras que ocorrem durante as suas vidas, caracterizando as situações de estresse. Apesar de se tratar de uma resposta adaptativa, o estresse tem efeitos negativos no bem-estar animal (Moberg, 2000). Animais sob condições de estresse severo podem se tornar enfermos, uma vez que têm redução na sua resposta imunitária (Blecha, 2000). Além disto, o estresse pode resultar em baixa eficiência reprodutiva (Moberg, 1985), menor eficiência produtiva (Hafez, 1968), alterar seu repertório comportamental (Hicks, et al., 1998), além de prejudicar a qualidade da carne, no caso dos animais enviados para o abate (Gregory, 1998).

O reconhecimento dos efeitos nocivos do estresse no organismo de um indivíduo é o que nos faz sensíveis para sua importância no âmbito da ciência do bem-estar animal. O desafio da pesquisa em bem-estar animal é diferenciar as tensões que não ameaçam a vida (e que muitas vezes são necessárias para a sobrevivência do indivíduo) das tensões que afetam negativamente o bem-estar de um animal (Broom e Johnson, 2000).

O tema bem-estar animal vem sendo considerado um dos maiores desafios a ser confrontado dentro da produção animal nos anos vindouros. Dentro deste panorama, as práticas de criação e manejo vêm despertando o debate público e legislativo. Diversas são as situações cotidianas dentro da produção animal as quais induzem os animais a altos níveis de estresse, colocando-os em situações desfavoráveis de bem-estar, com impactos negativos também na saúde e produtividade, que em casos extremos, pode resultar na morte.

As situações em que os bovinos são submetidos ao manejo pré-abate ou à forma de criação de suínos em climas quentes são dois exemplos onde as questões do estresse e do bem-estar animal são tratados conjuntamente. Esta tese busca mostrar

ao leitor situações em que o estresse coloca em risco a homeostase dos animais, aumentando as perdas produtivas, qualidade do produto final e baixo grau de bem-estar animal.

2. Definindo estresse e bem-estar animal

2.1. Estresse

Vários autores tentaram definir o termo estresse (Seyle, 1935; Moberg, 1985; Moberg e Mench, 2000; Dong, 2001). Uns com mais ênfase na parte fisiológica (Seyle, 1935; Dong 2001) e outros com ênfase em características do bem-estar animal (Moberg, 1985; Moberg e Mench, 2000).

Pela parte fisiológica, estresse é definido como uma síndrome, a síndrome de adaptação geral, em que a resposta não depende do tipo de agente estressor que a causou. Esta síndrome é dividida em três estágios: a reação de alarme, a resistência e a exaustão.

A reação de alarme, também denominada de mobilização das defesas, é o primeiro estágio de resposta do animal onde ocorrem alterações estruturais e funcionais do organismo como parte de um mecanismo de defesa, com alteração mínima da homeostase. O estágio de resistência está associado com a energia adaptativa e a redução dramática nos processos de reação de alarme. Modificações progressivas dos mecanismos fisiológicos ocorrem para permitir que o indivíduo responda ao agente estressante, aumentando a susceptibilidade a doenças, denominadas de “doenças da adaptação” por induzir alterações patológicas. A reação de exaustão caracteriza a fase crônica do estresse, onde o indivíduo já esgotou suas ferramentas adaptativas contra o agente estressor podendo ocasionar em casos extremos, a morte do animal.

Este conceito de síndrome da adaptação geral, por muitos anos, foi utilizado como base para pesquisas que envolviam a temática estresse, em que várias revisões bibliográficas sobre o tema foram publicadas (Wunder, 1966; Manson, 1968; Dantzer e Mormede, 1983; Levine, 1985; Moberg, 1985; Barnett e Hutson, 1987; Dallman, et al., 1987). Porém, muitas controvérsias ao longo dos anos foram geradas, principalmente em torno do conceito da resposta não ser agente-específica.

Dada a importância econômica e a repercussão que o estresse representa atualmente na medicina veterinária e zootecnia, está se dando uma atenção cada vez maior ao estudo do estresse em animais domésticos (Broom e Molento, 2004). Dentre as principais causas de estresse estão: mudanças alimentares, desmame, fadiga de transporte, privação de água e alimento durante a comercialização e exposição de animais, manejos zootécnicos rotineiros, relação ser-humano-animal, variações de temperatura, infecções, trauma, exercício muscular exaustivo, mudança de ambiente, instalações, entre outros (Bispo e Pereira, 1994). A presente tese foca principalmente nos fatores estressantes transporte, manejo, relação-ser-humano-animal, instalações e temperatura.

Sendo assim, uma abordagem que considerava também níveis emocionais e psicológicos dos animais foi desencadeada, modificando o modelo de estresse apresentado anteriormente (Veissier e Boissy, 2007). No processo de definição de estresse atual, a atividade mental que em parte é emocional, também pode ser um fator determinante para o tipo de enfrentamento do indivíduo ao estímulo estressante, considerando o repertório de experiências passadas, colocando em pauta a novidade da situação, a previsibilidade do acontecimento e sua intensidade. Assim, estresse passa a ser definido como “a magnitude de forças externas ao sistema corporal que tendem a deslocar o referido sistema de seu estado estável” (Lee, 1965).

2.2. Bem-estar animal

A definição de bem-estar animal possui três abordagens distintas, todas geralmente aceitas na comunidade científica. A primeira abordagem é baseada na função biológica (Broom e Johnson, 1993). O bem-estar de um indivíduo é definido como “o seu estado em relação às suas tentativas de se adaptar com o ambiente em que se encontra” (Broom, 1986). Esta definição é baseada no custo biológico que o indivíduo tem para se adaptar (Barnett et al., 2001), podendo este ser medido desde muito bom a muito ruim (Broom e Johnson, 1993), sendo que o sucesso ou o não sucesso na adaptação depende exclusivamente do indivíduo, onde o aparecimento de lesões e doenças e, conseqüentemente, dor e sofrimento demonstram tal dificuldade em adaptar-se (Broom e Johnson, 1993).

A segunda abordagem está relacionada à ausência de emoções negativas e a presença de emoções positivas, assumindo que animais como seres sencientes podem ter a experiência de sofrimento e prazer (Dawkins, 2000; Mendl e Paul, 2004; Boissy et al., 2007). Há estudos que mediram a motivação e emoção animal por meio de mudanças comportamentais e fisiológicas (Paul et al., 2005; Mendl et al., 2009; Rushen, 2003), porém a metodologia utilizada não foi livre de problemas em sua interpretação. Apesar das dificuldades de que se reveste o estudo dos estados mentais dos animais, existe atualmente um conjunto de evidências indiretas relacionadas com a anatomia, fisiologia, etologia e cognição que permitem a compreensão destes fenômenos em várias espécies (Broom, 1998; Appleby, 1999; Mendl & Paul, 2004).

Por fim, a terceira abordagem é baseada na harmonia entre animal e ambiente e sua consequente habilidade em realizar padrões normais de comportamento (Hughes e Duncan, 1988). Comportamento normal padrão é demonstrado pela maioria das espécies quando mantidas em condições naturais e podem ser comparados com animais em situações de confinamento físico, desenvolvendo uma base para as mensurações de bem-estar. No entanto, a definição do que seria ou não normal para o animal ainda não é clara, especialmente porque os animais são bastante flexíveis e possuem várias estratégias para demonstrar seu comportamento natural (Spinka, 2006), além da comparação feita com animais confinados possuir uma grande variação nos tipos de instalações, dificultando as mensurações.

As três aparentemente divergentes definições são na verdade complementares, uma vez que bem-estar animal compreende saúde física, mental e ambiente adequado (Dawkins, 2004; Webster et al., 2004) incluindo uma série de aspectos como ausência de sede, fome, desconforto, doença, dor, injúria, estresse e expressão de comportamento natural (FAWC, 1992).

3. Conflito entre as definições de estresse e bem-estar animal

Se compararmos a definição de estresse descrita por Lee (1956): “magnitude de forças externas ao sistema corporal que tendem a deslocar o referido sistema de seu estado estável” e a definição de bem-estar animal proposta por Broom (1986): “o bem-estar de um indivíduo é o seu estado em relação às suas tentativas de se adaptar

com o ambiente em que se encontra”, vemos que ambas buscam mensurar o estado do indivíduo. A definição de estresse busca causas exteriores ao indivíduo e o bem-estar busca as causas intrínsecas ao animal.

Esta separação tênue entre estas duas definições muitas vezes não é diferenciada, e ambos os termos são utilizados de forma errônea. Alguns autores reconhecem essa dificuldade (Broom e Molento, 2004; Manteca, et al. 2013) e apontam que tais conflitos acontecem pela complexidade dos dois temas, gerando uma grande divergência entre os cientistas que trabalham na área.

No entanto, todas reconhecem a capacidade do indivíduo em manter sua homeostase, deixando de realizar suas outras funções naturais (Folk, 1974). Esta constância ou estado estacionário do processo fisiológico está frequentemente sendo desafiada por mudanças no ambiente, e está reagindo e se estabilizando dentro de intervalos estreitos constantes para a sobrevivência do animal (Stott, 1981).

Estes ajustes e reajustes para manter a homeostase do animal (também referido como adaptação), serve como indicador de bem-estar animal, e define o estado em que o indivíduo se encontra no momento da avaliação (Broom, 1998). Avaliações de estresse não levam em consideração o estado momentâneo do indivíduo, mas sim as forças ou estímulos ambientais que geram mudanças e adaptações no organismo (Folk, 1974). Normalmente as forças extremas do ambiente externo, sem dúvida, são as que a maioria dos cientistas se refere como fatores estressantes (McEwen, 2004).

A confusão maior entre esses dois termos se dá porque os estímulos ambientais estressantes só podem ser medidos indiretamente pela resposta do animal (Whay et al., 2003a). As respostas primárias ao estresse comumente são medidas em formas de índices (produtivos, reprodutivos, etc.) (Fuquay, 1981). No entanto, quando a adaptação ocorre, a taxa de resposta do estresse primário pode mudar totalmente, e terá pouca relação com a magnitude das forças estressantes reais, que podem não ter mudado.

Em aplicações práticas do conceito de bem-estar animal também se faz uso de índices (Rushen, 2003), porém a diferença encontra-se no fato de que a ciência do bem-estar mede as adaptações do animal às situações potencialmente estressantes, demonstrando como estas afetam a produção e a reprodução. Como no trabalho de Wiltbank et al. (1962) que demonstra que baixo desempenho reprodutivo de bovinos

de corte no período pós-parto foi causado por uma inadequação nutricional, ou ainda a perda embrionária em bovinos em decorrência a manejos agressivos no curral, durante procedimento de inseminação (Vaz, 1977).

Desta forma, os diferentes mecanismos que o animal dispõe para se adaptar ao meio, são sempre ativados em situações de estresse, e adaptações estão ocorrendo constantemente como parte do processo de viver, em que há uma constante mudança interna ocorrendo desde níveis celulares, hormonais, ou níveis que englobem todo o organismo (Chrousos e Gold, 1992). Pesquisas no âmbito do bem-estar animal avaliam este tipo de panorama, em que, dependendo da intensidade da pressão ambiental, obtêm-se respostas diferentes para o mesmo parâmetro mensurado.

Em geral, estresse e bem-estar animal possuem muitas características em comum. Primeiramente ambos os conceitos são descritos em termos de respostas fisiológicas e comportamentais e estas respostas em grande parte se sobrepõem. A intensidade das respostas também é usada para se considerar o grau de aversão a uma determinada situação imposta (Veissier e Boissy, 2007). E em segundo plano, tanto estresse como bem-estar, dependem de como o animal percebe o ambiente, uma vez que o uso destes conceitos para descrever uma resposta animal deve levar em consideração algumas habilidades cognitivas (Leventhal e Scherer, 1987; Lazarus, 1993).

Desta forma, a tênue diferença entre as conceituações dos termos estresse e bem-estar resume-se em que o primeiro está focado nas respostas dos animais oriundas de alterações do ambiente, e o tema de estudo do segundo se baseia em respostas do próprio animal para ver quão o ambiente o está afetando.

Assim, para determinar quando o estresse afeta o bem-estar animal se mede o custo biológico (Aberle, et al., 1974), ou seja, quando o custo de lidar com o agente estressor desvia recursos de outras funções biológicas entende-se que o animal não está conseguindo se adaptar ao meio em que se encontra, priorizando funções de adaptação sobre funções biológicas basais (Koolhaas, et al., 1999). Tal custo biológico ocorre quando o animal experimenta um agente estressor grave ou quando o custo acumulado de vários estressores menores é suficiente para prejudicar as funções biológicas normais (Dantzer e Mormède, 1983).

O argumento principal aplicado nesta tese é de que estudos de estresse e bem-estar animal nos ajudam a descrever o ponto de vista do próprio animal nas diversas

situações vivenciadas por este, de modo que as recomendações para melhorar suas condições de vida são dadas pelo próprio indivíduo analisado (Dawkins, 2006).

4. Indicadores de estresse

Diante de um agente estressor, a primeira resposta do animal, e também a menos custosa em termos de energia, é a mudança de comportamento (Barnett e Hemsworth, 1990). Isso quer dizer que se um animal se depara, por exemplo, com uma situação de estresse por calor, pela exposição direta ao sol, sua primeira resposta biológica a fim de evitar o agente estressor seria sair do local onde se encontra e buscar uma sombra, para assim minimizar o efeito das altas temperaturas. Em muitos casos, a resposta comportamental não será apropriada, pelo fato de os animais se encontrarem em situações de restrições.

Quando há uma restrição de espaço e a resposta comportamental menos custosa não pode ser acionada para evitar o agente estressor, uma segunda resposta biológica entra em ação para tentar manter a homeostase: a ativação do sistema nervoso autônomo, que possui um custo energético para o animal (Cannon, 1929) com a ativação dos sistemas biológicos, incluindo os sistemas cardiovasculares, respiratórios, gastrintestinal, excretório e adrenal (Yousef, 1985). No caso de animal em estresse térmico por calor, por exemplo, uma possível alternativa seria acionar o sistema cardiorrespiratório para realizar uma hiperventilação, com intuito de perder calor para o ambiente. Esta alternativa demanda energia do seu corpo para fazer que seus batimentos cardíacos aumentem, seus músculos intercostais se contraíam e estendam com velocidade acima da basal e o ar entre em seus pulmões mais vezes por minuto, além da maior demanda de energia, ser por si, só geradora de calor.

Se somente utilizando do meio de hiperventilação o animal consegue resolver o problema com o agente estressor alta temperatura, a resposta de estresse seria encerrada, porém se tal situação de estresse por calor perdura por longo período de tempo, outra resposta biológica deverá entrar em ação: a ativação do sistema neuroendócrino hipotalâmico-pituitário (Minton, 1994) que possui efeito mais amplo e de longa duração sobre o organismo, afetando praticamente todas as funções biológicas que são reguladas pela pituitária, como a reprodução, o crescimento, a

imunidade e o comportamento (Charmandari et al., 2005). Sendo assim, se a situação de estresse por calor sofrida pelo animal perdurar durante vários dias de sua vida, certamente ele sofrerá consequências que podem ser desde o emagrecimento a uma aquisição de enfermidades graves, por causa de sua baixa imunidade.

Com este exemplo, a importância das ferramentas biológicas no combate a agentes estressores se torna mais clara, porém vale ressaltar que é o tipo de defesa biológica em conjunto com as forças exteriores estressantes que se utiliza em um diagnóstico de estresse.

5. Indicadores de bem-estar animal

Estudar o bem-estar de um animal em uma determinada situação envolve a necessidade de uma série de conhecimentos prévios tanto sobre a espécie estudada, quanto sobre seu modo de criação (Broom, 2000). Mensurar o bem-estar de um animal envolve trabalhar com indicadores multidimensionais, envolvendo uma variedade de parâmetros para a compreensão geral do estado do indivíduo (Broom, 2010; Fraser, 1995).

Os indicadores de bem-estar animal geralmente são classificados em dois tipos: os que demonstram que o indivíduo não conseguiu lidar com o ambiente e outro indicando o esforço envolvido nas tentativas de se adaptar ao meio (Broom, 2001). As falhas em lidar com o ambiente podem implicar em maior mortalidade (Mellor e Stafford, 2004), atraso na concepção reprodutiva (Wettemann e Bezer, 1985), redução no número de animais nascidos vivos (Kirkden et al., 2013), enquanto sinais de esforço na adaptação possuem indicativos como aumento no número de doenças (Broom, 2002), redução da produção de leite (Bohmanova, 2007) ou na taxa de crescimento (Mitlohner et al., 2001).

Usamos indicadores de bem-estar animal mais aplicado a cada indivíduo dentro de um grupo, do que o uso para um grupo como um todo (Broom, 1986). Por exemplo, se tanto a taxa de crescimento e o sucesso reprodutivo de um rebanho são medidos constantemente pelo fazendeiro, um curto período na interrupção de alimento, pode ter efeito em todos os indivíduos envolvidos, indicando um baixo grau de bem-estar no grupo. No entanto, é mais comum que quando os animais se encontram em grupo, a

condição do bem-estar animal não seja generalizada, e alguns indivíduos sofram maiores consequências do que outros, por questões sociais ou individuais intrínsecas de cada um. Seria, por exemplo, dizer que no caso de um rebanho, há animais que não conseguem ter acesso ao cocho em suas horas preferidas em função de seu status na hierarquia social do grupo, porém seu ganho de peso permanece parecido com o da média, desta forma seu bem-estar encontra-se afetado, mas seus índices produtivos inalterados (Albright, 1969).

Medir o bem-estar animal também envolve lidar com situações que podem ser de curta duração, como o manejo pré-abate, por exemplo, o que significa usar indicadores também momentâneos, como batimentos cardíacos, cortisol circulante e comportamento animal frente ao manejo recebido (Warriss, 1998; Broom, 2000b); ou de longa duração, como os animais de sistemas muito intensificados que possuem dificuldade de adaptação por longos períodos de tempo como, por exemplo, galinhas poedeiras que vivem a maior parte da vida em gaiolas. Estes envolvem medidas de mecanismos mais complexos como tamanho das adrenais, alterações cerebrais e mudança de comportamento (Wolford e Ringer, 1962; Al-Rawi e Craig, 1975).

Uma vez que existe uma variedade na resposta de adaptação ambiental entre indivíduos, a existência de um único indicador de bem-estar animal se torna impossível (Broom, 2001). Uma consequência disso é que na avaliação dos sistemas produtivos, um grande número de indicadores de bem-estar animal se faz necessário. Considerando que a avaliação do bem-estar animal possui este enfoque multidimensional, deve-se ter critérios para definição de quais indicadores devem ser utilizados, de forma a ter a melhor avaliação possível do bem-estar animal. Com este propósito, e buscando padronizar um conjunto de indicadores de bem estar animal surgiu o projeto Welfare Quality (Botreau et al., 2007).

A proposta apresentada por tal projeto baseia-se em quatro princípios: boa alimentação, bom alojamento, boa saúde e expressão de comportamento adequado (Botreau et al., 2007). A partir destes quatro princípios montou-se uma lista de 12 critérios que norteiam a avaliação de bem-estar animal.

Para o primeiro princípio (boa alimentação) foram definidos dois critérios, que trata da ausência de fome e de sede prolongada; para o segundo (bom alojamento), foram definidos os critérios de conforto em relação ao local de descanso dos animais,

conforto térmico e a facilidade de movimento dentro das instalações; o terceiro (boa saúde) tem como critérios as ausências de lesões, de enfermidades e de dor causada por procedimentos de manejo; e o quarto e último princípio (comportamento adequado) tem como critérios a expressão de comportamento social adequado, a expressão adequada de outros comportamentos, a interação ser humano-animal positiva e se os animais se encontram em estado emocional positivo (Botreau et al., 2007; Blokhuis, 2008).

Para cada critério foram identificadas medidas potenciais, que podem ser incluídas nas avaliações de bem-estar animal, levando-se em conta sua validade, repetibilidade e viabilidade (Velarde e Dalmau, 2012). As medidas consideram a avaliação do bem-estar a nível individual, embora uma avaliação global seja dada definindo o nível da granja, fazenda ou indústria. As observações dadas a níveis individuais fornecem informações diretas sobre a adaptação do animal ao meio, dando uma indicação de seu desempenho geral dentro do sistema de criação em um determinado ciclo produtivo.

No entanto, observações que são baseadas nos recursos disponibilizados ao animal não devem ser negligenciadas durante um diagnóstico de bem-estar animal, uma vez que podem servir como ferramentas auxiliares para prevenção de problemas, agindo como uma avaliação constante de risco (Temple et al., 2012).

Pode-se então dizer de uma forma geral que um diagnóstico de bem-estar possui duas abordagens principais: 1) baseadas no animal e 2) baseadas no ambiente (incluindo o manejo dos animais).

5.1. Medidas baseadas no animal

As medidas baseadas no animal envolvem tanto uma observação direta do animal como também registros zootécnicos da fazenda ou granja (Whay et al., 2003b), resumindo-se em quatro categorias principais de mensuração: desempenho, saúde, comportamento e fisiologia.

Parâmetros de desempenho fornecem uma visão geral dos problemas vivenciados pelo rebanho ao longo do tempo, destacando que nem sempre bons desempenhos são garantia de bem-estar ótimo. Medidas tais como taxas de crescimento, consumo diário, taxas reprodutivas, baixa produção (ex: ovos, leite, etc),

taxa de mortalidade e prevalência de carnes DFD (dura, firme e escura) e PSE (pálida, mole e exudativa) pós-abate são exemplos de indicadores utilizados com intuito de se medir o bem-estar animal.

Parâmetros de saúde envolvem os indicadores mais importantes dentro de mensurações de bem-estar animal (Scientific Veterinary Committe, 1997), uma vez que englobam o estado do organismo e do cérebro do animal em relação aos efeitos de patógenos, parasitas, lesões e desordens psicológicas (Broom, 2006), além dos indicadores de saúde estar intimamente relacionados a um estado de sofrimento animal.

O aparecimento de lesões ou doenças pode estar relacionado a uma causa específica, como por exemplo, a febre em suínos na doença de Aujeszky (Straw et al., 2006), ou possuírem causas multifatoriais, dependentes da combinação de manejo, ambiente, instalação e condições de higiene do ambiente que reduzem a capacidade de resposta imune do indivíduo, aumentando a incidência de doenças (Broom e Johnson, 1993), como nos casos de pododermatite em frangos de corte, mastite e claudicação em vacas leiteiras e doenças associadas ao trato respiratório em suínos em fase de crescimento, todas consideradas como doenças multifatoriais.

Parâmetros comportamentais servem como indicadores sensíveis da percepção do animal às mudanças ambientais. As variações nos padrões comportamentais representam o primeiro nível de resposta do animal a um agente estressor (Fraser e Broom, 1990). A descrição dos comportamentos de animais de produção em condições naturais ou semi-naturais nos fornecem informações importantes de como os animais operam frente a uma variedade de estímulos provendo informações úteis para o campo zootécnico como a construção de novas instalações e/ou novos sistemas de manejo, utilizando como base as necessidades dos animais (Gonyou, 1994).

Estudos comparativos entre o repertório comportamental de animais em diferentes tipos de sistemas também nos fornecem informações úteis em relação à preferência do animal e sua melhor adaptação ao ambiente, como o de Kerr e Wood-Gush (1987) na comparação entre sistemas extensivos e intensivos para bezerros; Krohn et al. (1994) comparando dois tipos de instalações para vacas de leite, com possibilidade de movimentação ou atadas a uma corrente e Shimmura et al. (2008) com comparações entre galinhas poedeiras soltas e em gaiolas.

As mensurações dos repertórios comportamentais dos animais também podem fornecer informações úteis a nível mental, predizendo sentimentos como frustrações e estresse crônico (onde há uma falha na adaptação geral do animal) (Dawkins, 2004), utilizando de metodologias tais como testes de preferência baseados no estado motivacional do animal (Fraser e Nicol, 2011) e testes de esforço físico para alcançar um determinado recurso considerado importante para o animal.

As mudanças de comportamento associadas com a presença de enfermidades são também comumente utilizadas para formação de um diagnóstico de bem-estar animal (Broom, 1987; Fraser e Broom, 1990) e podem apontar de maneira clara situações de bem-estar pobre.

Os parâmetros fisiológicos também são ferramentas úteis na avaliação do estado motivacional do animal (Broom, 1991b). Medidas como as do batimento cardíaco e hormônios presentes na circulação em situações de estresse são indicadores de parâmetros fisiológicos utilizados. As alterações nos batimentos cardíacos servem como uma resposta rápida do indivíduo em relação às mudanças do meio, normalmente associada a uma resposta ativa (de luta ou fuga), como por exemplo, o aumento no batimento cardíaco de ovelhas frente a um estímulo visual de uma pessoa ou de um cão (Baldock e Sibly, 1990).

No entanto, muitas vezes, os parâmetros fisiológicos encontram-se limitados como indicadores de bem-estar animal. Primeiramente porque mudanças fisiológicas são de difícil interpretação e difícil replicação por serem bastante variáveis entre indivíduos (Rushen, 1991). Mudanças similares nas respostas fisiológicas podem ocorrer e demonstrar situações emocionais opostas. Por exemplo, a dosagem do cortisol, o hormônio associado a aumento na secreção do córtex da adrenal, por muitos anos foi frequentemente utilizado como indicador de estresse (Axelrod, 1984), em que autores citam (Barnett, 1981; Nicolson, 2008) que aumento no cortisol circulante estaria diretamente relacionado a situações estressantes para os animais. De fato, sob situações experimentais controladas, o cortisol pode ser um indicador confiável de estresse (Balcombe et al., 2004). No entanto, alguns estudos, como o de Colborn et al. (1991) por exemplo, demonstraram que garanhões secretam iguais quantidades de cortisol quando contidos em um curral de manejo, depois de serem exercitados ou ainda quando realizam acasalamento com éguas.

Em fim, indicadores baseados nos animais são de uso legítimo e servem como ferramentas de diagnóstico, especialmente em situações específicas de manejo e de criação de animais (Fraser, 1995), indicadores estes que são abordados e utilizados na presente tese, caracterizando o manejo pré-abate de bovinos e a criação de suínos em diferentes temperaturas, alojamentos e estratégias alimentares.

5.2. Medidas baseadas no ambiente

Muitas medidas baseadas no ambiente servem como base para a definição de legislação de bem-estar animal, como espaço disponível por animal, tipo de instalações, manejos aceitáveis e procedimentos de abate (Decreto nº 24.645, 1934; IN nº03, 2000; IN nº56, 2008; Portaria nº524, 2011). Essas medidas indiretas são baseadas na relação assumida entre aspectos do ambiente e o estado de bem-estar do animal. Fatores baseados no ambiente promovem informações preventivas, gerando uma avaliação de risco com detecção de problemas. Pequenos questionários de manejos de rotina também podem ser utilizados dentro destas potenciais medidas, buscando encontrar padrões de ação dentro de cada sistema de produção (Whay, et al., 2003b).

Um exemplo claro de utilização dos recursos para diagnosticar bem-estar animal é a água de bebida. Podemos por parâmetros clínicos, mensurar se um animal encontra-se em estado de desidratação, porém também verificando se há disponibilidade de água no ambiente do animal pode-se chegar a uma resposta similar do grau de bem-estar dos animais envolvidos. Além de que a verificação constante destes bebedouros pode evitar que um animal chegue a demonstrar sinais clínicos de desidratação.

Diagnósticos de instalações, em conjunto com indicadores baseados nos animais, funcionam como base para a sugestão de propostas de mudanças (Stolba e Wood-Gush, 1984; Hubrecht, 1993). Como os estudos Arey (1992) com aproximação das instalações aos ambientes considerados nativos do animal, como a adição de palha (Arey, 1992), ou aumento de espaço por animal (Arey, 1997) ou ainda dando poder de escolha aos animais (Baldwin e Ingram, 1980; Holm, 2002).

5.3. Medidas baseadas no animal *versus* medidas baseadas no ambiente

Uma vez que bem-estar animal é uma condição intrínseca do indivíduo, medidas baseadas no animal são mais diretas e refletem melhor o seu estado. No entanto, muitas interações entre fatores ambientais também funcionam como ligações entre o ambiente e o bem-estar dos animais (Capdeville e Veissier, 2001). As instalações (tipo de piso, bebedouros, comedouros, sistemas de ventilação, etc.) e os manejos que envolvam a interação com humanos (alimentação, condução, vacinação, marcação, castração, etc) estão entre as principais fontes de problemas de bem-estar animal (Waiblinger et al., 2001). A importância de cada fator está relacionada à aparência de um dado problema de bem-estar animal. Por exemplo, instalações de animais em grupo promovem interações sociais normais, mas em caso de um manejo inadequado, esse sistema pode aumentar a frequência de comportamentos agressivos (Spooler et al., 2009).

A complexidade na relação entre o ambiente e o bem-estar animal podem dificultar o diagnóstico, promovendo um único aspecto do bem-estar em detrimento a outro. Por exemplo, galinhas de postura em sistemas livres de gaiolas fazem melhor uso dos recursos disponíveis, possuem ossos mais rígidos e fortes e tem menor demonstração de sentimentos negativos, como o medo, do que galinhas mantidas presas em baterias de gaiolas. No entanto, o último sistema possui menor taxa de mortalidade e promovem melhor qualidade do ar (Rodenburg, et al., 2008).

Medidas baseadas no animal também possuem suas limitações, sendo muitas vezes de difícil mensuração e interpretação. Alguns indicadores de medidas baseadas no animal como lesões, por exemplo, estão claramente relacionadas a estado de baixo grau de bem-estar animal, no entanto, medidas como as comportamentais são muitas vezes registradas e interpretadas de maneiras distintas entre avaliadores, enquanto registros de medidas ambientais são relativamente de fácil repetibilidade (Bartussek, 2001).

A fim de aumentar a repetibilidade e confiabilidade das avaliações, as medidas devem apresentar facilidade de coleta e minimizar o julgamento do observador (Velarde e Dalmau, 2012). O sistema de avaliação do Projeto Welfare Quality traz para cada espécie de animal essas características, sendo que todos os avaliadores passam previamente por treinamento em vídeo, podendo ser aplicado em vários propósitos:

como em granjas, fazendas e abatedouros, gerando informações de diagnóstico (Blokhuys et al., 2003).

Consequentemente, a combinação entre os dois parâmetros de medidas levam a uma melhor validação do diagnóstico do bem-estar animal (Johnsen et al., 2001) e são capazes de avaliar de forma segura o estado do animal e os potenciais riscos relacionados a sua forma de criação, influenciando em seu bem-estar geral.

O Projeto Welfare Quality na atualidade funciona como um compêndio de medidas de bem-estar animal aplicável na prática, usando de medidas tanto baseadas no animal quanto também baseadas no ambiente, servindo como base de sistemas de certificação de bem-estar animal na Europa e fornecendo informações confiáveis para os consumidores (União Européia, 2012). No Brasil, alguns estudos (Oliveira et al., 2008; Souza e Molento, 2014) também utilizaram deste protocolo como medida para realização de diagnóstico de bem-estar com adaptações à realidade brasileira.

A presente tese tenta reunir alguns desses parâmetros descritos no protocolo Welfare Quality, adaptando-os para as rotinas de frigorífico de bovinos brasileiros e testando também diferentes estratégias de manejo nas instalações de suínos em fase de crescimento e terminação.

6. Manejo pré-abate de bovinos

A magnitude de qualquer fator estressante nas etapas de manejo pré-abate, normalmente são medidas em relação ao tipo, duração e intensidade desses fatores (Ferguson et al., 2001), levando em consideração os efeitos individuais específicos entre animais e mudanças bioquímicas nos músculos com consequência na qualidade da carne.

O manejo pré-abate se refere à interação entre o manejador e os animais durante as fases de preparação para o embarque, transporte, desembarque, espera no frigorífico, deslocamento dos animais para o boxe de atordoamento, atordoamento e sangria. Essa tecnologia do abate dos animais destinados ao consumo assumiu importância científica quando se passou a perceber que afetava diretamente o bem-estar dos animais envolvidos e que tinham grande relevância na qualidade final da carne, surgindo-se assim o termo proposto em leis dito “abate humanitário” que

possui como definição: “o conjunto de diretrizes técnicas que garantam o bem-estar dos animais desde sua saída da fazenda até a etapa de sangria” (Barbosa Filho e Silva, 2004).

Para que fique clara a ideia de abate humanitário dos animais, é necessário que se tenha conhecimento dos processos e etapas que podem envolver períodos relativamente curtos de tempo ou ainda possuir diferenças em intensidade (Fraser e Broom, 1990; Broom and Johnson, 1993; Broom, 2000).

Dentre as mensurações de diagnóstico de bem-estar as alterações nas respostas fisiológicas são utilizadas cientificamente, como frequência de batimentos cardíacos e respiratória (Kent, 1986; Baldock e Sibly, 1990; Le Neindre, 1996), composição sanguínea (eletrólitos, hormônios, metabólitos e enzimas) que avaliam a magnitude das respostas relativas à ativação do sistema adrenal (Dantzer e Mormede, 1979).

Outros fatores como a concentração de algumas proteínas de fase aguda, como a haptoglobina, amiloid A, juntamente com parâmetros bioquímicos como as proteínas totais do sangue, albumina, uréia, lactato desidrogenase, vasopressina, ácidos graxos livres, beta-hidroxi-butilato ou glicose nos fornecem informações válidas sobre a magnitude da situação estressante.

Mensurações de esforço físico também são usadas refletindo aumento de atividade muscular como a enzima creatinina kinase e o lactato. Tais medidas fisiológicas podem ajudar a compreender como os fatores estressantes estão atuando sobre os animais nas etapas anteriores ao abate, porém normalmente possuem um caráter menos prático e são mais aplicáveis ao nível de pesquisa e não em rotinas de empresas.

As alterações de comportamento normalmente se referem ao medo ao ser humano (Knowles et al. 1995) e muitos são os fatores que dependem de forma direta da ação do homem, como a remoção dos animais dos currais, a mistura de lotes, as altas taxas de lotação de currais e caminhões, o embarque, o transporte, o controle do microambiente, o desembarque, a exposição do animal a novas instalações, algumas decisões de comercialização, períodos de jejum, bem como a interação forçada com humanos durante a realização dos procedimentos de manejo (Muchenje, et al., 2009).

Dentre esta série de situações não familiares para os bovinos, o transporte e as etapas de manejo pré-insensibilização são as que dependem diretamente da ação

humana (Hemsworth, 2001), estando diretamente relacionadas à qualidade da carcaça e carne.

O pouco cuidado durante o transporte e mau manejo dentro do frigorífico pode acarretar em hematomas nos animais, gerando prejuízos de 400 a 600 gramas de perda de carne por hematoma ocasionado (Andrade et al., 2008; Ljungberg, 2007), ou ainda perdas por problemas no pH final da carne (Dalmau et al., 2009; Horton et al., 1996) e mortes (Warriss et al., 1992). Esses parâmetros comportamentais são de fácil aplicação e mensuração fazendo parte de protocolos usados por instituições e empresas frigoríficas (European Commission, 2002; STEPS, Marfrig, JBS, 2015).

Dada a importância do estresse vivido por bovinos nesta etapa do processo produtivo, o capítulo dois desta tese procura reunir informações, análises e dados dispersos sobre a questão do transporte, buscando entender aspectos importantes relativos à estrutura do transporte de bovinos e sua logística no Brasil, bem como caracterizar os pontos críticos do manejo pré-abate que podem gerar prejuízos em relação ao bem-estar animal. Tais fontes de dados sobre transporte de animais vivos e tipos de manejos empregados em cada frigorífico usualmente são de caráter privado levando a poucas publicações científicas na América Latina (Gallo e Tadich 2008; Paranhos da Costa et al., 2012), em parte porque eles variam muito a nível nacional e internacional (Villarroel, 2001), além de possuírem algumas características particulares da cadeia de cada país como a escolha do tipo de caminhão e as condições de movimentação dos animais que interferem diretamente no bem-estar e no produto final, a carne.

6.1. Etapas do processo de pré-abate

Dentre todas as etapas do processo pré-abate descritas por Barbosa Filho e Silva (2004), o foco maior será dado àquelas que compõem o capítulo 2 da presente tese sendo avaliadas em experimento pela autora.

6.1.1. Transporte

Dentre os diferentes procedimentos dentro do processo de pré-abate de bovinos, a etapa do transporte é a considerada de maior estresse e a que possui maiores efeitos deletérios na saúde, bem-estar e qualidade da carne (Cockram, 2007). Tarrant (1990) identificou vários componentes que afetam os animais durante o confinamento em um

veículo em movimento: o tipo de veículo, a condição do veículo e de suas estruturas do compartimento de carga, o clima, o planejamento prévio da viagem, a densidade animal, o reagrupamento social, a qualidade das rodovias, as distâncias percorridas e a forma de condução do motorista.

Esta variedade de estímulos físicos e emocionais aversivos influi na homeostase e nas respostas adaptativas do animal na tentativa de reestabelecer seu equilíbrio. As intensidades de tais respostas irão depender das situações prévias vividas por ele, sua genética e temperamento (Boissy, 1995, Hemsworth e Barnett, 2001, Moberg, 2001) e da magnitude e duração dos fatores estressores (Ferguson et al., 2001).

Para a presente tese três fatores importantes da etapa transporte foram abordados no Capítulo 2 e desta forma terão maior destaque na presente revisão bibliográfica: o tipo de veículo, a condição das rodovias e a duração da viagem.

Iniciando pelo tipo de veículo, temos atualmente no Brasil seis modelos mais frequentemente usados no transporte de bovinos para abate, são eles: 1) veículo não articulado com dois eixos (denominado popularmente como 'toco'); 2) veículo não articulado com três eixos (conhecido como 'truck'); 3) veículo articulado com um piso com três ou quatro eixos, podendo ter abertura de portas tipo guilhotina ou abertura lateral (denominados de carreta ou carreta baixa); 4) veículo articulado com dois pisos (também chamado de 'double-deck' ou carreta dois andares), com a presença de rampas manuais ou pneumáticas em seu interior para embarque e desembarques dos animais no segundo piso; 5) veículo articulado com dois compartimentos de carga (conhecidos como 'romeu e julieta'; e por último 6) veículo bi-articulado com dois compartimentos de carga de dois pisos (popularmente denominado de bi-trem) (adaptado de Franco, 2013).

Estudos com observações práticas nos Estados Unidos (Anon, 1977), demonstraram que animais transportados em caminhões que não tinham portas com abertura tipo guilhotina tiveram menores quantidades de hematomas nas carcaças, sendo o mesmo efeito também observado em caminhões com dois compartimentos de carga. Já em condições brasileiras os caminhões caracterizados como 'double-deck' apresentaram maiores incidências de hematomas nas carcaças, quando comparado com os outros tipos de caminhão (a saber: truck e carreta baixa) (Bertoloni et al., 2012).

Atualmente, na tentativa de se reduzir os custos do transporte, veículos bi-articulados com dois compartimentos e 'double deck' tem sido utilizados com maior frequência, entretanto, a influência desse tipo de carroceria sobre o bem-estar e qualidade da carne de bovinos sob condições da realidade brasileira ainda não são conclusivas, com poucos estudos publicados (Bertoloni et al., 2012). A presente tese em seu capítulo 2 aborda essa temática discutindo sobre o tipo de carroceira utilizada no transporte de bovinos para abate no Brasil e sua influência na frequência de hematomas, pH da carne e bem-estar dos animais.

Outro importante fator a ser discutido é que pela grande abrangência de tipos de veículos diferentes usados no Brasil, têm-se também diferentes alturas de caminhões, que nem sempre seguem um padrão e estão em concordância com as rampas de desembarque das plantas frigoríficas, gerando degraus quando estes estacionam em contato com as rampas. Assim, dependendo da severidade desse desnível o desembarque poderá ser dificultado. Chieger e Wheeler (1964) também observaram tal dificuldade e propuseram a adoção de um piso auxiliar adaptável, realizando a reorientação do piso da rampa de desembarque em conformidade ao padrão de altura do caminhão, com a adoção de uma mini rampa móvel. Essa tecnologia ainda é pouca utilizada na realidade dos frigoríficos brasileiros e as dificuldades no desembarque ainda perduram, como apontam os resultados presentes no capítulo 2 desta tese.

Em relação às condições das estradas brasileiras, registros apontam (CNT, 2015) que temos cerca de 1,7 bilhões de quilômetros de rodovias, e um dado que nos põe surpresos é que somente 12% (211 mil km) destas rodovias possuem pavimentação sendo que destas rodovias pavimentadas 26 mil Km são de estradas municipais (12,6%), 119 mil Km de estradas estaduais (56,1%) e 66 mil Km de estradas federais (31,3%), sendo as melhores condições são encontradas no sul e sudeste. Essas condições precárias de transporte combinadas com situações climáticas desfavoráveis de um país tropical (altas temperaturas e chuvas intensas no verão), aumentam muito o risco de gerar estresse excessivo aos animais durante o transporte. Por exemplo, no estado do Mato Grosso (MT), onde se encontra o maior rebanho bovino do Brasil (28,7 milhões) (IMEA, 2015), a malha viária é constituída principalmente por rodovias não pavimentadas, ocasionando graves problemas nos períodos de chuva, com aumento

expressivo nos custos das movimentações de cargas, riscos de atolamento e deterioração do bem-estar animal (CNT, 2015).

Paranhos da Costa (2007) detectou quatro principais problemas do transporte brasileiro, primeiramente visivelmente se nota a precariedade das estradas, principalmente aquelas que dão acesso às fazendas; em segundo lugar a falta de rotas alternativas para o transporte de animais faz com que estes sejam obrigados a transitar sob condições precárias de pavimentação; em terceiro há uma total falta de infraestrutura e despreparo para desembarcar animais em caso de emergências e por último e quarto lugar, a presença de viagens longas, que no Brasil muitas das vezes não é uma exceção.

No Capítulo 2 desta tese, o estudo foi realizado em duas plantas frigoríficas de grande porte da região sudeste do Brasil, talvez não caracterizando e correspondendo as situações vividas por outras regiões, no entanto, são dados válidos para a caracterização da situação brasileira uma vez que refletem de certo modo as ‘melhores condições’ regionais possíveis, e assim se há a identificação de problemas nestas plantas, assume-se que em outras, a situação encontra-se mais grave.

Em relação à viagem realizada pelos animais da fazenda ao frigorífico, duas formas de mensuração se fazem possível, uma abordando a quilometragem do trajeto, e outra abordando a duração desta etapa. Muitos autores utilizaram da quilometragem para expressar a intensidade do estímulo estressor (Hoffman et al., 1998; Madalena et al., 2006), no entanto atualmente o parâmetro melhor aceito é se mensurar a duração da viagem (Tarrant et al., 1992; Marahrens et al., 2003; Fazio et al. 2005), uma vez que vários acontecimentos inesperados durante o trajeto são passíveis de acontecer e nem sempre estão relacionados com as distâncias, provendo graves consequências para o bem-estar dos animais e o produto final.

De acordo com o pesquisador Neville Gregory (2007; 2015 - comunicação pessoal), o tempo de viagem dos animais deve estar relacionado diretamente ao tempo de jejum total que deve ser compreendido entre 12 e 16 horas, pois longos períodos de jejum geram estresse crônico pela fome, além de também comprometer o rendimento da carcaça. Para definir o tempo total de jejum, recomenda-se levar em consideração a soma do tempo de jejum desde a propriedade, no transporte e no frigorífico.

Para frigoríficos brasileiros registrados no SIF (Serviço de Inspeção Federal) a instrução normativa nº3 (Brasil, 2000) prevê que o jejum total não deve exceder 24 horas após a chegada dos animais ao frigorífico, porém nada é descrito em relação às horas de viagem permitidas. Warriss et al. (1995) destacam que o transporte de bovinos por período superior a 15 horas é inaceitável do ponto de vista do bem-estar animal.

É sabido que o tempo de viagem tem efeito significativo no bem-estar dos animais, estando relacionado a altas mortalidades e problemas com qualidade da carne (Madalena et al., 2006). O Brasil, por possuir grande extensão territorial e regionalização dos frigoríficos no sudeste e centro-oeste passa por maiores problemas com viagens longas (Anualpec, 2010). Apesar disso, pouca atenção tem sido dada a duração das viagens e a logística de movimentação do gado, com produtores, transportadores e frigoríficos desinformados, reflexo dos poucos estudos e publicações brasileiras sobre o assunto. O capítulo 2 desta tese e alguns resumos apresentados em congressos nacionais e internacionais pela autora buscam suprir essa falta de informação divulgando informações importantes sobre distâncias médias percorridas por bovinos para abate no Brasil, relatando também a presença de casos extremos.

6.1.2. Desembarque

O procedimento de desembarcar os animais de um veículo de transporte podem trazer severas consequências ao bem-estar animal, associado ao fato deste manejo ser caracterizado como uma nova situação para o animal, fazendo com que o efeito de novidade desencadeie sentimentos negativos nos bovinos, como o medo, com consequente relutância em mover-se (Barbosa Filho e Silva, 2004). Sendo assim, o manejador muitas vezes utiliza de instrumentos de manejos como o choque elétrico e ferrões na tentativa de forçar o movimento do animal, podendo gerar ainda mais condições de estresse.

O uso do bastão elétrico utilizado com a intenção de acelerar a movimentação dos animais pode também estar relacionado com o desenho das instalações, por exemplo, bovinos relutam entrar em ambientes escuros ou com um desnível no solo, necessitando de um tempo maior para se adaptar e visualizar este novo desafio

parando sua movimentação (Van Putten e Elshof, 1978; Fraser e Broom, 1990). Casos que podem ocorrer nas rampas de desembarque. Outros importantes aspectos das instalações que podem gerar relutância ou até parada de movimentação refere-se à inclinação da rampa (recomendável não superar 20° para bovinos) e a presença de pisos antiderrapantes para evitar escorregões e quedas (Grandin, 1982).

O ambiente em que os animais se encontravam previamente e o modo como eram tratados e manejados na maior parte de suas vidas na fazenda pode ter influência na forma que irão reagir à etapa de desembarque. Trunkfield et al (1991) em seu estudo observou que bezerros criados individualmente eram mais afetados pelo desembarque e horas de transporte do que bezerros criados em grupo.

Os métodos para mover os animais durante a etapa de desembarque foram descritas por Grandin (1987; 1998) e um dos erros mais comuns é forçar a saída dos animais dos compartimentos de carga, fazendo com que os animais aumentem o ritmo de caminhada e também aumentem o risco de golpes contra estruturas da rampa e do caminhão. Além de que podem ser causa de problemas como escorregões e quedas seguidas por pisoteamento. Os manejadores devem, neste caso, conduzir os animais com uma formação de fila e iniciar a movimentação obedecendo ao ritmo do animal (Grandin, 1980). A mesma autora com base em sua vivência de anos observando desembarques em frigoríficos de bovinos afirma que a forma de manejar o gado é passível de treinamento na maioria dos casos, no entanto, alguns funcionários não são capazes de mudar seus hábitos e continuam manejando os animais de forma áspera, sendo a melhor alternativa a transferência para outro setor (Grandin, 1980).

6.1.3. Manejo de condução dos animais no frigorífico

O manejo de condução dos bovinos dentro das plantas frigoríficas constitui uma das etapas de extrema importância na qualidade do produto final com graves consequências para o bem-estar dos animais (Grandin, 2010). Pesquisas (Jarvis et al., 1995; Grandin, 2014; Beaver e Höglund, 2015), claramente demonstram que vários benefícios podem ser adquiridos quando o manejo é feito de forma cuidadosa e calma.

Manejadores competentes devem ter a capacidade de avaliar e entender os estados emocionais dos animais e sua percepção do ambiente, detectando sinais de estresse e dor, prevenindo o sofrimento animal (Stookey e Watts, 2007). Para obter

essa forma melhor de manejo alguns conhecimentos sobre características sensoriais do animal e a sua forma de reação frente a estímulos do ambiente devem ser considerados.

Primeiramente, sob uma perspectiva evolucionária, o bovino é caracterizado como um animal presa, devendo estar em constante vigília a fim de evitar e perceber a presença de seus potenciais predadores. Desta forma, estes animais desenvolveram evolutivamente mecanismos sensoriais e estratégias comportamentais importantes que devem ser conhecidas e consideradas quando abordamos o tema manejo.

Os bovinos passam mais de 8 horas diárias pastejando (Roy e Krueger, 1982), o que implica em permanecer na postura de cabeça próxima ao solo, os tornando mais vulneráveis a predadores; para minimizar este risco a espécie desenvolveu três estratégias adaptativas: a da visão panorâmica, a de refinar sua audição e ter comportamento gregário.

A visão panorâmica (os bovinos tem campo de visão de até 330º) permite aos bovinos monitorar o ambiente ao seu redor com mais eficiência, mesmo quando pastejando. A audição refinada e a possibilidade de movimentar as orelhas sempre em direção aos sons ameaçadores, também permitem melhor monitoramento do ambiente. Outra estratégia evolutiva adotada pelos bovinos para evitar suas presas foi o comportamento gregário, que em situações de perigo fazem com que todos os animais se juntem, uns encostando-se aos outros para se protegerem e mostrarem-se mais fortes perante o predador (Grandin e Deesing, 2008).

A aplicação desses conhecimentos durante o processo de condução dos animais se torna prático quando se sabe que movimentos rápidos, como um funcionário correndo ou com braços em movimento imitam a figura de um predador, desencadeando sentimentos negativos aos animais. Ou ainda, que os sons agudos ou altos (presentes no ambiente de frigorífico) também são interpretados como ameaça. E que bovinos quando sentem que estão em situações de perigo tendem a se unir, sendo que manejar um único animal sem ter o seu rebanho por perto será desafiar sua natureza evolutiva.

Para a condução de bovinos pelas instalações do frigorífico, os funcionários, muitas das vezes, utilizam-se de equipamentos de manejo. O uso de equipamentos auxiliares não ameaçadores tais como remo, bandeiras e chocalhos podem efetivamente mover

o gado sem necessariamente tocá-los. Se o contato se faz necessário, este deve ser momentâneo e firme, somente para se iniciar o movimento e não para desencadear um comportamento de fuga. O manejo descuidado não deve ser tolerado por aumentar a degradação do bem-estar animal, possuir potencial para a não-segurança humana e por causas em qualidade de carne (Swanson, 2006).

O uso do bastão elétrico para condução de bovinos embora possa caracterizar um mau manejo quando utilizado em excesso, ainda é um dos equipamentos presentes e amplamente utilizados em frigoríficos brasileiros, sendo muitas vezes o equipamento de eleição. Grandin (2013) reporta que muitas vezes o choque elétrico pode prevenir situações indesejadas, como por exemplo, o pisoteio de um animal que venha a deitar durante a condução, no entanto deve-se ter cautela em seu uso sendo que sua utilização é considerada excelente quando 5% ou menos dos animais são tocados (sendo que para fins de auditoria considera-se um evento quando o equipamento toca o animal por período mínimo de um segundo); é considerado aceitável quando 25% ou menos dos animais são tocados; não aceitável quando mais de 25% dos animais são tocados e um problema grave quando 50% ou mais dos animais são tocados com o bastão elétrico.

Eletrificar os animais com bastões podem resultar em lesões e dor, aumentando significativamente as taxas de batimentos cardíacos, respiração acelerada e muitos outros indicadores fisiológicos de estresse. Rotinas que aplicam choque elétrico aos animais refletem atitude de pouca preocupação com as questões concernentes ao bem-estar dos animais (Faucitano e Schaefer, 2008) e em muitos dos casos não caracterizam eficiência de manejo.

Grandin (1987) estudando a eficiência da utilização de bastão elétrico em bovinos em condições rotineiras de manejo na fazenda comparou quatro funcionários considerados bons (que entendiam o comportamento dos animais e não faziam uso desnecessário do bastão elétrico) em uma instalação com movimentação circular e viu que estes podiam colocar um implante de orelha a cada 15 segundos e marcar, vacinar (até quatro doses), colocar implante e castrar um animal a cada 45 segundos. Enquanto que funcionários que gritavam com os animais ou faziam uso abusivo do bastão elétrico precisaram de maiores tempos para realização dos mesmos manejos,

pois o tempo era desperdiçado quando os bovinos se excitavam, escapando ou ficando presos no tronco de contenção da fazenda.

As agressões diretas aos animais também se tornam um problema durante o manejo de condução no frigorífico quando funcionários não passam por treinamento, uma vez que manejadores fazem o uso das próprias instalações para agredir os animais, como no caso das porteiradas, gerando problemas diretos com a qualidade da carne. Swanson (2006) relata que a agressão direta aos animais é um ato de abuso e representa um dos parâmetros utilizados em auditorias de bem-estar animal, podendo ser auditados como um ponto crítico passível de não-conformidade.

É notável que a condução dos animais no frigorífico envolve vários pontos críticos, sendo importante a manutenção de uma boa relação ser-humano-animal com treinamentos de funcionários para um manejo favorável às questões de bem-estar. No entanto, pouca atenção é dada ao sofrimento dos animais durante esta etapa de manejo em muitos países Latino Americanos (Gallo, 2007), indicando que esta é uma das áreas com maior defasagem de conhecimentos e alto risco de problemas de bem-estar animal e qualidade de carne (Gallo e Tadich, 2008). Defasagem esta que a presente tese em seu capítulo 2 tenta suprir gerando informações relevantes sobre o manejo de condução e suas consequências para os animais quando vivos e quando transformados em carne.

7. Relação entre as etapas de pré-abate e a qualidade da carne

7.1. Hematomas

É aceito que as ocorrências de lesões possuem um impacto negativo sobre o bem-estar dos animais, bem como sobre a qualidade da carne (Strappini, 2009). Os hematomas são responsáveis por perdas econômicas substanciais na cadeia produtiva da carne (Grandin, 2000), tendo como consequência a depreciação do valor comercial das carcaças e dos cortes cárneos, uma vez que tecidos acometidos são passíveis de descarte (Nanni et al., 2006; BRASIL, 1952).

Hematomas em bovinos é a principal causa de perdas na indústria da carne norte-americana, com prejuízos estimados a US\$ 75 milhões por ano (NYS Cattle Health Assurance Program Beef Quality Assurance Module, 2005). As perdas anuais da

indústria australiana são estimadas em US\$ 20 milhões (New South Wales Department of Primary Industry, 2005). E no Brasil as perdas são estimadas por animais, utilizando-se de somente cortes nobres da carcaça na avaliação chegando a perdas de 117,3 gramas por animal abatido (Petroni et al., 2013).

Portanto, utilizar a ocorrência de hematomas como indicador *pos-mortem* pode nos levar a descobrir o real impacto da ação humana. A saber, a presente tese define como sendo contusão (também chamada de hematoma) uma lesão tecidual sem laceração com ruptura no fornecimento vascular e acumulação de sangue e soro (Hoffman et. al., 1998) e desenvolve-se geralmente após a aplicação de uma força (Bariciak et.al., 2003) produzida por objetos que causam impacto no animal. Pode-se ainda considerar uma contusão qualquer lesão que atinja o tecido muscular e tenha uma área circular de pelo menos 10 cm de diâmetro, com no mínimo dois cm de profundidade (AUS-MEAT, 2001).

Hematomas podem ocorrer em qualquer etapa da cadeia produtiva e sua presença revela indícios de manejo inadequado dos animais (Jarvis et al. 1995, Grandin, 2010), seja nas fazendas, durante o embarque, transporte, desembarque, nos currais de espera, manejo de condução e também durante a insensibilização (Jarvis et al., 1995). Podem ocorrer devido a impactos contra as instalações ou impacto contra outros animais como em casos de pisoteio, por manejos aversivos, além do uso indevido de instrumentos pelos manejadores (Nanni et al., 2006).

Saber o momento em que as lesões foram desenvolvidas pode auxiliar na adoção de estratégias que permitam evitar novas ocorrências de danos aos animais, evitando também prejuízos de qualidade de carne. Desta forma, reunir informações relacionadas aos eventos do pré-abate dos animais pode facilitar a identificação de fatores de risco e pontos onde o bem-estar animal está abaixo do ideal, tema do capítulo 2 da presente tese.

A movimentação muito rápida dos animais, pisos molhados, escorregadios ou com irregularidades, projeções pontiagudas em parte das instalações como portões e paredes são algumas das principais causas de hematomas (Renner, 2005). Ainda, fatores como presença de chifres, comportamentos agonísticos dos animais, idade, sexo, características do manejo, distância, tempo, densidade e condições do transporte, podem afetar a ocorrência de hematomas (Strappini et al., 2009).

Hamdy et al. (1957) encontraram evidências de alterações bioquímicas e físicas em tecidos machucados em seres humanos, indicando que a estimativa da idade de um hematoma permite a identificação do local e tempo da lesão, fornecendo informações sobre suas causas. A partir de então diversos métodos têm sido desenvolvidos e empregados para animais, especialmente bovinos, com o intuito de estimar a idade dos hematomas (Strappini et al., 2009).

Um destes métodos de identificação utiliza-se da cor e aparência do hematoma. Gracey e Collins (1992), identificaram que a cor vermelha brilhante indica que o hematoma provavelmente teve ocorrência em até 10 horas, ao passo que um hematoma vermelho escuro teve ocorrência em aproximadamente 24 horas prévias. A mudança na coloração dos hematomas ocorre devido ao processo inflamatório da área afetada, no qual macrófagos são recrutados para o local da lesão e metabolizam a hemoglobina, transformando-a em biliverdina, e posteriormente em bilirrubina (Hughes et al., 2004).

Grandin (2000), com base em suas observações pessoais, relata que as carcaças de bovinos são passíveis de classificação em pelo menos duas categorias, a saber: hematomas frescos (com coloração vermelho intenso, seja brilhante ou mais escuro) e hematomas com dias ou semanas de ocorrência (com coloração amarelada pela presença de bilirrubina). A identificação da coloração dos hematomas foram também usados na presente tese, com definição destes dois tipos propostos por Grandin (2000), sendo denominados no capítulo 2 como hematomas novos e velhos.

7.2. pH muscular

Além da presença de hematomas nas carcaças, a depleção do glicogênio muscular ocorrido pelo estresse do processo pré-abate pode resultar em altos valores de pH *post mortem*, avaliados normalmente após 24 horas (Kannan et al., 2002), o que não se torna ideal para a conversão de músculo em carne (Purchas et al., 1999). Carnes com pH acima de 6,0 são indesejáveis por sua cor escura (Bartos et al., 1993, Kreikemeier et al., 1998, Mounier et al., 2006), por sua grande variação na maciez (Silva et al., 1999), sua fácil capacidade de desidratação quando passagem por processo de cocção (Apple et al., 2005, Zhang et al., 2005) e sua pouca palatabilidade (Viljoen et al., 2002, Wulf et al., 2002). Altos valores de pH da carne também propiciam condições

adequadas para o crescimento de microrganismos, reduzindo o tempo de prateleira do produto (Gallo et al., 2003, Gardner et al., 2006).

Essas propriedades são determinadas por fatores intrínsecos e extrínsecos aos animais. Intrínsecos como a raça (King et al., 2006), o manejo alimentar (Andersen et al., 2005, Sañudo et al., 2004, Wheeler et al., 1996), o temperamento do animal (King et al., 2006), e extrínsecos como os manejos estressantes do processo pré-abate (Scafer et al., 1997, Mota-Rojas et al., 2006, O'Neill et al., 2006) e de processamento das carcaças, onde a presença de tecidos conjuntivos conforme o músculo se estreita no sentido de sua inserção tendinosa apresenta queda de pH reduzida (Bate-Smith, 1948), além da atividade muscular que quanto mais alta, mais acelerada também se torna a queda do pH (Gregory, 1998) e o tipo de músculo envolvido, pois nem todos respondem da mesma forma ao estresse, apresentando diferentes extensões de acidificação (Gregory, 1998; Monin, 1981).

Desta forma se nota a importância em se determinar os fatores que estariam envolvidos nesta depleção de glicogênio que desencadeia os mecanismos observados na carne. Após o abate, inicia-se o processo de conversão do músculo em carne, neste processo ocorrem diversas alterações químicas e físicas, resultantes de degradações enzimáticas e desnaturações proteicas, que levam a rigidez do *rigor mortis* (Felício, 1997). Com a morte e a consequente falência sanguínea e a supressão de oxigenação à musculatura, o músculo passa a utilizar a via anaeróbica para a obtenção de energia, transformando o ácido láctico em glicose, fazendo com que ocorra a queda geral do pH (Bendall, 1973). Logo após o abate o pH do músculo encontra-se neutro ou ligeiramente alcalino, passando por um processo gradual de acidificação até que se estabilize na faixa de 5,6 a 5,8, quando o processo transcorre dentro de condições normais (Seabra et al., 2001).

A velocidade de queda do pH, bem como o pH final da carne após 24 horas de abate pode ser muito variável em bovinos, pois normalmente a glicólise se desenvolve lentamente. Roça (1999) estabelece um padrão e descreve que o pH bovino inicial (0 horas, no momento do abate) encontra-se em torno de 7,0 caindo para 6,4 a 6,8 após 5 horas e para 5,5 a 5,9 após 24 horas.

Sendo assim, ter uma reserva muscular energética suficiente está relacionada com o metabolismo anaeróbio e a quantidade de ácido láctico necessário para estabelecer níveis de pH adequados para o período de 24 horas *post mortem* (Felício, 1997).

Quando se tem uma reserva de glicogênio muscular baixa ou inexistente (por ter sido usada na tentativa de adaptação aos fatores estressantes dos manejos pré-abate, por exemplo) pode provocar o surgimento da carne denominada DFD (dry (seca), firm (dura) and dark (escura)), caracterizada pelo pH 24 horas elevado (Sañudo, 2000).

No Brasil, para os frigoríficos que exportam carnes para a União Europeia somente é aceitável pH menores que 5,8, avaliado no músculo *Longissimus dorsi*, 24 horas *post mortem*, sendo que carnes com pH acima de 5,8 até 6,0 são consideradas como desclassificadas e acima de 6,0 carnes DFD (Roça, 1999).

A carne DFD é um problema decorrente do estresse crônico pré-abate, que esgota os níveis de glicogênio muscular impedindo a sua conversão em ácido pirúvico ou láctico pela exaustão física do animal (Roça, 1999).

Para que as carcaças não sofram alterações quantitativas (hematomas) e qualitativas (pH) é fundamental a implementação de um manejo pré-abate humanitário nas indústrias frigoríficas, com adoção de medidas preventivas de risco e programas de treinamento de capacitação de pessoal, envolvendo além das questões éticas inerentes à forma como os animais devem ser tratados, também as enormes perdas econômicas para a indústria brasileira, pois uma carne produzida a partir de animais bem tratados desde o nascimento até o abate tem melhor aspecto, textura e sabor em comparação a carnes onde os animais foram manejados em piores condições (Oliveira et al., 2008a).

8. Estresse térmico em suínos

Os produtores de suínos têm buscado formas de maximizar a expressão do potencial genético de animais selecionados para deposição de carne magra, por meio de avanços nos conhecimentos de fisiologia, nutrição e sanidade dos animais. Durante muitos anos a busca da máxima eficiência na produção animal esteve voltada para o atendimento das necessidades de manejo, sanidade, genética e nutrição. Mas, atualmente, os avanços nessas áreas têm sido limitados pelos fatores ambientais,

principalmente pelo ambiente térmico no qual os animais são submetidos (Hannas, 1999).

A resposta ao estresse acontece quando um fator ou uma série de fatores atuam sobre a homeostase do animal (Chrousos e Gold, 1992), ativando o eixo hipotálamo-pituitária-adrenal (HPA) produzindo mudanças que alteram funções de crescimento e reprodução (Armario, 2006), respostas imunitárias (Blecha, 2000), funções cardíacas (Baldock e Sibly, 1990), secreção de insulina (Ammari et al., 1996), glicólise nos músculos, lipólise no tecido adiposo (Gregory, 1998), entre outras. No caso do estresse por calor, o fator desencadeante desta resposta costuma estar associado a combinação entre altas temperatura e umidade do ar (Huynh et al., 2005a; Bohmanova et al., 2007).

Por serem animais homeotérmicos, os suínos apresentam máximo desempenho quando mantidos em ambiente confortável em termos de temperatura, representado por uma faixa onde os processos termorregulatórios são minimamente desencadeados, com utilização total da energia líquida para deposição de tecidos (Orlando et al., 2001).

Para suínos em fase de crescimento (entre 20 - 55 Kg) a temperatura ótima gira ao redor de 21°C, sendo que os limites desejáveis ficam entre 16 e 27°C. No entanto para suínos em fase de terminação (entre 55 – 110 Kg), a temperatura ótima diminui para 18°C e os limites desejáveis também, que seriam de 10 a 24°C nesta fase (NFACC, 2014). Como se pode observar a preocupação com o estresse por calor é maior entre a fase de terminação, uma vez que os suínos estão mais pesados gerando uma carga de energia maior.

Temperaturas ambientais acima da zona de termoneutralidade (também chamada de zona de conforto) para suínos são frequentes em regiões tropicais como no Brasil (Fialho et al., 2001) e também durante os meses de verão em regiões temperadas, como no caso da Espanha (Miguel et al., 2015), sendo assim a presente tese busca reunir diferentes estratégias de manejo para lidar com o efeito das altas temperaturas em seu capítulo 3, como forma de melhorar o desempenho de suínos na fase de crescimento e terminação, juntamente com a qualidade do produto final.

Sendo assim, a presente revisão terá três focos principais que servirão de base para um melhor entendimento do último capítulo: a influência do estresse térmico no

desempenho de suínos em fase de crescimento e terminação; o impacto do estresse térmico por calor e os diferentes tipos de pisos presentes na criação de suínos; e a qualidade do produto final, a carne.

8.1. Estresse térmico por calor e o desempenho de suínos

Em geral, suínos tentam minimizar os efeitos do estresse por calor por dois métodos principais, o aumento da dissipação de calor e a redução no calor produzido a partir do metabolismo do corpo (Nienaber and Hahn, 1982; Quiniou et al., 2001).

Para aumentar a dissipação de calor, suínos tentam aumentar o contato corporal com superfícies mais frias que seu corpo, realizando troca de calor por condução (Bull et al., 1997) ou ainda aumentando a frequência respiratória, fazendo com que aumente a quantidade de ar que entra e sai dos pulmões, resultando no processo de resfriamento evaporativo, que é potencializado pelo comportamento de ofegação (“panting”) (Tolon e Nääs, 2005). Sob as condições de estresse por calor este comportamento se torna mais evidente. Entretanto a eficiência do resfriamento evaporativo não depende apenas da expressão do comportamento de ofegação pelos animais, uma vez que se em condições de alta umidade do ar não há (ou há pouca) possibilidade de evaporação, impedindo ou dificultando a troca de calor por mais que os animais aumentem a frequência respiratória (Huynh et al., 2005b).

Outro ponto a se tratar é que, por vezes, o animal pode não produzir suficiente saliva em função de um quadro de desidratação, ficando com a boca seca, sem capacidade de evaporar água (Huynh, et al., 2005b).

Além disso, sob as condições de estresse por calor, o apetite dos animais fica reduzido, também como uma forma de reduzir a produção de calor decorrente do efeito termogênico do processo de digestão (Fuquay, 1981). O animal então baixa o seu consumo, levando conseqüentemente a uma diminuição do crescimento. Estes efeitos ainda podem ser potencializados pelas diversas linhas genéticas utilizadas atualmente (Ravagnolo e Misztal, 2000; Fábrega et al., 2002; Freitas et al., 2006), que nem sempre são bem adaptados ao calor.

Na fase de terminação, com suínos acima de 50 Kg, já se nota uma redução expressiva na ingestão de alimentos quando a temperatura do ar é igual ou superior a 20°C, resultando em menor ganho diário. Já em condições mais severas de

temperatura (acima de 30°C) a conversão alimentar também é negativamente afetada, (Myer e Bucklin, 2001).

Nichols et al. (1980) demonstraram em seu estudo que suínos em fase de terminação sob temperaturas dentro da zona de conforto térmico (até 20°C) chegam a ganhar 0,85 Kg/dia. No entanto, quando submetidos a condições de altas temperaturas (35°C) este ganho caiu para 0,31 Kg/dia. Em outro estudo, realizado em Guadalupe, no Caribe (Christon, 1988), foi demonstrado claramente o efeito negativo do clima quente sob o desempenho de suínos em fase de crescimento-terminação, com redução de 0,14 Kg no ganho diário quando comparado com suínos mantidos em condições de termoneutralidade. O autor observou ainda que na fase de terminação este efeito foi ainda maior, sendo que os animais chegaram a ter até 0,36 Kg/dia de diferença no ganho de peso.

Nesse mesmo estudo Christon (1998) também observou mudanças na fisiologia dos suínos na tentativa de se adaptar ao ambiente caloroso. As alterações incluíram aumento da temperatura corporal, aumento da frequência de respiração e diminuição da produção dos hormônios da tireoide, que aparentemente significa um esforço por parte do animal para retardar o seu metabolismo e assim a sua produção de calor. Em relação à frequência de respiração os animais em fase de crescimento sob a situações de temperatura ambiente controlada apresentaram em média 22 movimentos respiratórios por minuto enquanto que os suínos sob as condições de estresse por calor apresentaram 102 movimentos por minuto; para a fase de terminação esses valores foram de 33 e 120 movimentos respiratórios por minuto para os grupos controle e estresse por calor, respectivamente.

Na frequência cardíaca o caso é parecido (Charmandari et al., 2005). Patience et al. (2005) em seu estudo demonstraram que um suíno adulto com um leve aumento da frequência cardíaca em 20 batimentos por minuto durante um mês, no final deste período terá realizado 864.000 pulsações a mais que outro animal que não passou pelo mesmo estímulo. Fica evidente que estas pulsações e ritmo respiratório acelerado a mais possuem um custo energético, de tal forma que os dados produtivos de ambos os animais não podem ser os mesmos, refletindo em pior crescimento e piores índices de conversão.

Outra pesquisa realizada na Flórida (Myer et al., 1998), mostra o efeito negativo que um ambiente quente-úmido tem sobre o desempenho de suínos em crescimento e terminação utilizando-se de condições práticas de granja, observando que suínos criados durante o verão cresceram 11% menos e exigiram 5% a mais de ração por unidade de ganho de peso do que um grupo de suínos criados durante o outono, quando as temperaturas ambientais eram em sua maioria dentro da faixa de termoneutralidade para os animais.

Silva et. al (2009), encontraram em seu estudo que o consumo de alimento diminui 40 gramas a cada grau (°C) de temperatura acima da zona de termo neutralidade dos suínos. Porém está relação não foi linear, mas sim quadrática, sendo que em temperaturas mais altas o problema se agrava. Alguns outros autores (Noblet et al., 1994; Renaudeau et al., 2001b) consideram que esta redução pode variar entre 40 a 80 gramas, dependendo da genética do animal, de seu peso corporal, a composição da dieta e a temperatura ambiente.

A redução no consumo de alimentos normalmente se deve mais a uma diminuição na quantidade de alimento consumido em cada refeição, do que uma redução do número de visitas ao comedouro (Levine e Morley, 1981). Porcas em lactação sob estresse por calor, por exemplo, podem chegar a reduzir o consumo de alimento em até 50% (Salak-Johnson et al., 2012).

No entanto, não somente o consumo alimentar que pode ser reduzido, também deve-se considerar que os padrões de alimentação também mudam sob condições de estresse por altas temperaturas, aonde os animais deslocam seus períodos de alimentação para as horas mais frescas do dia (Collin et al., 2001). Estudos calculam que 69% das refeições que eram feitas durante o dia caem para 55% quando a temperatura aumenta de 19°C para 29°C (Nyachoti et al., 2004).

Essas condições ambientais quentes não costumam resultar em perdas de morte, mas podem causar grandes perdas econômicas por sua redução do desempenho (Myer e Bucklin, 2001). Um estudo (St-Pierre et al., 2003) realizado nos Estados Unidos calculou uma perda de aproximadamente 300 milhões de dólares na indústria de suínos por questões de estresse térmico.

8.2. Característica dos pisos das baias de suínos

Suínos são normalmente mantidos em baias por toda a sua vida. Portanto é importante obter informações sobre os diferentes tipos de pisos utilizados para composição destas baias, pois têm, potencialmente, um grande impacto (a longo prazo) para esses animais. Um estudo de Pedersen e Ravn (2008) investigou a relação de quatro características diferentes do piso de suínos: o coeficiente de atrito, a absorção ao choque, emissão de amônia e condução de calor. Os resultados mostraram que ripas (“slats”) de concreto eram ideais para os animais em relação ao risco de escorregamentos, mas piores em relação à elasticidade e absorção de choques, funcionando também como bons dissipadores de amônia, mas deixando a desejar na dissipação de calor pelos animais.

Observando os resultados deste estudo de Pedersen e Ravn (2008), vemos quão complexa é a escolha de um piso ideal para suínos, onde se observam vantagens e desvantagens persistentes. Se adicionarmos ainda o potencial que um piso tem em manter os animais em maiores ou menores condições de sujeidade, essa problemática é ainda mais complexa.

Alguns autores dizem que os pisos das baias devem ser feitos de tal maneira a fim de evitar que a urina e as fezes consigam escorrer rapidamente para o sistema de suspensão (pisos mais elevados), com o mínimo de amônia para o ambiente (Aarnink et al., 1997), uma vez que houve um aumento de amônia em galpões com solo contínuo, além de se notar também uma maior sujeidade dos currais quando em comparação a superfícies com ripas.

No entanto, outro fator importante a ser levando em consideração é a possibilidade de transmissão de calor possibilitado pelo contato com o piso, o que está diretamente relacionado ao alto coeficiente de transmissão de calor combinado com uma elevada capacidade calorífica, o que dá a característica do piso ser frio, vantagem quando os animais são mantidos em condições de estresse por calor (Pedersen e Ravn, 2008). Aliado ao tipo de material do piso, a presença de líquidos em sua superfície aumenta a possibilidade de trocas térmicas (Arogo et al., 1999), como no caso das fezes e urinas.

O suíno como é um animal que não sua (Huynh et al., 2005b) faz uso da condução de calor com o piso para dissipar o calor corporal refrescando-se ou

chafurdando-se em fezes e urinas quando em condições intensivas (Olsen et al., 2001). Ekkel et al. (2003) relataram que em condições de estresse por calor os suínos em fase de terminação passam até 90% do dia deitados em suas fezes e urina, sendo a posição lateral a mais dominante (>60% das observações).

No entanto, esse comportamento, que pode ser proveitoso para dissipação de calor, pode trazer graves consequências para os animais e para seu produto final, em questões de imunidade e odor da carne. Em relação à amônia (componente aversivo para os suínos), Aarnink et al. (1996) estimou 40% de emissões em pisos com 25% do piso ripado, e a emissão de 23% em pisos 50% ripados. Hoeksma et al. (1992) viu uma emissão de amônia de 30% em pisos 62% ripados. Altas concentrações de amônia em instalações de suínos influenciam a produção animal e a saúde dos animais (Aarnink et al., 1996).

Em relação à sujidade dos animais com consequências na qualidade da carne temos principalmente a presença de dois componentes principais: o indol e o escatol, que terão discussão mais abrangente no próximo tópico.

8.3. Estresse por calor e a qualidade da carne

8.3.1. pH

Existem dois principais problemas em relação à qualidade da carne em suínos em termos de pH. Estes estão relacionados com a razão na queda do pH (PSE, carne pálida, mole e exudativa) e em seu valor final (carne DFD, firme, escura e seca). O primeiro ocorre quando os animais sofrem estresse agudo antes do abate (Oliver et al., 1988) e os suínos não possuem reservas suficientes de energia para causar um rápido aumento no teor de ácido láctico durante o período imediato *post-mortem*. Isso faz com que se tenha uma queda no pH do músculo para valores inferiores a 6,0, antes da primeira hora após o abate (Briskey, 1964; Eikeleboom et al., 1976).

Por outro lado, altos valores de pH em 24 horas aparecem quando os animais sofrem estresse crônico e usam toda a sua energia, fazendo com que o pH muscular alcance valores superiores a 6,0 24 horas após o abate (Tarrant, 1989). O pH muscular maior 6,0 é indicativo de carne DFD, causando deterioração bacteriana da carne fresca e importantes problemas tecnológicos em produtos secos curados (Wirth, 1985).

Lambooy (1988) estudou o efeito de longos períodos de estresse e a qualidade da carne suína, observando altos valores de pH₂₄ no músculo *Semimembranosus*, associado à presença de carne DFD. Alojamento de animais sob condições de altas temperaturas durante sua fase de crescimento e engorda caracteriza um estresse crônico para estes animais, aumentando o risco de ocorrência de depleção da qualidade de carne, questão que será abordada mais profundamente no último capítulo da presente tese.

8.3.2. Efeitos do estresse por calor no odor da carne suína

O odor sexual de suínos é caracterizado como um odor desagradável, que lembra ao odor de urina e fezes, percebido durante o cozimento da carne e o aquecimento da gordura, desvalorizando o valor comercial da carne (Bonneau et al., 1999). Androsterona (Patterson, 1968), escatol e o indol (Walstra e Maarse, 1970) têm sido visto como os compostos responsáveis pela presença desse odor sexual. Existe uma discussão acerca de qual destes compostos seria o que mais contribui para a geração desse odor (Bonneau, 1998), no entanto muitos estudos apontam como sendo o escatol (Bejerholm e Barton Gade, 1992; Lundstrom e Malmfors, 1985; Lundstrom et al., 1988; Stoier e Olsen, 1998). Dijksterhuis et al (2000) conclui que a percepção e reconhecimento do odor da androsterona parece ser de mais difícil detecção quando em comparação com o do escatol, por isso esse se destaca.

A androsterona é sintetizada nos testículos, e aumenta durante a puberdade em paralelo com outros esteroides testiculares. Por isso, macho inteiros tendem a desenvolver um mais forte odor sexual. A imunização ativa contra a androsterona (castração cirúrgica) foi durante muito tempo o método de eleição para reduzir os efeitos dos maus odores nas carnes de suínos (Thompson, 2000). No entanto atualmente têm-se experimentado em várias espécies de animais a manipulação de vacinas antagonistas de GnRH para bloquear o sistema endócrino reprodutivo e consequente diminuição do odor a macho (Dunshea et al., 2001).

O escatol, juntamente com o indol são produtos da degradação do triptofano (Vold, 1970; Walstra e Maarse, 1970; Hanson et al., 1980). O triptofano e seus metabólitos têm sido estudados como produtos do trato gastro-intestinal com potenciais efeitos tóxicos para o hospedeiro, sendo assim eliminados pelas fezes. No

entanto, os metabólitos do triptofano, podem ser absorvidos a partir do intestino, metabolizados no fígado e eliminados através da urina (Mori et al., 1978), podendo também se concentrar na gordura dos animais, gerando o odor característico de macho inteiro.

Níveis de escatol também parecem aumentar com o avanço da puberdade nos machos (Babol et al., 2003). Sendo assim, suínos castrados e fêmeas tendem a não apresentarem níveis de escatol perceptíveis na gordura (Babol et al., 1999).

No entanto, nenhum estudo foi realizado buscando entender a se os níveis de escatol na gordura são mais altos em suínos submetidos ao estresse por calor, uma vez que esses nessas condições geralmente os animais apresentam maior grau de sujidade corporal, em função de manterem maior contato com as fezes e a urina. Isto pode, pelo menos potencialmente, resultar em maiores níveis dos compostos provenientes do triptofano na gordura, que podem levar ao desenvolvimento de odores sexuais característicos, mesmo sob em se tratando de fêmeas ou de machos castrados. Esse será um dos assuntos com ampla discussão no capítulo 3 da presente tese.

9. Referências bibliográficas

AARNINK, A.J.A., BERG, A.J., KEEN, A., HOEKSMAN, P., VERSTEGEN, M.W.A. Effect of slatted floor area on ammonia emission and on the excretory and lying behavior of growing pigs. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.64, p.299-310, 1996.

AARNINK, A.J.A., SWIERSTRA, D., VAN DEN BERG, A.J., SPEELMAN, L. Effect of type of slatted floor and degree of fouling of solid floor on ammonia emission rates from fattening piggeries. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.66, n.2, p.93-102, 1997.

ABERLE, E.D., MERKEL, R.A., FORREST, J.C., ALLISTON, C.W. Physiological responses of stress susceptible and stress resistant pigs to heat stress. **Journal of Animal Science**, v. 38, p. 954-959, 1974.

AL-RAWI, B., CRAIG, J.V. Agonistic behaviour of caged chickens related to group size and area per bird. **Applied Animal Ethology**, v.2, p.69-80, 1975.

ALBRIGHT, J.L. Social environment and growth. In: HAFEZ, E.S.E. e DYERS, L.A. (eds) **Animal growth and nutrition**. Lea and Febiger, Philadelphia, Pennsylvania, 1969.

AMMARI, F., ISSA, B.G., MILLWARD, E., SCANLON, M.F. A comparison between short ACTH and insulin stress test for assessing hypothalamo-pituitary-adrenal function. **Clinical Endocrinology**, v.44, p.473-476, 1996.

ANDERSEN, H.A., OKSBJERG, N., YOUNG, J.F., THERKIDSEN, M. Feeding and meat quality – a future approach. **Meat Science**, v.70, p.543-554, 2005.

ANDRADE, E. N.; SILVA, R.A.M.S.; ROÇA, R.O.; SILVA, L.A.C.; GONÇALVES, H.C; PINHEIRO, R.S.B. Ocorrência de lesões em carcaças de bovinos de corte no Pantanal em função do transporte. **Ciência Rural**, v.38 n.7, p. 1991-1996, 2008.

ANUALPEC 2010. **Anuário da Pecuária Brasileira**. Instituto FNP, São Paulo, 360 p.

APPLEBY, M. **What should we do about animal welfare?** Oxford: Blackwell Science, 1999.

AREY, D.S. Straw and food as reinforcers for prepartal sows. **Applied Animal Behaviour Science**, v.33, p.217-226, 1992.

AREY, D.S. Behavioural observations of periparturient sows and the development of alternative farrowing accommodations: a review. **Animal Welfare**, v.6, p.217-229, 1997.

ARMARIO, A. The hypothalamic-pituitary-adrenal axis: what can it tell us about stressors? **CNS & Neurological Disorders – Drug Target**, v.5, p.485-501, 2006.

AROGO, J., ZHANG, R.H., RISKOWSKI, G.L., CHRISTIANSON, L.L., DAY, D.L. Mass transfer coefficient of ammonia in liquid swine manure and aqueous solutions. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.73, p.77-86, 1999.

AUS-MEAT LIMITED. Beef e veal language. South Brisbane, p.4, 2001.

AXELROD, J. The relationship between the stress hormones, catecholamines, ACTH and glucocorticoids. In: USDIN, E., KVETNANSKY, R., AXELROD, J. (eds) **Stress the role of catecholamines and other neurotransmitters**, v.1, Gordon and Breach, New York, p.3-13, 1984.

BABOL, J. SQUIRES, E.J., LUNDSTROM, K. Relationship between metabolism of androstenone and skatole in intact male pigs. **Journal of Animal Science**, v.77,n.1, 1999.

BALCOMBE, J.P., BARNARD, N.D., SANDUSKY, C. Laboratory routines cause animal stress. **Journal of the American Association for Laboratory Animal Science**, v.43, n.6, p.42-51, 2004.

BALDOCK, N.M., SIBLY, R.M. Effects of handling and transportation on heart rate and behaviour in sheep. **Applied Animal Behavior Science**, v.28, n.1, p.15-39, 1990.

BALDWIN, B. A., INGRAM, D. L. Physiology and Behavior In: THOMPSON, R.F., HICKS, L.H., SHVYRKOV, V.B. Neural Mechanisms of goal-directed behavior and learning, Academic Press, p.153, 1980.

BARNETT, J.L., HUTSON, G.D. Objective assessments of welfare in the pig. In: **Manipulating Pig Production**. APSA Committee, Australasian Pig Science Association, Werribee, Victoria, Australia, p.1-22, 1987.

BARNETT, J.L., CRONIN, G.M., WINFIELD, C.G. The effects of individual and group penning of pigs on plasma total and free corticosteroid concentrations and the maximum corticosteroid binding capacity. **General and Comparative Endocrinology**, v.44, p.219-225, 1981.

BARNETT, J.L., HEMSWORTH, P.H. The validity of physiological and behavior measures of animal welfare. **Applied Animal Behaviour Science**, v.25, p.177-187, 1990.

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

BARICIAK, E., PLINT, A., GABOURY, I. e BENNETT, S. Dating of bruises in children: an assessment of physician accuracy. **Pediatrics**, v. 112, p. 804-807, 2003.

BARTOS, L., FRANC, C., REHÁK, D., STÍPKOVÁ, L. A practical method to prevent dark-cutting (DFD) in beef. **Meat Science**, v.34, p.275-282, 1993.

BARTUSSEK, H. An historical account of the development of the animal needs as part of the attempt to promote and regulate farm animal welfare in Austria: an example of the interaction between animal welfare science and society. **Acta Agriculturae Scandinavica**, Section A – Animal Science, v.51, p.34-41, 2001.

BATE-SMITH, E.C. The physiology and chemistry of rigor mortis, with special reference to the aging of beef. In: MRAK, E.M., STUART, G.F. **Advances in food research**. New York, Academic Press, v.1, 1948.

BENDALL, J.R. Postmortem changes in muscle. In: BOURNE, G.H. **The structure and function of muscle**. New York, Academic Press, v.2, p.244-309, 1973.

BEAVER, B.V., HÖGLUND, D.L. **Efficient Livestock Handling – The practical Application of Animal Welfare and Behavioral Science**. Elsevier, London, UK, 192p., 2015.

BEJERHOLM, C.; BARTON GADE, P. The relationship between skatole/androstenone and odours/flavours of meat from entire male pigs. In: BONNEAU, M. **Measurement and prevention of boar taint in entire male pigs**. INRA Editions, Paris, p.75-79, 1992.

BERTOLONI, W., SILVA, J.L., ABREU, J.S., ANDREOLLA, D.L. Bem-estar e taxa de hematomas de bovinos transportados em diferentes distâncias e modelos de

carroceria no estado do Mato Grosso – Brasil. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, p.850-859, 2012.

BISPO, D.L.N., PEREIRA, O.C.M. Importância do conhecimento das alterações induzidas pelo estresse em animais domésticos. **Interciência**, v.19, n.2, p.72-74, 1994.

BOHMANOVA J., I. MISZTAL, J.B. COLE. Temperature-Humidity Indices as indicators of milk production losses due to heat stress. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.1947-1956, 2007.

BOISSY, A. Fear and fearfulness in animals. **Quarterly Review of Biology**, v.70, p.165-191, 1995.

BOISSY, A., MANTEUFFEL, G., JENSEN, M.B., OPPERMAN MOE, R., SPRUIJT, B., KEELING, L.J., WINCKLER, C., FORKMAN, B., DIMITROV, I., LANGBEIN, J., BAKKEN, M., VEISSIER, I., AUBERTA, A. Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare. **Physiology and Behaviour**, v.92, p.375-397, 2007.

BONNEAU, M. Use of entire males for pig meat in the European Union. In: **Proceedings of the 44th ICOMST**, p.192-205, Barcelona, Spain, 1998.

BONNEAU, M., KEMPSTER, A.J., CLAUS, R., CLAUDI-MAGNUSSEN, C., DIESTRE, A., TORNBERG, E., WALSTRA, P., CHEVILLON, P., WEILER, U., COOK, G.L. An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint. Presentation of the Programme and measurement of boar taint compounds with different analytical procedures. **Meat Science**, 1999.

BLECHA, F. Immune System Response to Stress. In: MOBERG, G.P. and MENCH, J.A. **The Biology of Animal Stress**, CABI International (ed.), p. 111-121, 2000.

BLOKHUIS, H. J.; JONES, R. B.; GEERS, R.; MIELE, M.; VEISSIER, I. Measuring and monitoring animal welfare: transparency in the food product quality chain. **Animal Welfare**, v. 12, n. 4, p. 445-455, 2003.

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

BOTREAU, R., BRACKE, M.B.M, PERNY, P., BUTTERWORTH, A., CAPDEVILLE, J., VAN REENEN, C.G., VEISSIER, I. Aggregation of measures to produce and overall assessment of welfare. Part II: Analysis of constraints. **Animal**, v.1, n.8, p.1188-1197, 2007.

BRASIL, Decreto nº24.645 de 10 de julho de 1934. Estabelece medidas de proteção aos animais. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. Disponível em: <http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=39567>

BRASIL, Decreto-Lei nº30.691, de 29 de março de 1952. Aprova o Novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=detalharAtosArvore&tipo=DEC&numeroAto=00030691&seqAto=000&valorAno=1952&orgao=NI&codTipo=&desltem=&desltemFim=#>. Acesso em 20 de novembro de 2015.

BRASIL, Instrução Normativa nº03 de 17 de janeiro de 2000. Regulamento Técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Producao-Integrada-Pecuaria/IN%2003%20de%202000.pdf

BRASIL, Instrução Normativa nº56 de 06 de novembro de 2008. Recomendações de boas práticas de bem-estar para animais de produção e de interesse econômico – REBEM, abrangendo os sistemas de produção e o transporte. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Producao-Integrada-Pecuaria/IN%2056%20de%202008.pdf

BRASIL, Portaria nº524 de 21 de junho de 2011. Instruir a comissão técnica permanente de bem-estar animal – CTBEA, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, com o objetivo de coordenar ações em bem-estar dos animais de produção e de interesse econômico nos diversos elos da cadeia pecuária. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Producao-Integrada-Pecuaria/Portaria%20524%20de%202011.pdf

BRISKEY, E.J. Etiological status and associated studies of pale, soft, exudative porcine musculature. **Advances in Food Research**, v.13, p.89-178, 1964.

BROOM, D.M. Indicators of poor welfare. **British Veterinary Journal**, v.142, p.524-526, 1986.

BROOM, D.M. The veterinary relevance of farm animal ethology. **Veterinary Record**, v.121, p.400-402, 1987.

BROOM, D.M. Animal Welfare. Concepts and measurements. **Journal of Animal Science**, v.69, p.4167-4175, 1991.

BROOM, D.M., JONHSON, K.G. **Stress and Animal Welfare**. Chapman and Hall, London, UK, 1993.

BROOM, D.M. Welfare, stress and the evolution of feelings. **Advances in the Study of Behaviour**, v.27, p.371-378, 1998.

BROOM, D.M., JONHSON, K.G. Purposes of studying animal stress and animal welfare. In: BROOM, D.M. e JONHSON, K.G. **Stress and Animal Welfare**, p.166-167, 2000.

BROOM, D.M. Welfare assessment and problems areas during handling and transport. In: GRANDIN, T. (2 ed.) **Livestock Handling and Transport**, CABI International, Wallingford, UK, p.43-61, 2000.

BROOM, D.M. Coping, stress and welfare. In: BROOM, D.M. **Coping with Challenge: Welfare in Animals including humans**. Dahlem University Press, Berlin, p.1-9, 2001.

BROOM, D.M., CORKE, M.J. Effects of disease on farm animal welfare. **Acta Veterinaria**, v.71, p.133-136, 2002.

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.

BROOM, D.M. Behaviour and welfare in relation to pathology. **Applied Animal Behaviour Science**, v.97, p.73-83, 2006.

BROOM, D.M. Welfare of animals: behavior as a basis for decisions. In: BREED, M.D. and MOORE, J. (eds.) **Encyclopedia of animal behavior**, p.580-584, Oxford: Academic Press, 2010.

BULL, R. P., HARRISON, P.C., RISKOWSKI, G.L., GONYOU, H.W. Preference among cooling systems by gilts under heat stress. **Journal of Animal Science**, v.75, n.8, p.2078-2083, 1997.

CANNON, M.D. The sympathetic division of the autonomic system in relation to homeostasis. **Archives of Neurology and Psychiatry**, v.22, n.2, 1929.

CAPDEVILLE, J., VEISSIER, I. A method of assessing welfare in loose housed dairy cows at farm level, focusing on animal observations. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v.51, p.62-68, 2001.

COCKRAM, M.S. Sheep transport. In: GRANDIN, T. **Livestock Handling and Transport**, CABI, UK, 2007.

CNT (Confederação Nacional de Transporte). Pesquisa CNT de Rodovias 2015. Brasília, 2015. Disponível em: http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br/Relatorio%20Geral/PESQUISA_CNT2015_BAIXA.pdf. Acesso 19 de novembro de 2015.

CHARMANDARI E, C TSIGOS, G CHROUSOS. Endocrinology of the stress response. **Annual Review of Physiology**, v.67, p.259-284, 2005.

CHIEGER, G., WHEELER, R.G. **Auxiliary floor for livestock trailers**. Patentente n° US 3116950 A, 1964.

CHROUSOS, G.P., GOLD, P.W. The concepts of stress and stress disorders. Overview of physical and behavioral homeostasis. **Journal of American Medical Association**, v.267, p.1244-1252, 1992.

CHRISTON, R. The effect of tropical ambient temperature on growth and metabolism in pigs. **Journal of Animal Science**, v.66, p.3112-3123, 1988.

COLBORN, D.R., THOMPSON, D.L., JR ROTH, T.L., CAPEHART, J.S., WHITE, K.L. Responses of cortisol and prolactin to sexual excitement and stress in stallions and geldings. **Journal of Animal Science**, v.69, p.2556 -2562, 1991.

COLLIN, A., MILGEN, J., DUBOIS, S., NOBLET, J. Effect of high temperature on feeding behavior and heat production in group-housed young pigs. **British Journal of Nutrition**, v.86, p.63-70, 2001.

DALLMAN, M.F., AKANA, S.F., CASIO, C.S., DARLINGTON, D.N., JACOBSON, L. e LEVIN, N. Regulation of ACTH secretion: variations on a theme. **Recent Progress in Hormone Research**, v.43, p.113-173, 1987.

DALMAU, A. TEMPLE, D. RODRÍGUEZ, P. LLONCH, P., VELARDE, A. Application of the Welfare Quality Protocol at pig slaughterhouses. **Animal Welfare**, v.18, p.497-505, 2009.

DANTZER, R., MORMÈDE, P. Effects of lithium on aggressive behavior in domestic pigs. **Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics**, v.2, p.299-303, 1979.

DANTZER, R., MORMÈDE, P. Stress in farm animals: a need for reevaluation. **Journal of Animal Science**, v.57, n.1, p.6-18, 1983.

DAWKINS, M.S. Animal minds and animal emotions. **American Zoologist**, v.40, p.883-888, 2000.

DAWKINS, M.S. Using behavior to assess animal welfare. **Animal Welfare**, v.13, p.3-7, 2004.

DAWKINS, M.S. Quality of life, good welfare and the animal's point of view. In: Universities Federation for Animal Welfare (Ed.), **Quality of life: the hart of the matter**, 2006.

DIJKSTERHUIS, G.B., ENGEL, B., WALSTRA, P., FONT I FURNOLS, M., AGERHEM, H., FISHER, K., OLIVER, M.A., CLAUDI-MAGNUSSEN, C., SIRET, F., BEAGUE, M.P., HOMER, D.B., BONNEAU, M. An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint II: sensory evaluation by trained panels in seven European countries. **Meat Science**, v.54, p.261-269, 2000.

DONG, P. A structural stress definition and numerical implementation for fatigue analysis of welded joints. **International Journal of Fatigue**, v.23, n.10, p.865-876, 2001.

DUNSHEA, F.R., COLANTONI, C., HOWARD, K., MCCAKEY, I., JACKSON, P., LONG, K.A., LOPATICKI, S., NUGENT, E.A., SIMONS, J.A., WLAKER, J., HENNESSY, D.P. Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2524-2535, 2001.

EIKELEMBOOM, E., MINKEMA, D., VAN ELDIK, P. The application of the halothane test. Differences in production characteristics between pigs qualified as reactors (MHS-susceptible) and non-reactors. **Proceedings 3rd International Conference Production of diseases in farm animals**, Pudoc, Wageningen, p.183-185, 1976.

EKKEL, E.D., SPOOLDER, H.A.M., HULSEGGE, I., HOPSTER, H. Lying characteristics as determinants for space requirements in pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v.80, p.19-30, 2003.

EUROPEAN COMMISSION. The welfare of animals during transport (details for horses, pigs, sheep and cattle). Report of the Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare, Adopted on 11 March 2002. Disponível em: <http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scah/out71_en.pdf>. Acesso 10 de agosto de 2015.

EUROPEAN COMMISSION. Attitudes of EU citizens towards animal welfare. Special EUROBAROMETER, p.270, 2007.

FÀBREGA, E., MANTECA, X., FONT, J., GISPERT, M., CARRION, D., VELARDE, A., RUIZ DE LA TORRE, J.L., DIESTRE, A. Effects of halothane gene and pre-slaughter treatment on meat quality and welfare from two pig crosses. **Meat Science**, v.62, p.463–472, 2002.

FAUCITANO, L., SCHAEFER, A. **Welfare of pigs from birth to slaughter**. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, 2008.

FAWC – Farm Animal Welfare Council. FAWC updates the five freedoms. **Veterinary Record**, v.17, p.357, 1992.

FAZIO, E., MEDICA, P., ALBERGHINA, D., CAVALERI, S., FERLAZZO, A. Effect of long-distance road transport on thyroid and adrenal function and haematocrit values in Limousin cattle: influence on body weight decrease. **Veterinary Research Communications**, v.29, p.713-719, 2005.

FELÍCIO, P.E. Fatores ante e post mortem que influenciam na qualidade da carne bovina. In: PEIXOTO, A.M., MOURA, J.C., FARIA, V.P. **Produção de novilho de corte**. Piracicaba, FEALQ, p.79-97, 1997.

FERGUSON, D.M., BRUCE, H.L., THOMPSON, J.M., EGAN, A.F., PERRY, D., SHORTHORSE, W.R. Factors affecting beef palatability – farmgate to chilled carcass. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.41, p.879-891, 2001.

FIALHO, E.T., OST, P.R., OLIVEIRA, V. Interações ambiente e nutrição – estratégias nutricionais para ambientes quentes e seus efeitos sobre o desempenho e

características de carcaças de suínos. Disponível em: http://www.conferencia.uncnet.br/pork/seg/pal/anais01p2_fialho_pt.pdf. Acesso em: 03 de dezembro de 2015.

FILHO, J. A. D. B., SILVA, I. J. O. Abate humanitário: ponto fundamental do bem-estar animal. **Revista da Carne**. São Paulo, Edição nº 328, 2004. Disponível em: <http://www.dipermar.com.br/carne/328/index.htm>. Acesso em: 08/11/2015.

FOLK, G.E. **Textbook of Environmental Physiology**, 2nd ED. Lea & Febiger, Philadelphia, PA, 1974.

FRANCO, M.R. **Dissertação de Mestrado**. Caracterização do transporte rodoviário de bovinos de corte e efeitos no bem-estar animal e na qualidade das carcaças. UNSP, Jaboticabal, 2013.

FRASER, D., BROOM, D.M. Abnormal behavior: addressed to another animal. In: FRASER, D., BROOM, D.M. (eds). **Farm Animal Behaviour and Welfare**, p.327-328, Baillière Tindall, London, 1990.

FRASER, D. Animal welfare assurance programs in food production: a framework for assessing the options. **Animal Welfare**, v.15, p.93-104, 1995.

FRASER, D., NICOL, C.J. Preference and motivation research. In: APPLEBY, M.C., MENCH, J.A., OLSSON, I.A.S., HUGHES, B.O. (eds.) **Animal Welfare**, p.183-199, CAB International, Wallingford, UK, 2011.

FREITAS, M.S., MISZTAL, I., BOHMANOVA, J., WEST, J. Utility of on- and off-farm weather records for studies in genetics of heat tolerance. **Livestock Science**, v.105, n.1-3, p.223-228, 2006.

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

GALLO, C., LIZONDO, G., KNOWLES, T.G. Effects of journey and lairage time on steers transport to slaughter in Chile. **Veterinary Record**, v.152, p.361-364, 2003.

GALLO, C. (Animal welfare in the Americas. **Proceedings of the 18th Conference of the OIE Regional Commission for the Americas**. Compendium of Technical Items presented to the International Committee or to the Regional Commissions of the OIE. Florianópolis, Brasil, p. 151–166, 2007.

GALLO, C.B., TADICH, T.A. South America. In: Appleby, M.C., Cussen, V.A., Garcés, L., Lambert, L.A. e Turner, J. **Long Distance Transport and Welfare of Farm Animals**, CAB International, Londres – Reino Unido, 1 ed, 2008.

GARDNER, G.E., MCLNTYRE, B.L., TUDOR, G.D., PETHICK, D.W. The impact of nutrition on bovine muscle glycogen metabolism following exercise. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.52, p.461-470, 2001.

GONYOU, H.W. Why the study of Animal Behavior is associated with the Animal Welfare Issue. **Journal of Animal Science**, v.72,p.2171-2177, 1994.

GRACEY, J.F., COLLINS, D.S. **Meat hygiene**. London, Bailliere Indall, 1992.

GRANDIN, T. Observations of cattle behavior applied to design of cattle-handling facilities. **Applied Animal Ethology**, v.6, p.19-31, 1980.

GRANDIN, T. Animal handling. **The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v.3, n.2, p.323-338, 1987.

GRANDIN, T. Design of loading facilities and holding pens. **Applied Animal Behaviour Science**, v.28, p.187-201, 1990.

GRANDIN, T. Review: Reducing Handling Stress Improves Both Productivity and Welfare. **Professional Animal Scientist**, v.14, n.1, p.1-10, 1998.

GRANDIN, T. **Livestock Handling and Transport**, 2 ed., CAB International, Wallingford, UK, 428 p., 2000.

GRANDIN, T., DEESING, M.J. Genetics and behavior during handling, restraint, and herding. In: GRANDIN, T and DEESING, M.J. **Genetics and the behavior of domestic animals**, 2ed, Elsevier, London, UK, 2008.

GRANDIN, T. Recommended Animal Handling Guidelines and Audit Guide for Cattle, Pigs and Sheep. **American Meat Institute Foundation**, 2010. Disponível em: <http://www.animalhandling.org>. Acesso em 19 de novembro de 2015.

GRANDIN, T. Recommended animal handling guidelines and audit guide: a systematic approach to animal welfare. SMI Foundation, 2013. Disponível em: <http://www.animalhandling.org/ht/a/GetDocumentAction/i/58425>. Acesso 20 de novembro de 2015.

GREGORY, N. G. Physiology of Stress, Distress, Stunning and Slaughter. IN: GREGORY, N.G. **Animal Welfare and Meat Science**. CABI Publishing, p.64-92, 1998.

GREGORY, N.G. Stunning and slaughter. In: GREGORY, N.G. **Animal welfare and meat production**, London: BBSRC and Royal Veterinary College, p.191-212, 2007.

HAFEZ, E.S.E. **Adaptation of Domestic Animals**. Lea & Febiger, Philadelphia, 1968.

HAMDY, M.K., KUNKLE, L.E., DEATHERAGE, F.E.. Bruised tissue – determination of age of a bruise. **Journal of Animal Science**, v.16, n.2, p.490-495, 1957.

HANNAS, M.I. Aspectos fisiológicos e a produção de suínos em clima quente. In: **Anais Ambiência e Qualidade na produção industrial de suínos**, Piracicaba, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p.1-33, 1999.

HANSEN, M.J. Rapid high-performance liquid chromatographic method for simultaneous determination of androstenone, skatole and indole in back fat from pigs. **Journal of Chromatography B: Biomedical Science and Applications**, v.661, p.219-230, 1994.

HEMSWORTH, P. H., BARNETT, J.L. Human-animal interactions and animal stress, In: MOBERG, G.P., MENCH, J.A. **The biology of animal stress – Basic principles and implications for animal welfare**, CABI Publishing, Oxon, UK, p.309-336, 2001.

HICKS, T.A., MCGLONE, J.J., WHISNANT, C.S., KATTESH, H.G., NORMAN, R.L. Behavioral, endocrine, and performance measures for pigs exposed to acute stress. **Journal of Animal Science**, v.76, n.2, p.474-483, 1998.

HOEKSTRA, P., VERDOES, N., OOSTHOEK, J., VOERMANS, J.A.M. Reduction of ammonia volatilization from pig houses using aerated slurry as recirculation liquid. **Livestock Production Science**, v. 31, p.121-132, 1992.

HOFFMAN, D.E., SPIRE, M.F., SCHWENKE, J.R. e UNRUH, J.A. Effects of source of cattle and distance transported to a commercial slaughter facility on carcass bruises in mature beef cows. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.212, p. 668-672, 1998.

HORTON, G.M.J., BALDWIN, J.A., EMANUELE, S.M., WOHLT, J.E., MC DOWELL, L.R. Performance and blood chemistry in lambs following fasting and transport. **Animal Science**, v.62, n.1, p.49-56, 1996.

HOLM, L., JENSEN, M.B., JEPPESEN, L.L. Calve's motivation for access to different types of social contact measured by operating condition. **Applied Animal Behaviour Science**, v.79, p.175-194, 2002.

HUBRECHT, R.C. A comparison of social and environmental enrichment methods for laboratory housed dogs. **Applied Animal Behaviour Science**, v.37, p.345-361, 1993.

HUGHES, B.O.; DUNCAN, I.J.H. The notion of ethological 'need', models of motivation and animal welfare. **Animal Behaviour**, v.36, p.1696-1707, 1988.

HUGHES, V.K., ELLIS, P.S., BURT, T., LANGLOIS, N.E.I. The practical application of reflectance spectrophotometry for the demonstration of haemoglobin and its degradation in bruises. **Journal of Clinical Pathology**, v.57, n.4, p.355-359, 2004.

HUYNH, T.T.T., AARNINK, A.J.A., GERRITS, W.J.J., HEETKAMP, M.J.H., CAHN, T.T., SPOOLDER, H.A.M., KEMP, B., VERSTEGEN, M.W.A. Thermal behavior of growing pigs in response to high temperature and humidity. **Applied Animal Behaviour Science**, v.91, n.1-2, p.1-16, 2005a.

HUYNH, T.T.T.; AARNINK, A.J.A.; VERSTEGEN, M.W.A.; GERRITS, W.J.J.; HEETKAMP, M.J.W.; KEMPS, B.; CANH, T.T. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. **Journal of Animal Science**, v. 83, n.6, p. 1385-1396, 2005b.

IMEA – Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária, 2015. Disponível em: <http://www.imea.com.br/noticias.php?id=738>. Acesso: 19 de novembro de 2015.

JARVIS, A.M., SELKIRK, L., COCKRAM, M.S. The influence of source, sex class and pre-slaughter handling on the bruising of cattle at two slaughterhouses. **Livestock Production Science**, v.43, p.215-224, 1995.

JOHNSON, P.F., JOHANNESSON, T., SANDOE, P. Assessment of farm animal welfare at herd level: many goals, many methods. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v.51, p.26-33, 2001.

JBS Frigorífico. Política de bem-estar animal da JBS. Disponível em: <http://www.jbs.com.br/pt-br/content/bem-estar-animal>. Acesso 16 de novembro de 2015.

KANNAN, G., CHAWAN, C.B., KOUAKOU, B., GELAYE, B. Influence of packaging method and storage time on shear value and mechanical strength of intramuscular connective tissue of chevon. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2383-2389, 2002.

KENT, J.E. and EWBANK, R. The effect of road transportation on the blood constituents and behaviour of calves. **British Veterinary Journal**, v.142, n.4, p.326-335, 1986.

KESSLER, M.R. e TURNER, D.C. Effects of density and cage size on stress in Domestic Cats (*Felis Silvestris Catus*) housed in animal shelters and boarding catteries. **Animal Welfare**, v.8, n.3, p.259-267, 1999.

KERR, S.G.C., WOOD-GUSH, D.G.M. A comparison of the early behavior of intensively and extensively reared calves. **Animal Production**, v.45, p.181-190, 1987.

KING, D.A., MORGAN, W.W., MILLER, R.K., SANDERS, J.O., LUNT, D.K., TAYLOR, J.F. Carcass merit between and among family groups of *Bos indicus* crossbred steers and heifers. **Meat Science**, v.72, p.496-502, 2006.

KIRKDEN R. D., D. M. BROOM, I. L. ANDERSEN. INVITED REVIEW: Piglet mortality: Management solutions. **Journal of Animal Science**, v.91, p.3361-3389, 2013. Disponível em: <http://www.journalofanimalscience.org/content/91/7/3361.abstract-fn-1>

KOOLHAAS, J.M., KORTE, S.M., DE BOER, S.F., VAN DER VEGT, B.J., VAN REENEN, C.G., HOPSTER, H., DE JONG, I.C., RUIS, M.A.W., BLOKHUIS, H.J. Coping styles in animals: current status in behavior and stress physiology. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v.23, n.7, p.925-935, 1999.

KNOWLES, T.G., BROWN, S.N., WARRISS, P.D., PHILLIPS, A.J., DOLAN, S.K., HUNT, P., FORD, J.E., EDWARDS, J.E., WATKINS, P.E. Effects on sheep of transport by road for up to 24 hours. **Veterinary Record**, v.136, n.17, p. 431-438, 1995.

KREIKEMEIER, K.K., UNRUH, J.A., ECK, T.P. Factors affecting the occurrence of dark-cutting beef and selected carcass traits in finished beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.76, p.388-395, 1998.

KROHN, C.C. Behaviour of dairy cows kept in extensive (loose housing/pasture) or intensive (tie stall) environments: grooming, exploration and abnormal behavior. **Applied Animal Behaviour Science**, v.42, p.73-86, 1994.

LAMBOOIJ, E. Road transport of pigs over a long distance: some aspects of behavior, temperature and humidity during transport and some effects of the last two factors. **Animal Production**, v.46, p.257-263, 1988.

LAZARUS, R.S. From psychological stress to the emotions: a history of changing outlooks. **Annual Review of Psychology**, v.44, p.1-21, 1993.

LEE, D.H.R. Climatic stress indices for domestic animals. **International Journal of Biometeorology**, p.9-29, 1965.

LE NEINDRE, P., BOIVIN, X. and BOISSY, A. Handling of extensively kept animals. **Applied Animal Behavior Science**, v.49, n.1, p.73-81, 1996.

LEVENTHAL, H. e SCHERER, K. The relationship of emotion to cognition: a functional approach to a semantic controversy. **Cognition and Emotion**, v.1, p.3-28, 1987.

LEVINE, A.S., MORLEY, J.E. Stress-induced eating in rats. **American Journal of Physiology**, v.241, p. R72-R76, 1981.

LEVINE, S. A definition of stress. In: MOBERG, G.P. **Animal stress**, American Physiological Society, Bethesda, Maryland, p. 51-69, 1985.

LJUNGBERG, D.; GEBRESENBET, G.; ARADOM, S. Logistic chain of animal transport and abattoir operations. **Biosystems Engineering**, v. 96, p. 267-277, 2007.

LUNDSTROM, K., MALMFORS, B. Recent reserach on the use of boars for meat production – report from EAAP Working group meeting in Denmark. **Livestock Production Science**, v.13, p.303-309, 1985.

LUNDSTROM, K., MALMFORDS, B., MALMFORDS, G., STERN, S., PETERSSON, H., MORTENSEN, A.B., SORENSEN, S.E. Skatole, androstenone and taint in boars fed two different diets. **Livestock Production Science**, v.18, p.56-67, 1988.

MADALENA, M., VOŠLÁIROVÁ, E., TOMANOVÁ, P., LEJJOVÁ, R., BEDÁNOVÁ, I., VECEREK, V. Influence of travel distance and the season upon transport induced mortality in fattened cattle. **Acta Veterinaria Brno**, v.75, p.619-624, 2006.

MANTECA, X. SILVA, C.A., BRIDI, A.M., DIAS, C.P. Bem-estar animal: conceitos e formas prática de avaliação dos sistemas de produção de suínos. **Anais Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n.6, s.2, p.4213-4230, 2013.

MARFRIG Frigorífico. Manual de Manejo e bem-estar animal. Disponível em: <http://www.marfrig.com.br/pecuaristas/bem-estar-animal/manual/>. Acesso 16 de novembro de 2015.

MASON, J.W. A review of psychoendocrine research on the pituitary adrenal cortisol system. **Psychosomatic Medicine**, v.30, p.576-607, 1968.

MARAHRENS, M., VON RICHTHOFEN, I., SHMEIDUCH, S., HARTUNG, J. Special problems of long-distance road transports of cattle. **Deutsche Tierärztliche Wochenschrift**, v.110, n.3, p.120-125, 2003.

MCEWEN, B.S. Protection and damage from acute and chronic stress: allostasis and allostatic overload and relevance to the pathophysiology of psychiatric disorders. **Annals of the New York Academy of Science**, v.1032, p.1-7, 2004.

MELLOR, D.J., STAFFORD, K.J. Animal Welfare implications of neonatal mortality and morbidity in farm animals. **The Veterinary Journal**, v.168, p.118-133, 2004.

MENDL, M., PAUL, E. S. Consciousness, emotion and animal welfare: insights from cognitive science. **Animal Welfare**, V.13, S17-26, 2004.

MENDL, M., BURMAN, O.H.P, PARKER, R.M.A., PAUL, E.S. Cognitive bias as an indicator of animal emotion and welfare: emerging evidence and underlying mechanisms. **Applied Animal Behaviour Science**, v.118, p.161-181, 2009.

MIGUEL, A., HOEKSTRA, A.Y., GARCÍA-CALVO, E. Sustainability of the water footprint of the Spanish pork industry. **Ecological indicators**, v.57, p.465-474, 2015.

MINTON, J.E. Function of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis and the sympathetic nervous system in models of acute stress in domestic farm animals. **Journal of Animal Science**, v.72, n.7, p.1891-1998, 1994.

MITLOHNER, F.M., MORROW, J.L., DAILEY, J.W., WILSON, S.C., GALYEAN, M.L., MILLER, M.F., MCGLONE, J.J. Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2327-2335, 2001.

MOBERG, G.P. Biological response to stress: key to assessment of animal well-being? In: MOBERG, G.P. **Animal Stress**. American Physiological Society, Bethesda, Maryland (ed.), p. 27-49, 1985.

MOBERG, G.P. Biological response to stress: implications for animal welfare. In: MOBERG, G.P. and MENCH, J.A. **The Biology of Animal Stress**, CABI International (ed.), p. 1-21, 2000.

MONIN, G. Muscle metabolic type and the DFD condition. In: HOOD, D.E, TARRANT, P.V. **The problem of dark-cutting in beef**. The Hague: Martinus Nijhoof Publishers, Current Topics in Veterinary Medicine and Animal Science, v.10, p.63-85, 1981.

MOUNIER, L., DUBROEUCQ, H., ANDANSON, S., VEISSIER, I. Variations in meat pH of beef Bulls in relation to conditions of transfer to slaughter and previous history of the animals. **Journal of Animal Science**, v.84, p.1567-1576, 2006.

MORI, A., YASAKA, Y., MASAMOTO, K., HIRAMATSU, M. Gas chromatography of 5-hydroxy-3-methyindole in human urine. **Cinical Chimestry Acta**, v.84, p.63, 1978.

MORA-ROJAS, D., BECERRIL, M., LEMUS, C., SANCHEZ, P., GONZALEZ, M., OLMOS, S.A. Effects of mid-summer transport duration on pre and post slaughter performance and pork quality in Mexico. **Meat Science**, v.73, p.404-412, 2006.

MUCHENJE, V.; DZAMA, K.; CHIMONYO, M.; STRYDOM, P.E.; RAATS, J.G. Relationship between pré-slaughter stress responsiveness and beef quality in three cattle breeds. **Meat Science**, v. 81, n.4, p. 653-657, 2009.

MYER, R., BUCKLIN, R. Influence of hot-humid enrironment on growth performance and reproduction of swine. **Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS)**, University of Florida, USAS, 2001. Disponível em: <http://edls.ifas.ufl.edu>. Acesso: 03 de dezembro de 2015.

NANNI, L., FIEGO, L.D., TASSONE, D., RUSSO, F. The relationship between carcass bruising in bulls and behavior observed during pre-slaughter phases. **Veterinary Research Communications**, v.30, n.1, p.379-381, 2006.

NEW SOUTH WALES DEPARTAMENT OF PRIMARY INDUSTRY. Dehorning cattle. 2ed, Orange, 1998. Disponível em: <http://www.dpi.nsw.gov.au/agriculture/livestock/beef/husbandry/general/dehorning-cattle>. Acesso 20 de novembro de 2015.

NFACC. National Farm Animal Care Council. Code of Practice for care and handling of pigs, **Agriculture and Agri-Food Canada**, 2014.

NICOLSON, N. A. Measurement of cortisol. In: LUECKEN, L.J. and GALLO, L.C. **Handbook of Physiological Research Methods in Heath Psychology**. Sage Publications, p.37-75, 2008.

NICHOLS, D.A., AMES, D.R., HINES, R.H. Effect of temperature on performance of finishing swine. Kansas State University, Swine Day, n.388, Department of Animal Science, Manhattan, p.14-16, 1980.

NIENABER, J.A., HAHN, G.L. Heat Production and Feed Intake of Ad-libitum-fed Growing Swine as Affected by Temperature. **American Society of Agricultural Engineers Paper**, n.82, p.4065-, St. Joseph, MIAAE, 1982.

NOBLET J, X S SHI, S DUBOIS. Effect of body weight on net energy value of feeds for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, p.648-657, 1994.

NYACHOTI, C.M.; ZIJLSTRA, R.T, DE LANGE, C.F.M., PATIENCE, J.F. Voluntary feed intake in growing-finishing pigs: a review of the main determining factors and potential approaches for accurate predictions. **Canadian Journal of Animal Science**, v.84, p. 549-566, 2004.

NYS Cattle Health Assurance Program. Market cow and bull quality: impact on the beef industry, 2005. Disponível em: <http://ahdc.vet.cornell.edu/Sects/NYSCHAP/docs/BQATrifold.pdf>. Acesso 20 de novembro de 2015.

OLSEN, A.W., DYBKER, L., SIMONSEN, H.B. Behaviour of growing pigs kept in pens with outdoor runs: temperature regulatory behavior, comfort behavior and dunging preferences. **Livestock Production Science**, v.69, p.265-278, 2001.

OLIVEIRA, C. B.; BORTOLI, E. C.; BARCELLOS, J. O. J. Diferenciação por qualidade da carne bovina: a ótica do bem-estar animal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 7, p. 2092-2096, 2008a.

OLIVEIRA, C.B., BORTOLI, E.C., BARCELLOS, J.O.J. diferenciação por qualidade da carne bovina: a ótica do bem-estar animal. **Ciência Rural**, v.38, n.7, p.2092-2096, 2008b.

OLIVER, M.A., GISPERT, M., DIESTRE, A. Estudio del pH1 de los músculos Longissimus dorsi y Semimembranosus en canales porcinos comerciales. **Medicina Veterinaria**, v.5, p.45-49, 1988.

O'NEILL, H.A., WEBB, E.C., FRYLINCK, L., STRYDOM, P.E. The stress responsiveness of three diferente beef breed types and the effect on ultimate pH and meat color. In: **Proceedings 52n International Congress of Meat Science and Technology**, Dublin, Ireland, p.181-182, 2006.

ORLANDO, U.A.D., OLIVEIRA, R.F.M., DONZELE, J.L. Níveis de proteína bruta da ração para leitoas dos 30 aos 60 Kg mantidas em ambiente de conforto térmico (21°C). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1760-1766, 2001.

PAUL, E.S., HARDING, E.J., MENDEL, M. Measuring emotion processes in animals: the utility of a cognitive approach. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v.29, p.469-491, 2005.

PARANHOS DA COSTA, M.J.R., DALLA COSTA, O.A., BARBALHO, P.C., BIAGIOTTI, D., CIOCCA, J.R.P. NAVES, J.E.G., QUINTILLANO, M.H., NAVES, G., SILVEIRA, I.D.B. The transport of farm animals in Brazil: first report. Technical Report, 44 p., 2007.

PARANHOS DA COSTA, M.J.R., HUERTAS, S.M., GALLO, C., DALLA COSTA, O.A. Strategies to promote farm animal welfare in Latin America and their effects on carcass and meat quality traits. **Meat Science**, v.92, p.221-226, 2012.

PATIENCE, J.F.; UMBOH, J.F.; CHAPLIN, R.K.; NYACHOTI, C.M. Nutritional and physiological responses of growing pigs exposed to a diurnal pattern of heat stress. **Livestock Production Science**, v.96, p.205-214, 2005.

PATTERSON, R.L.S. 5-androst-16-ene-3-one: compound responsible for taint in boar fat. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.19, p.31-37, 1968.

PEDERSEN, S., RAVN, P. Characteristics of slatted floors in pig pens, friction, shock absorption, ammonia emission and heat conduction. **Agricultural Engineering International**, v.8, p.1-16, 2008.

PETRONI, R., BÜRGER, K.P., GONÇALEZ, P.O, ROSSI, G.A.M., VIDAL-MARTINS, A.M.C., AGUILAR, C.E.G. Ocorrência de contusões em carcaças bovinas em frigorífico. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.3, p.478-484, 2013.

PURCHAS, R.W., YAN, X., HARTLEY, D.G. The influence of a period of ageing on the relationship between ultimate pH and shear values of beef *m. longissimus thoracis*. **Meat Science**, v.51, p.135-141, 1999.

QUINIOU, N., NOBLET, J., VAN MILGEN, J., DUBOIS, S. Modelling heat production and energy balance in group-housed growing pigs exposed to cold or hot ambient temperatures. **British Journal of Nutrition**, v.85, p.97-106, 2001.

RAVAGNOLO, O., MISZTAL, I. Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.2126-2130, 2000.

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

RENNER, R.M. **Fatores que afetam o comportamento, transporte, manejo e sacrifício de bovino**, 2005. 87 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Santa Maria, 2005.

ROÇA, R.O. **Modificações post-mortem**, 1999. Disponível em: <http://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/Gestaotecnologia/Teses/Roca105.pdf>. Acesso 10 de novembro de 2015.

RODENBURG, T.B., KOMEN, H., ELLEN, E.D., UITDEHAAG, K.A., VAN ARENDONK, J.A.M. Selection method and early-life history affect behavioural development, feather pecking and cannibalism in laying hens: a review. **Applied Animal Behaviour Science**, v.110, p.217-228, 2008.

ROY, L., KRUEGER, W.C. Cattle Grazing and behavior on forested range. **Journal of Range Management**, v.35, p.332-338, 1982.

RUSHEN, J. Problems associated with the interpretation of physiological data in the assessment of animal-welfare. **Applied Animal Behaviour Science**, v.28, p.381-386, 1991.

RUSHEN, J. Changing concepts of farm animal welfare: bridging the gap between applied and basic research. **Applied Animal Behaviour Science**, v.81, p.199-214, 2003.

SALAK-JOHNSON J. L., A. E. DEDECKER, M. J. HORSMAN, S. L. RODRIGUEZ-ZAS. Space allowance for gestating sows in pens: Behavior and immunity. **Journal of Animal Science**, v.90, p. 3232-3242, 2012.

SAÑUDO, C. Condiciones y técnicas para controlar la calidad del product. In: CAÑEQUE, V., SAÑUDO, C. **Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes**. Madrid. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria de Ministerio de Ciencia y Tecnología, p.17-47, 2000.

SAÑUDO, C., MACIE, E.S., OLLETA, J.L., VILLARROEL, M., PANEA, B., ALBERTI, P. The effects of slaughter weight, breed type and ageing time on beef meat quality using two different texture devices. **Meat Science**, v.66, p.925-932, 2004.

SCHAEFER, A.L., JONES, S.D.M., STANLEY, R.W. The use of electrolyte solutions for reducing transport stress. **Journal of Animal Science**, v.75, p.258-265, 1997.

SCIENTIFIC VETERINARY COMMITTEE. The welfare of intensively kept pigs. Health and consumer protection Directorate-General, European Commission. Disponível em: http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/oldcomm4/out17_en.pdf, 1997.

SEABRA, L.M.J., GONÇALVES, L.A.G., ZAPATA, J.F.F. O papel das enzimas musculares no processo de maturação de carnes. **Higiene Alimentar**, v.15, n.83, p.15-19, 2001.

SELYE, H. The stress concept. **Fifth Annual Report on Stress**, Inc. New York, p.1955-1956, 1935.

SHIMMURA, T., SUZUKI, T., AZUMA, T., HIRAHARA, S., EGUCHI, Y., UETAKE, K., TANAKA, T. Form but not frequency of beak use by hens is changed by housing system. **Applied Animal Behaviour Science**, v.115, p.44-54, 2008.

SILVA, B. A. N., J. NOBLET, J. L. DONZELE, R. F. M. OLIVEIRA, Y. PRIMOT, J. L. GOURDINE, D. RENAudeau. Effects of dietary protein level and amino acid supplementation on performance of mixed-parity lactating sows in a tropical humid climate. **Journal of Animal Science**, v.87, p.4003-4012, 2009.

SOUZA, A.P.O, MOLENTO, C.F.M. O sistema industrial brasileiro apresenta menor grau de bem-estar de frangos de corte? (2014) Boletim Informativo do Sistema FAEP, ano XXVIII, n. 1282, 03 a 09/11/2014, p. 21. Disponível em: <http://issuu.com/sistemafaep/docs/bi1282/0>. Acesso 31 de agosto, 2015.

SPINKA, M. How importante is natural behaviour in animal farming systems? **Applied Animal Behaviour Science**, v.100, p.117-128, 2006.

SPOOLDER, H., GEUDEKE, M.J., VAN DER PEET-SCHWERING, C.M.C., SOEDE, N.M. Group housing of sows in early pregnancy: a review of success and risk factors. **Livestock Science**, v.125, p.1-14, 2009.

STEPS – Melhorando o bem-estar animal no abate. Abate humanitário de bovinos. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arg_editor/Manual%20Bovinos.pdf. Acesso: 16 de novembro de 2015.

STOIER, S., OLSEN, E.V. Classification accuracy for on-line sorting of Danish entire male pigs. Skatole and boar taint, Danish Meat Research Institute, Roskilde, p.179-187, 1998.

STOLBA, A., WOOD-GUSH, D. G. M. **Annales des Recherches Veterinaires**, v.15, p.287, 1984.

STOOKEY, J.M., WATTS, J.M. Low stress restraint, handling and weaning of cattle. In: GRANDIN, T. **Livestock Handling and Transport**, 2 ed, CABI, Oxfordshire, UK, p.65-76, 2007.

STOTT, G.H. What is Animal Stress and How is it Measured? **Journal of Animal Science**, v.52, n.1, 1981.

ST-PIERRE, N.R., B. COBANOV, AND G. SCHNITKEY. Economic losses from heat stress by U.S. livestock industries. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.52-77, 2003.

STRAPPINI, A.C., METZ, J.H.M., GALLO, C. B. e KEMP, B. Origin and assessment of bruises in beef cattle at slaughter. **Animal**, v.3, n.5, p. 728-736, 2009.

STRAW, B.E., ZIMMERMANN, J.J. D'ALLAIRE, S., TAYLOR, D.J. **Disease of Swine**. Blackwell Publishing, Iowa, 2006.

SWANSON, J.C. Beef cattle welfare and pre-slaughter handling in beef packing plants. In: VIII Simpósio de Produção de Gado de Corte, p.143 -158, 2006.

TARRANT, P.V. The effects of handling, transport, slaughter and shilling on meat quality and yield in pigs – a review. **Irish Journal of Food Science and Technology**, v.13, p.70-107, 1989.

TARRANT, P.V. Transportation of cattle by road. **Applied Animal Behaviour Science**, v.28, p.153-170, 1990.

TARRANT, P.V., KENNY, F.J., HARRINGTON, D. MURPHY, M. Long distance transportation of steers to slaughter: effect of stocking density on physiology, behavior and carcass quality. **Livestock Production Science**, v.30, p.223-238, 1992.

TEMPLE, D., COURBOULAY, V., VELARDE, A., DALMAU, A., MANTECA, X. The welfare of growing pigs in five different production systems in France and Spain: assessment of health. **Animal Welfare**, v.21, p.257-271, 2012.

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

TOMPSON, D.L. Immunization against GnRH in male species (comparative aspects). **Animal Reproduction Science**, v.60, p.459-469, 2000.

TRUNKFIELD, H.R., BROOM, D.M., MAATJE, K., WIERENGA, H.K., LAMBOOY, E., KOOIJMAN, J. Effects of housing on responses of veal calves to handling and transport. **Applied Animal Behaviour Science - Conference**, v.52, 1991.

VAN PUTTEN, G., ELSHOF, W.J. Observations on the effect of transport on the well-being and lean quality of slaughter pigs. **Animal Regulations Study**, v.1, p.247-271, 1978.

VAZ, V.M.J. Reproductive response of dairy cows to increased body temperature at the time of insemination. PhD Tesis, University of Arizona, Tucson, 1977.

VEISSIER, I. e BOISSY, A. Stress and welfare: Two complementary concepts that are intrinsically related to the animal's point of view. **Physiology & Behavior**, v.92, p.429-433, 2007.

VELARDE, A. e DALMAU, A. Animal welfare assessment at slaughter in Europe: moving from inputs to outputs. **Meat Science**, v. 92, n. 3, p. 244-251, 2012.

VILJOEN, H.F., DE KOCK, H.L., WEBB, E.C. Consumer acceptability of dark, firm and dry (DFD) and normal pH beef steaks. **Meat Science**, v.61, p. 181-185, 2002.

VILLARROEL, M., MARIA, G. A., SIERRA, I., SAIÑUDO, C., GÁRCIA-BELLENGUER, S., GEBRESENBET, G. Critical points in the transport of cattle to slaughter in Spain that may compromise the animals' welfare. **Veterinary Record**, v.149, pág. 173-176, 2001.

WAIBLINGER, S., KNIERIM, U., WINCKLER, C. The development of an epidemiologically based on-farm welfare assessment system for use with dairy cows. **Acta Agriculturae Scandinavica**, Section A – Animal Science, v.51, p.73-77, 2001.

WALSTRA, P., MAARSE, H. Investigation into sex odour of entire male pigs. IVO-Rapport C-147, p.30, 1970.

WARRISS, P.D., BEVIS, E.A., BROWN, S.N, EDWARDS, J.E. Longer journeys to processing plants are associated with higher mortality in broiler chickens. **British Poultry Science**, v.33 n.1, p.201-206, 1992.

WARRISS, P.D., BROWN, S.N., KNOWLES, T.G., KESTIN, S.C., EDWARDS, J.E., DOLAN, S.K., PHILLIPS, A.J. Effects on cattle of transport by road for up to 15 hours. **The Veterinary Record**, v. 136, n.13, p.319-323, 1995.

WARRISS, P.D., BROWN, S.N., KNOWLES, T.G., EDWARDS, J.E., KETTLEWELL, P.J., GUISE, H.J. The effect of stocking density in transit on the carcass quality and welfare of slaughter pigs: 2. Results from the analysis of blood and meat samples. **Meat Science**, v.50, p.447–456, 1998.

WEBSTER, A.J.F., MAIN, D.C.J., WHAY, H.R. Welfare assessment: indices from clinical observation. **Animal Welfare**, v.13, p.93-98, 2004.

WETTEMANN, R.P., BAZER, F.W. Influence of environmental temperature on prolificacy of pigs. **Journal of Reproduction and Fertility**, v. 33, p. 199-208, 1985.

WHAY, H.R., MAIN, D.C.J., GREEN, L.E., WEBSTER, A.J.F. Animal-based measures for the assessment of welfare state of dairy cattle, pigs and laying hens: consensus of expert opinion. **Animal Welfare**, v.12, n.2, p. 205-217, 2003a.

WHAY, H.R., MAIN, D.C.J., GREEN, L.E., WEBSTER, A.J.F. Assessment of welfare of dairy cattle using animal-based measurements: direct observations and investigation of farm records. **Veterinary Record**, v.153, p.197-202, 2003b.

WHEELER, T.L., CUNDIFF, L.V., KOCH, R.M., CROUSE, R.D. Characterisation of biological types of cattle (cycle IV): Carcass traits and longissimus palatability. **Journal of Animal Science**, v.74, p.1023-1035, 1996.

WILTBANK, J.N., ROWDEN, W.W., INGALLS, J.E., GREGORY, K.E., KOCH, R.M. Effect of energy level on reproductive phenomena of mature Hereford cows. **Journal of Animal Science**, v.2, p.219, 1962.

WIRTH, F. Technologie der Verarbeitung von Fleisch mit abweichender Beschaffenheit. **Fleischwirtschaft**, v.65, p.998-1011, 1985.

WOLFORD, J.H., RINGER, R.K. Adrenal weight, adrenal ascorbic acid, adrenal cholesterol and differential leucocyte counts as physiological indicators of "stressor" agents in laying hens. **Poultry Science**, v.41, n.5, p.1521-1529, 1962.

WYTHES, J.R., KAUS, R.K., NEWMAN, G.A. Bruising in beef cattle slaughtered at an abattoir in southern Queensland. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.25, n.4, p.727-733, 1985.

WULF, D.M., EMNETT, R.S., LEHESKA, J.M., MOELLER, S.J. Relationships among glycolytic potential, dark-cutting (dark, firm and dry) beef, and cooked beef palatability. **Journal of Animal Science**, v.80, p.1895-1903, 2002.

WUNDER, C.C. **Space Biology**, Philadelphia, 1966.

YOUSEF, M.K. Stress physiology : definition and terminology. In: YOUSEF, M.K. (Ed.) **Stress Physiology in Livestock**, CRC Press, p.205, 1985.

ZAMARATSKAIA, G., BABOL, J., ANDERSSON, H., LUNDSTROM, K. Plasma skatole and androstenone levels in entire male pigs and relationship between boar taint compounds, sex steroids and thyroxine at various ages. **Livestock Production Science**, v.87, p.91-98, 2004.

Capítulo 2

Risk factors influencing bruising, high muscle pH and cattle welfare in Brazilian carcasses due to transport and pre-slaughter handling

Abstract - The aim of this study was investigate pre-slaughter risk factors as possible causes of bruising and high meat pH at two commercial slaughterhouses (S1 and S2) in Brazil. Data were recorded for 27,661 animals, using 15 pre-slaughter variables. For transport, the type of vehicle, journey duration and road condition were assessed. For unloading, the time spent in the queue to unload the animals, number of animals lying in the truck, back and lateral hits at the truck's door, frequency of animals that fell down and were electric prodded were evaluated. During handling procedures the frequencies of animals that fell down, that were hit by the gate, that were electric prodded and the occurrence (yes or no) of injured and trampled animals in the lot, and the number of animals per handling group were measured. Frequency and location of bruises in the carcasses and meat pH were assessed, as well the animal's categories. Our results indicated a high percentage of carcass with at least one bruise (64.14% [S1] and 72.16% [S2]) and a high percentage of meat pH greater than 5.8 (17.67% [S1] and 20.30% [S2]). Cows were the category with higher number of bruises. Double decker was the type of vehicle with high risk of bruises. Animals transported for long journeys (up to 5 hours) and in poor road conditions had higher number of bruises too. During the unloading and driving procedure falls had a clear effect in bruises, and electric prod use had an effect in meat pH ($p < 0.05$). Number of animals per handling group also affected meat pH ($p < 0.03$). We concluded that bruises and high meat pH had multifactorial causes and were common conditions at these Brazilian abattoirs.

1. Introduction

Pre-slaughter handling procedures have been identified as one of the prime factors that compromise animal welfare (Ndou et al., 2011) and meat quality (Gregory, 2007), and can impose a severe stress on the animals during the various stages up to the time the animal is killed (Grandin, 1997; Fazio and Ferlazzo, 2003; Ljungberg et al., 2007; Probst et al., 2012).

Pre-slaughter handling involves a complex series of operations (loading, transport, unloading, lairage, handling and stunning) that expose the animals to unfamiliar environments with several challenging stimuli, increasing the risk of fear, fasting, dehydration, fatigue, physical and psychological injuries, which directly affect cattle welfare (Fergusson and Warner, 2008). The duration of some of these procedures are relatively short, but pose potential risks that create critical situations in the overall

process (Grandin, 2004). Poor handling practices during this phase can ruin efforts made by producers during much longer periods of growth and fattening at producing an unblemished product (Villarroel et al., 2001) and can severely compromise the final product quality (Warriss et al., 1995) from losses linked to bruises, meat pH, colour, water holding capacity, shelf-life and technological yield (Dalmau et al., 2009).

Although several reviews on cattle pre-slaughter handling have been published (Grandin, 1983, 1997, 1998, 2000; Warriss, 1990; Swanson and Morrow-Tesch, 2001; Ferguson and Warner, 2008) less attention has been given to identifying the critical points and risk factors associated with the quality and yield problems (Villarroel, 2001). In South America pre-slaughter handling has received limited attention (Gallo, 2007; Paranhos da Costa, 2012), and specifically in Brazil there have been just ten papers published on the subject (Paranhos da Costa, 1998; Ferreira et al., 2004; Civieira et al., 2006; Dario, 2008; Andrade et al., 2008 and 2009; Nascimento et al., 2009, Bertoloni et al., 2012; Petroni et al., 2013; Silva et al., 2015), and none of them involved large numbers of animals. This is surprising considering the size of the Brazilian beef industry, which slaughters about 33 million head per year and exports over 2,280,000 ton of beef (IBGE, 2015; Ferraz and Felício, 2010).

This paper examined animal and environmental factors that could be relevant to the relationships between pre-slaughter handling, meat quality and meat wastage from bruising at two large but representative slaughterhouses located in the southwest region of Brazilian, where most of the country's slaughterhouse plants are concentrated (BRAZIL, 2008). The overall aim was to investigate the pre-slaughter risk factors as possible causes of bruising and high meat pH in cattle.

2. Material and Methods

2.1. Slaughterhouses characterization

The study was carried out at two commercial slaughterhouses (S1 and S2) in southwest Brazil. Slaughterhouse 1 (S1), had a slaughter capacity of 100 to 120 animals per hour (700 animals per day, on average). The plant operated between 06:00 AM until 5:00 PM. The S1 deliveries were mostly made by own trucks, driven by the

company's own staff. Unloading was performed by lairage staff with some help from the truck drivers. All handling areas had concrete floors with non-slip steps. The S1 employees (drivers and handlers) received a bonus for complying with animal welfare rules.

Slaughterhouse 2 (S2) had a slaughter capacity of 100 to 120 animals per hour (800 animals per day). This plant operated between 5:00 AM to 5:00 PM. Unlike S1, at S2 the stock deliveries were mostly made by a carrier company. Unloading was usually carried out by the truck drivers, and the slaughterhouse employees just handled the animals from the unloading ramp to the lairage pens. The unloading area had a concrete floor with a grid pattern in top, and the other handling areas had rough concrete. The employees did not receive any additional compensation for complying with the animal welfare practices.

The two slaughterhouses were under Federal Inspection Service (SIF), from the Brazilian Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply (MAPA), following the guidelines of Department of Animal Products Inspection (DIPOA), and also under inspection on humane slaughter regulation by the Normative Instruction number 3 (Brazil, 2000). The two slaughterhouses had export licences.

2.2. Data collection

Data was collected from September 2010 to December 2011. The researchers' visits to the plants were announced and scheduled several weeks before. All the observers (four in total) had undergone previous training at the two plants in order to standardize the methods and become familiar with the handling routines. An inter-observer reliability, which refers to agreement between the four observes after they have received reasonable training, and an intra-observer reliability, which requires that results are largely the same when the same observer repeats assessments, were done comparing the same data recorded by all observers.

Thirty seven days of observations were made in S1 and forty seven days in S2, consisting of 2-day periods during alternate weeks at each slaughterhouse, giving a total of 27,661 cattle evaluated (S1= 4,763 and S2= 22,898). The animals evaluated were predominantly *Bos indicus* and Nellore cross cattle, with 256 ± 47 kg average hot

carcass weight. The absolute and relative numbers of cattle slaughtered according to the animals' categories are presented in Table 1 for both slaughterhouses.

Table 1. Absolute (n) and relative (%) numbers of cattle slaughtered according to the animal categories in slaughterhouses 1 and 2.

Animal categories	S1		S2	
	n	%	n	%
Male	2,213	46.4	13,794	60.2
Castrated male	1,012	21.2	2,586	11.29
Bull (more than 5 years)	61	1.2	116	0.5
Heifer	357	7.5	1,936	8.4
Cow	734	15.4	2,805	12.2
Missing data	386	8.1	1,661	7.2
Total	4,763	100	22,898	100

2.3. Pre-slaughter handling

2.3.1. Transport assessment

The vehicles used for transporting the cattle were classified according to their types (Table 2). The drivers were interviewed to define the road conditions (bad, regular or good), number of stops made along the journey and journey duration (from the farm to the slaughterhouse). Besides the interview, a sub-set of 33 aleatory trucks were monitored during the entire journey from farm to slaughterhouse by using a handheld navigation GPS (Garmin e-trex®30), in order to check the reliability of interview information. We reached only 10.97% of disagreement, leading us to assume that the interview data was trustable. If all the animals from one particular truck could not be traced for the whole procedure, the animals transported in this truck were not included in the data analysis.

Table 2. Description of the vehicles assessed in this study.

Type of vehicle	Description	Slaughterhouse (number of journeys)	Number of animals transported (% of total)
T1 	Not articulated truck, with three axles and one deck. This vehicle has capacity to transport around 18 ($\pm$ 3) cattle. It is the most common vehicle used for cattle transport in Brazil.	S1 (33 journeys) S2 (1076 journeys)	16,701 (70.45%)
T2 	Not articulated truck with two axles and one deck. This vehicle has capacity to transport around 10 ($\pm$ 4) cattle. It is used only by small farms.	S1 (5 journeys) S2 (7 journeys)	106 (0.76%)
T3 	Articulated single trailer truck, with three axles and one deck. This vehicle has capacity to transport 22 ($\pm$ 4) cattle, on average.	S2 (67 journeys)	1,418 (4.25%)
T4 	Articulated single trailer truck, with three axles and one deck. It has the capacity to transport 21 ($\pm$ 4) animals, on average. This vehicle differs from T3 only in the entry/exit door design, T3 (and all others) had a guillotine door, and this (T4) a sliding door.	S1 (86 journeys)	1,780 (5.46%)
T5 	Articulated double trailer truck, with four axles and one deck. This vehicle has capacity to transport around 36 ($\pm$ 7) animals.	S2 (183 journeys)	5,226 (13.39%)
T6 	Articulated single trailer truck, with two decks and five axles. It has the capacity to transport 39 ($\pm$ 8) animals, on average.	S1 (67 journeys)	2,334 (7.15%)

2.3.2. Unloading assessment

Unloading assessment was carried out just after each truck arrived in the slaughterhouse. A total of 1,130 unloading procedures (S1 = 204 and S2 = 926) were assessed, recording: a) The number of animals lying inside the truck compartments, describing if the animals were in ventral or lateral recumbency; b) occurrence of mixing different categories of animals in the same compartment (e.g. mixing heifers with cows or bulls with castrated / non-castrated males); c) the time to unload the animals, from the time between arrival of each truck at the slaughterhouse facilities until to start of the unloading procedure; d) number of animals that fell down (considering a fall as when any part of the cattle's body touches the ground, except the hooves); e) animals electric prodded during the unloading procedures (yes or no); and f) number of animals that hit the lateral or back parts of their bodies on the trucks doors. These measurements were carried out for all animals unloaded each time, no individual records were taken, the total number of events was then divided by the total number of animals transported in the each truck, generating a percentage of each event per unloading procedure.

2.3.3. Pre-stunning handling assessment

Pre-stunning handling was assessed for groups, without mixing any animals from different pens, in the lairage. The number of animals per handling group was decided by the lairage person in charge of driving the animals. The size of a handling group was classified into three categories: small = less than 35 animals; regular = from 35 to 70 animals; and large groups = more than 70 animals driven at the same time. A total of 153 animal handling groups were assessed in S1, and 483 in S2. At the end of each assessment we calculated the percentage of each event occurrence per individual.

The recording of the animals during driving up to the slaughterpoint started when the first animal in a handling group entered the sprinkler area and finished when the last animal of the group entered the stunning box. The features that were examined were : a) animals hit by a gate, by recording when the handler forced the gate against the animal's body; b) frequency of animals electric prodded, defined by the contact of

the electric prod with any part of the animals' bodies; c) frequency of animals falling down, when any part of the cattle body touched the ground, excluding the hooves; d) frequency of trampling, defined by the number of animals that were trampled by other animals after falling down. The number of animals injured (presenting any type of open wound) and the need for emergency slaughter (when the animals were stunned in the lairage) were also recorded. Emergency slaughter usually occurred in cases of fractures, inability to walk or severe compromise of gait from a serious injury.

2.4. Bruise assessment

The bruises assessment was carried out in the slaughter line, just after skinning. Bruises were defined as a tissue injury with rupture of vascular supply and accumulation of blood and serum (Hoffman et al., 1998), and normally developed after a blow or an impact by an object, strong enough to damage the tissues and disrupt the blood vessels (Barciak et al., 2003). The bruises were visually scored, recording their anatomical location, considering four regions: forequarter (A), back (B), rib (C), and butt (D), as illustrated in the Figure 1. The bruise colours were also classified, recording the fresh bruise (new), represented by those with bright red colour or bleeding bruises, and an old bruise, represented by those with dark red, brown or yellow colours.

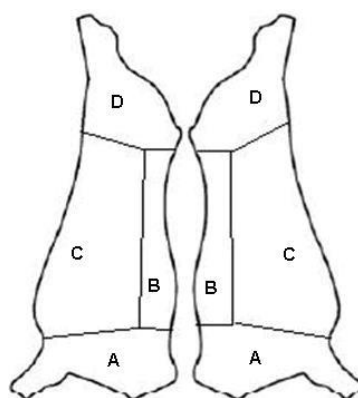


Figure 1. Carcass scheme with the anatomical regions assessed for bruises. A=forequarter, B=back, C= rib and D=butt.

2.5. Meat pH measurement

Meat pH was measured in the *Longissimus dorsi* muscle, between the 12th and 13th rib, 24 h *post-mortem*, on both sides of the carcass, calculating the pH mean for each carcass. The pH meter (DM 22, Digimed, São Paulo, Brazil) used in this study was provided by the slaughterhouses and was calibrated with the standard instrument of the company that was inspected previously by an official organ (INMETRO) and certified by official government organ (Brazil, 2005).

2.6. Statistical analysis

All statistical analyses performed in this study were carried out using Statistical Analysis Software (SAS Institute Inc., Cary, NC, version 9.2) and a probability level of $P < 0.05$ was chosen as a limit for statistical significance in all tests. Descriptive analysis of carcasses with bruises and pH₂₄ greater than 5.8 and 6.0 were analysed by PROC FREQ.

The effect of animal category (castrated male, non-castrated male, bulls, heifers and cows) on the pre-slaughter handling measures, bruises and pH₂₄ was performed using PROC MIXED for response variables with normal distribution (meat pH, journey duration, time to unload the animals) and PROC GENMOD for variables with negative binomial (number of stops during the journeys) or Poisson distribution (total number of bruises, number of new bruises, number of animals lying in the truck, number of animals that fell down during unloading, back and lateral hit at the truck door, numbers of animals that fell down, hit by gates and electric prodded during driving). The variables in percentage were included on PROC GENMOD analysis.

To test the risk of bruises and high pH₂₄, all variables measured during pre-slaughter handling were classified into categories according the quartile distribution, and the effect of each category tested with PROC MIXED with normal distribution for pH₂₄ and PROC GENMOD with Poisson distribution for bruises, with a linear model fitted.

A chi-square test was used to study the difference between the variables measured as percentages (road conditions, lot electric prodded during unloading,

emergency slaughter, number of animals per handling group, and occurrence of trampled and injured animals).

3. Results and Discussion

3.1. Bruise assessment

We observed 55,329 bruises in 27,661 carcasses, which means an average of two bruises per carcass, most of them (51.21%) with a new appearance (bright red colour or bleeding). Carcasses without bruises represented just 29.21% of the data recorded; however carcasses that had at least one bruise comprised 70.78% of the whole data setting (with 7.54% having grave bruises - with more than five bruises in the same carcass, and the other ones with one to five bruises - 63.24%). By anatomical region of the carcass, we found that most of the bruises were in the rib region (39.30%), followed by butt (33.83%), forequarter (14.45%) and back (12.39%).

The incidence of carcass bruises can be a good indicator for evaluating the bad health condition of animals during pre-slaughter handling, since the presence of bruises indicate failure in management and in addition to welfare problems, they also represent economic losses to producers, industry and consumers (Grandin, 1998).

A few researchers have sought examined the economic consequences of bruises in cattle carcass in Brazil. Ferreira et al. (2010) using data provided by one slaughterhouse in Araguaína, a Brazilian municipal district located in Tocantins state, calculated that the economic losses from bruises are around R\$ 116,550.00, which means 11.92% of meat losses in this slaughterhouse.

Bertoloni et al. (2012) estimated the bruising incidence in Mato Grosso state using 3,415 Nelore cattle and found that 60% of carcass had at least one significant bruise that had to be removed from the carcass by trimming. Another study, by Andrade et al. (2008), in a specific region of Brazil, called Pantanal, where the animals were transported by river showed that 84.3% of 121 cattle carcass had at least one bruise, with 46,36% of the meat discarded. Also Andrade and collaborators in 2009 using cattle providing by seven different Pantanal regions found that 88.5% of 209 cattle assessed were bruised, with losses of 0.460 Kg of meat per animal. Similarly, Cívieira et al. (2006) found an average of 2 to 4 bruises in 384 cattle evaluated in one

slaughterhouse in Rio Grande do Sul state with the rib as the main carcass region affected, and Nascimento et al. (2011) showed that 66% of the carcasses in Pará state were bruised.

Southwest Brazil has few reports on the incidence of cattle bruises, with only four published papers. First, in a survey done by Paranhos da Costa et al., (1998) during a beef quality control program for the Fund for the Development of Livestock in the State of São Paulo (Fundeppec), found that 50% of the animals evaluated had at least one bruise; secondly Dario (2008) reported that 66% of 3,112 carcasses were bruised in the municipal district of Bauru, state of São Paulo, with the butt the most affected region (80.9%), third in Minas Gerais State, Andrade and Coelho (2011) found an even higher percentage of carcasses bruises (92.1%) and finally Petroni et al. (2013) showed that on average 3.37 bruises were present per carcass in 898 animals evaluated in central region of São Paulo state.

In the present study, the region (including only Minas Gerais and São Paulo states) is responsible for 19.46% of the slaughter performed in Brazil (IBGE, 2015).

Comparing our results with other Latin America countries, we found that the our incidence of bruises (70.78%) was higher than that found by Romero et al. (2013) in Colombia (37.5%), by Strappini et al. (2010) in Chile (20.8%) and with those reported by Huertas et al. (2010) in Uruguay (60.0%). However, each of these papers had their own unique features which could have influenced the amount of bruising: the mean transport time in Colombia was just 1.97 h; in Chile 60% of the animals were sold through a livestock market before arrival at the slaughterhouse and in Uruguay the type of animal used was Hereford, Angus and their crosses distinguishing them from the *Bos indicus* reported in this paper.

If we assume that each bruise in our study resulted in an average removal of 500 to 600 grams (Marshall 1976; McNally and Warris, 1996) or even 1Kg of meat per lesion per animal as suggested by Huertas et al., (2003), we are talking about great economic loss for the beef production chain in Brazil, and in general, we can say that the Brazilian industry produces carcasses with a relatively high frequency of bruises (Paranhos da Costa et al., 2012), imposing greater meat losses, in addition to the welfare problems that are intimately associated with those bruises.

In Brazil, cattle bruises have greater economic importance because Brazil supplies higher priced markets (Gallo and Huertas, 2015). Based on this, quantifying the bruising losses becomes a more important research strategy as well as the critical animal welfare considerations.

In relation to the location of bruises, our results pointed out that the rib region followed by butt had the higher bruising frequencies. The rib zone is a very popular cut among Brazilian people and 39.30% of bruises in this region imply a great disservice to local consumers and stakeholders. The butt zone had 33.83% of the carcass bruises. The butt is the most valuable region and this high percentage had a high impact on losses from an economic point of view. In Brazil the slaughterhouses pay the producers only after trimmed meat has been removed, and this increases the economic losses.

Petroni, et al. (2013) found for Brazilian animals that the most common regions affected were firstly the butt followed by the ribs. Comparing with Latin America the butt region was also the one with the highest number of bruises according to Huertas et al. (2003), Romero et al. (2013), and to Hoffman et al. (2012) in Namibia.

The variation in the results between authors may be due to different production systems and/or different methodologies for the diagnosing and recording bruises (Huertas et al., 2015). The high percentage of rib bruises found in our study may have been due to the fact that we didn't separate the rib into more specific regions like the studies cited above, and we didn't using rump-loin and hip as separate regions. The author's opted to use just the four subdivided anatomical regions of the carcass, since in Brazilian federal slaughterhouses which have high-speed of slaughter lines, this bruise assessment protocol could be applied easily in the future as an official way of assessing this aspect of animal welfare at each slaughterhouse.

3.2. Meat pH assessment

Our results showed that around 20.25% of the carcasses presented meat pH₂₄ values higher than 5.8. Carcasses with pH₂₄ lower than 5.8 were classed as normal quality, and represented the highest proportion of the carcasses evaluated (79.75%).

The importance of pH measurement centres around the depletion of glycogen in muscle, which depends on physical exhaustion and psychological stress during the pre-slaughter process (Nockels et al., 1996; Immonen and Puolanne, 2000), resulting in high pH values *post mortem*, normally after 24 hours (Kannan et al., 2002), which is not ideal for muscle conversion into meat (Purchas et al., 1999).

High meat pH is undesirable because of its dark colour (Bartos et al., 1993, Kreikemeier et al., 1998 and Mounier et al., 2006), high variation in tenderness (Silva et al., 1999), increased water holding capacity (Apple et al., 2005; Zhang et al., 2006) and poor palatability (Viljoen et al., 2002; Wulf et al., 2002). High pH also promotes growth of proteolytic microorganisms which leads to the development of off-odours, often slime formation and reduction of meat shelf life (Gallo et al., 2003 and Gardner et al., 2001).

Beef with pH₂₄ values higher than 5.8 was classed as devalued in terms of meat quality, in accordance with previous studies (Viljoen et al., 2002; Mach, et al., 2008) and it is also a limit in the meat export trade from Brazil. The European Union, for example only imports Brazilian cattle meat when the pH is below 5.8, and 60% of Brazilian cattle exports are for the European Union, involving about US\$ 6 billions (ABIEC, 2015).

Comparing our percentage of meat pH₂₄ greater than 5.8 with Latin American Countries' we found that Brazil has lower values than Romero et al. (2013) who obtained 37.3% for this conditions in Colombia and higher than Strappini et al.(2010) in Chile, where 19.6% of the carcasses presented pH values similar or equal to 5.8 to 6.0.

However, comparing with U.S.A. and European countries we genuinely had high percentages, as Kreikemeier and Unruch (1993) found just 1.7% in U.S.A.; Mounier et al. (2006) with 4.02% in France and Mach et al. (2008) with 13.89% in Spain.

Several factors influence the post mortem pH decrease, including genetic constitution of the animal, different metabolic factors (Pipek et al., 2003), pre-slaughter handling (Lambooi et al., 2012), facilities design and also the attitude and competence of handlers (Grandin, 2013). This makes it complicated when comparing different countries; but this kind of comparison give us a useful overview of the Brazilian situation in the international meat market.

3.3. Animal categories

The cows were the animal category that had the most bruises, and they also had a high percentage of carcass with grave bruises (when the same carcass had more than 5 bruises) (Table 3 and 4).

Cows are often discarded or culled animals often with low body score, which according to Weeks et al. (2002) increases the bruising risk because of the fragile physical constitution, wherein those differences were related to fat thickness and fat cover. This was corroborated by Grandin (1998) and Hoffman and Luhl (2012), in conjunction with devalued meat quality.

Cows also were the category that received high percentages of electric shocks during pre-stunning handling, accompanying castrated males (Table 3), where cows received a minimum of two electric shocks between the sprinkler shower area and the stunning box.

The electric goad was used routinely during pre-stunning handling in some Latin America countries and was used more frequently if cattle were reluctant to move forward as in the cow category. According to Grandin (2013) electric prod use is only allowed in exceptional cases to induce resistant cattle to move and should not be the first resource used by the stockperson. The high shocks frequencies in this category and in some of the others indicate a negligent act by the slaughterhouses (Table 3).

Bull had high meat pH values and high percentage number of devalued and DFD carcasses, being statistically different from castrated males and heifers in terms of DFD (Table 3 and 4). In Brazil, as bulls are normally animals with high age and high weight, it is reasonable to think that these factors may be influencing the properties and structure of muscle and meat physiology as shown in meat quality studies (Mojan Raj and Moss, 1992; Weeks et al., 2002; Sañudo et. al., 2004).

Presence of bulls in the truck was linked with more animals lying down inside the truck at arrival, and with more falls during unloading and high means for back hits at the truck's doorway (Table 3).

Bulls are reactive animals with more aggressiveness in instable situations, (Mounier et al., 2006), which could destabilize the other animals in the truck increasing the number of animals that fall down (Knowles, 1999). Nanni et al. (2006), in their

study of bull behavior during pre-slaughter phases mentioned that the sum of events such as slips, falls, reversal and baulking reached more than 50% of the total aversive events all of which may increase the possibility of generating bruises. Bulls are also relatively tall animals, measuring on average 136.06 ($\pm$ 5.04) cm posterior height for Nellore breed (Yokoo et al., 2007) and with an additional height at the hump, which could influence the high number of back hit events found during unloading.

However, for lateral hits at the truck doors, heifers stand out, being the category with high means for lateral hits (Table 5). Heifers in general are reactive animals (Strappini et al., 2010) with high flight speed in temperament tests, compared with males (Fordyce et al., 1985). From the point of view that the truck journey in general is an aversive stimulus for the animal (Dalla Costa et al., 2007), it is reasonable to think that heifers will increase their flight speed during unloading and as consequence have an increased risk of lateral hits.

Castrated males were the category of animal that were transported over long hours (Table 3). There are specific markets interested on castrated animals, once this condition alters the animal growth rate and carcass characteristics, due the modification of hormonal status (Hunt et al., 1991), such as protein and fat proportions (Gariépy et al., 1999). Therefore, to achieve this specific market, the slaughterhouses have to buy animals in specific farms, with probably increase the journey time, because the irregularly distribution of these in Brazil.

Table 3. Least square means and standard errors for number of bruises (total), meat pH, transport, unloading and driving variables by each animal category.

		Category									
		NCM		CM		Bulls		Heifers		Cows	
		μ	SE	μ	SE	μ	SE	μ	SE	μ	SE
Bruises	Total (n)	1.48 ^d	0.01	2.38 ^c	0.04	2.58 ^{bc}	0.19	2.76 ^b	0.04	3.87 ^a	0.04
pH	pH (n)	5.76 ^a	0.001	5.73 ^b	0.002	5.77 ^a	0.01	5.74 ^b	0.002	5.73 ^b	0.002
Transport	Journey duration (h)	3.71 ^c	0.03	5.85 ^a	0.13	2.49 ^d	0.15	3.42 ^c	0.06	3.85 ^b	0.05
	Journey stops (n)	3.38 ^c	0.02	4.49 ^a	0.09	2.52 ^d	0.15	3.35 ^c	0.04	3.81 ^b	0.05
Unloading	Wait for unloading (h)	0.53 ^a	0.005	0.50 ^b	0.008	0.57 ^{ab}	0.02	0.51 ^{ab}	0.01	0.48 ^b	0.009
	Lay animals (n)	3.19 ^c	0.06	4.22 ^b	0.16	4.65 ^a	0.60	1.78 ^e	0.10	3.15 ^{cd}	0.11
	Falls (n)	1.74 ^d	0.03	2.57 ^b	0.08	2.88 ^a	0.37	1.36 ^e	0.06	2.42 ^c	0.07
	Back hit in truck's door (n)	3.08 ^b	0.07	1.93 ^d	0.07	9.89 ^a	1.37	1.08 ^e	0.08	2.06 ^c	0.08
	Lateral hit in truck's door (n)	14.66 ^c	0.12	15.97 ^b	0.24	12.97 ^d	1.24	16.62 ^a	0.33	13.46 ^d	0.26
Handling	Gate hits (n)	0.051 ^b	0.0005	0.073 ^a	0.001	0.071 ^{abc}	0.008	0.039 ^c	0.001	0.059 ^{ab}	0.001
	Falls (n)	0.023 ^b	0.0003	0.042 ^a	0.001	0.042 ^{ab}	0.005	0.040 ^a	0.001	0.047 ^a	0.001
	Electric prod use (n)	2.19 ^a	0.01	1.85 ^b	0.02	1.85 ^b	0.10	1.88 ^b	0.01	2.13 ^a	0.01

Within line superscripts different letters indicate significant differences between the categories, at $p < 0.05$, μ - average, SE – standard error, NCM – non-castrated males, CM – castrated males.

Table 4. Percentages of animals with more than 5 bruises, devalued meat pH and DFD, unloading and driving procedures by each animal category, with $p < 0.05$ of significance.

	AW indicators	Category				
		NCM	CM	Bulls	Heifers	Cows
Bruises	More than 5 bruises	3.45 ^c	10.14 ^b	15.25 ^a	10.34 ^b	22.00 ^a
Meat pH	DFD (≥ 6.0)	0.34 ^{ab}	0.17 ^b	1.13 ^a	0.09 ^{bc}	0.42 ^a
	Devalued meat (pH ≥ 5.8 and < 6.0)	23.56 ^a	21.90 ^{ab}	28.25 ^a	23.24 ^a	20.19 ^b
Unloading	Electric prod use	19.06 ^b	30.03 ^a	27.74 ^a	10.84 ^c	29.99 ^a
Driving	Small group size	19.00 ^a	35.97 ^b	61.54 ^c	44.75 ^d	54.79 ^c

Within line superscripts different letters indicate significant differences between the categories, at $p < 0.05$, NCM – non-castrated males, CM – castrated males.

3.4. Pre-slaughter factors influencing bruises and pH₂₄

3.4.1. Transport

Within the type of vehicles analysed, T2 was the truck with highest total bruise values (Table 5). As previously indicated (Table 1), this type of truck, is a small vehicle transporting a selected group: e.g. discard/cull animals from small farms. Hoffman and Luhl (2012) mentioned that animals considered as discards had up to 83% of the carcasses condemned for the presence of bruises.

Disposal animals tend to have more bruises than the others, as demonstrated by Hoffman (1998) with mature beef cows marketed through livestock auctions conducting first-point testing for brucellosis, especially when transported longer distances (> 325 Km) to slaughter facilities, had a greater number and severity of carcass bruises than cows originating from ranches or livestock auctions not conducting first-point testing, supporting the bruises results found related to type T2.

The other vehicle that stood out with a high total bruise mean was T3. Comparing this type of vehicle with the others for travel time and road condition, T3 was the vehicle that had longer hours transported (5.69 ± 0.15 , $p < 0.05$) and also was the

vehicle that had a high percentage of transport on the worst road conditions (12.62%, $p < 0.04$), which probably increase the bruise risk for this truck category.

In the bruises considered new (bright red colour or bleeding) T5 had the highest mean. T5 type vehicle was considered high for bruise risk by Strappini et al., (2009), because of the inherent physical size of the truck and a large number of animals transported, resulting in disturbance during transport and unloading, which was confirmed in our data with the presence of high number of animals lying in the truck on arrival (4.80 ± 0.16 , $p < 0.05$), falls (2.96 ± 0.07 , $p < 0.05$) and the high number of lateral hits during unloading (10.30 ± 0.15 , $p < 0.05$) for this type of vehicle.

T6 had high means for back hits against the truck's doorway (6.01 ± 0.13 , $p < 0.03$). T6 was a double-decker vehicle with ramps inside which physically decreased the space for the animals. According to Huertas et al. (2010), this type of vehicle devalued the animal welfare conditions and was also correlated with bruises at $r = 4.81$. In our results we didn't find any correlation between T6 and bruises, and we found just the opposite where this vehicle had less bruises (Table 5). However, an interesting feature with this type of vehicle in Brazil is that it mostly performs short distance transport (1.35 ± 0.01 , $p < 0.001$). Associated with this is the slaughterhouse strategies that they prefer to send outsourced vehicles to travel long distances, than use its own fleet, adding to this also was the awareness amongst the slaughter companies that this vehicle had a high risk of bruising and so they did not want to use it on long distance journeys.

Concerning journey duration, animals that were transported for more than 5 hours had significantly more bruises than transporting for shorter times (Table 5), indicating that long journey periods increased the frequency of bruises, as also found in literature (Yeh et al., 1978; Grandin, 1989; McNally and Warriss, 1996; Hoffman et al., 1998; Villarroel et al., 2001 and Gallo et al, 2003).

Hoffman, et al. (1998), found that for each additional hour travelled from 6 hours of transport there was a 0.2 bruise / carcass increases. In our results animals transported for more than two hours began to have more bruises in the carcass (Table 5).

A separate study conducted in Brazil, assessed the blood lactate levels during cattle transport to assess welfare problems during transport in different distances (Batista de

Deus, 1999). They found a high concentration of lactate in distances above 240 Km (more than 3 hours of travelled), indicating a higher stress for the animals, which may lead to an increased number of animals lying down and thus greater incidence of bruising. Our data showed bruising effects shortly before this time, with just two hours of transport.

Animals transported in bad or regular roads conditions in our study also had high bruise mean values (Table 5) and 45.70% of the carcass that had pH over 5.8 were transported in bad or regular road conditions as well. Huertas et al. (2010) also found that bad roads had an important impact on bruises and Ruiz-de-la-Torre et al. (2001), working with lamb transport, found lower pH on smooth roads than on rougher roads.

Table 5. Means ($\pm$ SE) of the total and new bruises per carcass according to the type of truck, journey duration and road conditions.

Variable	Categories	Bruises			
		Total		New	
		μ	SE	μ	SE
Type of truck	T1	2.03 ^a	0.01	1.00 ^b	0.01
	T2	2.17 ^{abc}	0.06	01.53 ^a	0.04
	T3	2.16 ^a	0.03	1.02 ^b	0.02
	T4	1.89 ^c	0.21	0.82 ^b	0.19
	T5	2.10 ^b	0.06	1.36 ^a	0.04
	T6	1.69 ^{ab}	0.04	1.03 ^b	0.03
Journey duration (h)	less than 1 hour	1.79 ^d	0.07	0.93 ^{cd}	0.05
	1 – 2 hours	1.70 ^d	0.02	0.93 ^{de}	0.01
	2.1 – 3 hours	2.19 ^b	0.04	1.19 ^b	0.03
	3.1 – 5 hours	2.05 ^c	0.03	1.00 ^c	0.02
	More than 5 hours	2.48 ^a	0.04	1.37 ^a	0.03
Road conditions	Bad	2.41 ^a	0.05	1.30 ^a	0.04
	Regular	2.32 ^a	0.04	1.30 ^a	0.03
	Good	1.89 ^b	0.02	0.97 ^b	0.01

Within columns superscripts with different letters indicate significant differences between transport variables and bruise and pH parameters, at $p < 0.05$, μ - mean.

3.4.2. Unloading

Our results didn't find a clear effect on bruises from truck waiting time (Table 6), but for pH we found that 26.33% of the carcass that had devalued pH (5.8 to 6.0) waited more than one hour in queues. The time waiting for unloading occurred from the moment a vehicle arrived at the slaughterhouse until unloading, and this is an important parameter to measure as it indicates how long the animals are enclosed in a cargo compartment, while exposed to unfavourable conditions of ventilation, solar irradiation, the possibility of fights and mounting. Stationary trucks pose dehydration and heat stress risk in cattle (Grandin and Gallo, 2007), especially in summer months in Brazil, increasing animal stress and as consequence the pH of meat. According to Broom (2005) these effects could be worst when mixing animals of different origins.

The number of animals lying in the truck had a clear effect on bruises (Table 6) with more than 25% of animals lying down bruises increase ($r=0.18$). Animals that arrive in the slaughterhouse while lying down, could indicate that they had suffered from trampling during the transport, as has been well studied (Strappini et al., 2009; Grandin, 2000; Gregory, 2007) and found to be an important bruise factor. Also the downer animal could destabilize the others causing more animals to lose their footing (Knowles, 1999), worsening the situation inside the cargo compartment.

During unloading, we also found an effect on bruises when animals received electric shocks and when more than 25% of the animals suffered falls (Table 6). Grandin (1991) also found that electric shocks affected bruising, and Knowles (1999) and Gallo et al. (2003) reported high percentage of bruises related to falls. Unloading is a potentially stressful procedure which has an important animal welfare impact and should be taken more into consideration when slaughter animal welfare protocols are applied (Von Holleben, et al., 2003), a fact that is still neglected in Brazil.

Our results also showed that animals that hit their back or lateral part of the body against the truck's door, didn't have a clear effect on the total number of bruises (Table 6), neither for the specific body region that the bruises affected (back region for back hit and forequarter for lateral hit), contradicting the findings of Strappini (2013), showing that the impact of any part of the animal's body against solid structures, increase the bruise risks. But our results could be explained by the fact that the

observers can't measure the real force applied during the event, thus hits that may not be considered strong enough to cause a bruise were also measured. The same could be applied to gate hits during pre-stunning handling which also didn't have a clear effect on bruises (Table 7).

Table 6. Means ($\pm$ SE) of total and new bruises per carcass during the unloading procedure according to the time for unloading, animals lying inside the truck, animal falls, back hits, lateral hits and electric prod use.

Variable	Categories	Bruises			
		Total		New	
		μ	SE	μ	SE
Time to unloading (h)	Less than 0.5 hours	2.19 ^a	0.02	1.26 ^a	0.01
	0.5 – 1 hours	2.26 ^a	0.04	1.11 ^b	0.02
	More than 1 hour	1.71 ^b	0.04	0.94 ^b	0.02
Lay animals in truck	No one	1.91 ^d	0.01	0.99 ^d	0.01
	Less than 5%	1.87 ^d	0.06	1.01 ^d	0.03
	5 - 15%	2.08 ^c	0.03	1.12 ^c	0.02
	16 -25%	3.31 ^b	0.12	1.76 ^b	0.09
	More than 25%	4.25 ^a	0.21	2.65 ^a	0.17
Fall	0 falls	1.91 ^c	0.01	1.00 ^d	0.01
	Less than 5%	1.94 ^c	0.06	1.13 ^c	0.04
	5 - 15%	2.35 ^b	0.04	1.19 ^c	0.03
	16 -25%	2.61 ^b	0.19	1.48 ^b	0.12
	More than 25%	10.83 ^a	1.09	8.77 ^a	1.18
Back hit in truck's door	0	2.06 ^b	0.02	1.08 ^{bc}	0.01
	Less than 5%	1.52 ^c	0.06	0.75 ^d	0.04
	5 - 15%	2.08 ^b	0.04	1.10 ^{ab}	0.03
	16 – 25%	1.74 ^a	0.10	0.93 ^c	0.07
	More than 25%	1.95 ^{ab}	0.13	1.31 ^a	0.11
Lateral hit in truck's door	0	1.84 ^b	0.03	1.02 ^b	0.02
	Less than 5%	1.60 ^c	0.10	0.86 ^c	0.07
	5 - 15%	2.13 ^a	0.03	1.13 ^a	0.02
	16 – 25%	2.15 ^a	0.03	1.13 ^a	0.02
	More than 25%	1.92 ^b	0.03	0.95 ^c	0.02
Electric prod use	No electric prod use	1.94 ^b	0.01	1.00 ^b	0.01
	Use of electric prod	2.33 ^a	0.04	1.31 ^a	0.03

Within columns superscripts with different letters indicate significant differences between unloading variables and bruise and pH parameters, at $p < 0.05$, μ - mean.

3.4.3. Animal driving to the slaughterpoint

We found that the animal lot that had more than 25% falls also had increased bruising (Table 7), but there was a low correlation ($r=0.10$). Falls characterize poor handling welfare during pre-stunning management associated with the facilities (Grandin, 1998). The effects of the facilities were not taken into consideration in this study, but the high number of falls in the slaughterhouses can be explained, at least in part, by the high slope of the ramp in the S1. This indicates that the handler attitude does not guarantee the full conditions of good handling procedure, and instead it depends on the human-animal-facilities triad (Barbalho, 2007).

Electric prod use during driving had a very limited effect on high pH meat ($r=0.10$) and no effect on bruises (Table 7). High meat pH (higher than 6.0) measures could occur when cattle experience acute stress immediately before slaughter with causes increased rate of post-mortem acidification (Tarrant, 1989; Pipek et al., 2003; Lambooij et al., 2012), but Strappini, (2013) also said that experiencing acute stress makes the animal more reactive, increasing the risk of impacts against solid structures, causing bruises. Grandin (1991 and 2000) reported that the electric prods in almost 60% of the cases showed a positive correlation with the presence of bruising, contradicting our results that didn't find bruise effects, probably due to other confounding factors.

Evaluating the handling group size, we saw that electric prod was used more when big groups were driven (2.09 ± 0.80 , $p<0.0001$) and also that big groups had high meat pH values (5.76 ± 0.001 , $p<0.04$), however for bruise parameters the smaller groups were the ones which had the high means (Table 7).

It is advisable to drive animals in small groups in order to have more control over the animals, avoiding trampling (Grandin, 2000). Cattle driven in small groups showed calmer behavior resulting in less bruising (Strappini, et al. 2009).

However, our results contradicted Grandin (2000) and Strappini (2009) where the high bruise means were present in small handling groups and not in the big ones. This is because, slaughterhouses in Brazil, had a common practice of not mixing animals lots from different farms during handling, and also it is common to discard animals from small farms in smaller groups. Therefore, it is not group size itself that influences the high average bruising, but the intrinsic animal condition of smaller lots.

Additionally, Grandin (2000) in her book said that handlers during the handling procedure should not pack the animals too tight, with crush and suffocation risks, but on the other hand, animals held too loosely may fall and be injured as a result of sudden movement.

Also animals that were trampled and injured in our study had higher bruise means (Table 7).

Injury in this study was classified as any lesion with blood extravasation. This makes us think that the blood can be absorbed by adjacent tissues, becoming a visible bruise along the chain (Hamdy, 1957) and animals trampled had high risks of bruising as described in the literature (Warriss, 1990; Grandin, 1998, 2013).

Table 7. Means ($\pm$ SE) of total and new bruises per carcass during driving procedure according to gate hits, falls, electric prod use, group size, and animals trampled and injured.

Variable	Categories	Bruises			
		Total		New	
		μ	SE	μ	SE
Gate hits	0	2.24 ^a	0.03	1.08 ^a	0.02
	Less than 5%	1.81 ^b	0.02	0.78 ^b	0.01
	5 – 15 %	2.19 ^a	0.02	1.08 ^a	0.01
	16 – 25%	2.11 ^a	0.07	0.84 ^b	0.04
	More than 25%	1.84 ^{ab}	0.12	1.11 ^a	0.10
Falls	0	1.89 ^e	0.02	0.85 ^d	0.01
	Less than 5%	2.06 ^d	0.03	0.91 ^c	0.02
	5 - 15%	2.41 ^c	0.04	1.27 ^b	0.03
	16 – 25%	2.93 ^b	0.13	1.77 ^a	0.10
	More than 25%	3.47 ^a	0.18	1.72 ^a	0.12
Electric prod use	0	1.81 ^c	0.05	0.99 ^b	0.04
	Less than 15%	4.12 ^a	0.48	2.40 ^a	0.30
	16 - 25%	2.31 ^b	0.18	1.17 ^b	0.11
	26 – 50%	1.60 ^c	0.10	0.89 ^b	0.08
	50 - 100%	2.02 ^b	0.08	0.93 ^b	0.06
	More than 100%	2.11 ^b	0.01	0.98 ^b	0.01
Group size	Small	2.50 ^a	0.03	1.33 ^a	0.02
	Regular	1.88 ^b	0.02	0.79 ^c	0.01
	Big	1.93 ^b	0.02	0.89 ^b	0.01
Trampled	Trampled	2.55 ^a	0.09	1.49 ^a	0.06
	Not trampled	2.07 ^b	0.01	0.97 ^b	0.01
Injured	Injured	2.58 ^a	0.11	1.42 ^a	0.08
	Not injured	2.07 ^b	0.01	0.97 ^b	0.01

Within columns superscripts with different letters indicate significant differences between pre-stunning variables and bruise and pH parameters, at $p < 0.05$, μ - mean.

4. Conclusions

The results of the study do not point strongly to any single factor as the predominant cause of bruising or meat pH problems, reflecting that under commercial conditions of cattle slaughter in Brazil there are multifactorial causes. We advise that cows should be handled with much more care than other cattle categories to minimize

bruises. Long distances, Articulated double trailer truck and bad road conditions should be avoided because there are greater meat quality risks, with consequence losses from bruises and meat pH increasing. Animals lying in the truck and falls are useful indicators of poor welfare at unloading, resulting also in carcass bruising. The use of electric shocks during handling had an important impact in meat pH. We believe that this study reveals useful information about commercial cattle slaughter routine in Brazil, identifying the potentials welfare risks using a variety and diversity of variables during pre-slaughter handling that could be a useful tools under commercial conditions reflecting welfare, carcass and meat problems and could contribute as a diagnostics. Further work is required to evaluate other potential causes of bruising, such as events occurring prior to arrival at the slaughterhouse during on-farm handling, transport and marketing, and events occurring during or after stunning.

5. Acknowledgements

The authors would like to thank the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), the Slaughterhouses studied and the ETCO group.

6. Referencies

- ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Available at: <http://www.abiec.com.br>. Acess in 11/27/2015.
- ANDRADE, E.N., ROÇA, R.O, SILVA, R.A.N.S., GONÇALVES, H.C., PINHEIRO, R.S.B. Prevalência de lesões em carcaças de bovinas de corte abatidos no Pantanal Sul Mato-Grossense transportados por vias fluviais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.4, p. 822 – 829, 2008.
- ANDRADE, E.N., SILVA, R.A.M.S., ROÇA,R.O. Manejo pré-abate de bovinos de corte no pantanal, Brasil. **Arquivos de Zootecnia**, v.58, n.222, p. 301-304, 2009.
- ANDRADE, J.; COELHO, H.E.; Ocorrência de Contusões Em Carcaças Bovinas E Suas Perdas Econômicas. **Cadernos de Pós-Graduação da FAZU**, p.332-338, 2011.
- APPLE, J.K., KEGLEY, E.B., MAXWELL, C.V., RAKES, D., GALLOWAY, D., WISTUBA, T.J. Effects of dietary magnesium and short-duration transportation on stress response, post-mortem muscle metabolism, and meat quality finishing swine. **Journal of Animal Science**, v.83, 2005.
- BARBALHO, P. C. **Avaliação de programas de treinamento em manejo racional de bovinos em frigoríficos para melhoria do bem-estar animal**. 2007. Dissertação

(Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2007.

BATISTA, D. J. C.; SILVA, W. P.; SOARES, G. J. D. Efeito da distância de transporte de bovinos no metabolismo post-mortem. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 5, n. 2, p. 152-156, 1999.

BARICIAK, E. PLINT, A. GABOURY I., BENNETT, S. Dating of bruises in children: an assessment of physician accuracy. **Pediatrics**, n.112, p. 804-807, 2003.

BARTOS, L., FRANC, C., REHÁK, D., STÍPKOVÁ, L. A practical method to prevent dark-cutting (DFD) in beef. **Meat Science**, v.34, p.275-282, 1993.

BERTOLONI, W., SILVA, J.L., ABREU, J.S., ANDREOLLA, D.L. Bem-estar e taxa de hematomas de bovinos transportados em diferentes distâncias e modelos de carroceria no estado do Mato Grosso – Brasil. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.13, n.3, p.850-859, 2012.

BRAZIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento . Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 3, de 17 de janeiro de 2000. Approves the Stunning methods technician for humane slaughter in Brazil. Available at: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=detalharAtosArvore&tipo=INM&numeroAto=00000003&seqAto=000&valorAno=2000&orgao=SDA/MAPA&codTipo=&desItem=&desItemFim=#>> . Acess jun-08, 2015.

BRAZIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Sistema de Informações Gerenciais do Serviço de Inspeção Federal (SIG/SIF), 2008. Available at: http://sigsif.agricultura.gov.br/primeira_pagina/extranet/SIGSIF.html . Acess jun-09, 2015.

BRAZIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Circular nº 175, de 16 de maio de 2005. Available in: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=18810>> Access May 5, 2015.

BROOM, D.M. The effects of land transport on animal welfare. **International Office of Epizootics**, v.24, p.683-692, 2005.

CIVIEIRA, M.P.; RENNER, R.M.; RODRIGUES, N.C.; VARGAS, R.E.S.; Avaliação do bem-estar animal em bovinos abatidos para consumo em frigorífico do Rio Grande do Sul. **Revista Veterinária em Foco**, v.4, n.1, p.5-11, 2006.

DALLA COSTA, O.A., FAUCITANO, L., COLDEBELLA, A., LUDKE, J.V., PELOSO, J.V, DALLA ROZA, D. PARANHOS DA COSTA, M.J.R. Effects of the season of the year, truck type and location on truck on skin bruises and meat quality in pigs. **Livestock Science**, v.107, p.29-36, 2007.

DALMAU, A., VELARDE, A., GISPERT, M. Standardization of the measure “meat quality” to access the welfare of pigs at slaughter. In: FORKMAN, B., KEELING, L. **Assessment of Animal Welfare Measures for Sows, Piglets and Fattening Pigs**, School of City and

Regional Planning, Cardiff University, SLU Serverce/Reproenheten, Uppsala, Sweden, p.117-124, 2009.

DARIO, R. Avaliação do bem-estar animal de bovinos abatidos em Frigorífico de Bauru-SP, 2008. Tese. Disponível em: www.dracena.unesp.br/eventos/sicud_2008/.../rafael_dario.pdf. Acesso em 06/09/15.

FAZIO, E., FERLAZZO, A. Evaluation of stress during transport. **Veterinary Research Communications**, v.27, p.519-524, 2003.

FERREIRA, J.L., CAVALCANTE, T.V., MARINHO, J.P., LOPES, F.B. Influência do manejo pré-abate na produção de carne bovina no município de Araguaína, Tocantis. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v.8, p.15, 2010.

FERGUSON, D.M., WARNER, R.D. Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? **Meat Science**, v.80, n.1, p.12-19, 2008.

FERRAZ, J.B.S., FELÍCIO, P.E. Production systems – an example from Brazil. **Meat Science**, v.84, p.238-243, 2010.

FORDYCE, G., GODDARD, M.E., TYLER, R., WILLIAMS, G.E., TOLMAN, M.A. Temperament and bruising of Bos indicus cross cattle. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.25, p.283-288, 1985.

GALLO, C., LIZONDO, G. KNOWLES, T.G. Effects of journey and lairage time on steers transport to slaughter in Chile. **The Veterinary Record**, v.152, p.361-364, 2003.

GALLO, C. Animal welfare in the Americas. **Proceedings of the 18th Conference of the OIE Regional Commission for the Americas**. Compendium of Technical items presented to the International Committee or to Regional Commissions of the OIE. Florianópolis, Brasil, p.151-166, 2007.

GALLO, C.B., HUERTAS, S.M. Main animal welfare problems in ruminant livestock during preslaughter operations: a South American view. **Animal**. In press, 2015.

GARDNER, G.E., MCLINTYRE, B.L., TUDOR, G.D., PETHICK, D.W. The impact of nutrition on bovine muscle glycogen metabolism following exercise. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.52, p.461-470, 2001.

GARIÉPY, C., SEOANE, J.R., CLOREAU, C., MARTIN, J.F., ROY, G.L. The use of double-muscling cattle breeds in terminal crosses: meat quality. **Canadian Journal of Animal Science**, v.79, p.301-308, 1999.

GRANDIN, T. Welfare Requirements of Handling Facilities. **Commission of European Communities Seminar on Housing Welfare**, Aberdeen, Escócia, p.28-30, 1983.

GRANDIN, T. Behavioural principles of livestock handling. **Professional Animal Scientist**, v.5, p.1-11, 1989.

GRANDIN, T. **Recommended Animal Handling Guidelines for Meat Packers**. American Meat Institute: Washington DC, USA, 1991.

GRANDIN, T. Assessment of stress during handling and transport. **Journal of Animal Science**, v.75, p.249-257, 1997.

GRANDIN, T. Objective scoring of animal handling and stunning practices at slaughter plants. **Journal American Veterinary Medical Association**, v. 212, n. 1, p. 36-39, 1998.

GRANDIN, T. **Livestock Handling and Transport**. 2nd, Oxford, CABI Publishing, p.1-14, 2000.

GRANDIN, T. Principles for the design of handling facilities and transport systems. In: BENSON, G. J.; ROLLIN, B.E. (Ed). **The well-being of farm animals**. Oxford: Blackwell Publishing, p.146-147, 2004.

GRANDIN, T. and GALLO, C. Cattle transport, In: **Livestock handling and transport**, 3rded, Oxford, CAB International, p.134, 2007.

GRANDIN, T. Recommended animal handling guidelines & audit guide: a systematic approach to animal welfare. [S.l.]: SMI Foundation, 2013. Available at: <<http://www.animalhandling.org/ht/a/GetDocumentAction/i/58425>>. Access in: 25 agus. 2015.

GREGORY, N.G. **Animal welfare and meat production**, 2nd edition. CAB International, Wallingford, UK, 2007.

HAMDY, M.K., DEATHERAGE, F.E., SHINOWARA, G.Y. Bruised Tissue: Biochemical changes resulting from blunt injury. **Experimental Biology and Medicine**, v.95, n.2, p.255-258, 1957.

HOFFMAN, D. E.; SPIRE, M. F.; SCHWENKE, J. R.; UNRUH, J. A. Effect of source of cattle and distance transported to a commercial slaughter facility on carcass bruises in mature beef cows. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Schaumburg, v. 212, n. 5, p. 668–672, 1998.

HOFFMAN, L.C., LUHL, J. Causes of cattle bruising during handling and transport in Namibia. **Meat Science**, v.92, p.115-124, 2012.

HUERTAS, S.; GIL, A.; ZAFFARONI, R.; DE FREITAS, J.; CERNICCHIARO, N.; SUANES, A.; VILA, F.; PIAGGIO, J.; NUÑEZ, A. AND PULLEN, M. Presence of bruising in cattle slaughtered in Uruguay. (poster). **International Congress in Animal Hygiene**, 11 / 2003.

HUERTAS, S.M., GIL, A.D. PIAGGIO, J.M., EEDENBURG, F.J.C.M. Transportation of beef cattle to slaughterhouses and how to animal welfare and carcass bruising in an extensive production system. **Animal Welfare**, v.19, p.281-285, 2010.

HUERTAS, S.M., EEDENBURG, F.V., GIL, A., PIAGGIO, J. Prevalence of carcass bruises as an indicator of welfare in beef cattle and the relation to the economic impact. **Veterinary Medicine and Science**, v.1, p. 9-15, 2015.

HUNT, D.W., HENRICKS, D.M., SKELLEY, G.C., GRIMES, L.W. Use of trenbolone acetate and estradiol in intact and castrate male cattle: effects on growth, serum hormones, and carcass characteristics. **Journal of Animal Science**, v.69, 1991.

IBGE, Brazilian Institute of Geography and Statistics, Statistics of Livestock Production, March, 2015. Available at: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos_201404_publicacao_completa.pdf Acesso 09 de junho, 2015.

IMMONEN, K., RUUSUNEN, M., HISSA, K., PUOLANNE, E. Bovine muscle glycogen concentration in relation to finishing diet, slaughter and ultimate pH. **Meat Science**, v.55, p.25-31, 2000.

KANNAN, G., CHAWAN, C.B., KOUAKOU, B., GELAYE, B. Influence of packaging method and storage time on shear value and mechanical strength of intramuscular connective tissue of chevon. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2383-2389, 2002.

KNOWLES, T.G. A review on the road transport of cattle. **Veterinary Record**, v.144, p. 197-201, 1999.

KREIKEMEIER, K.K., UNRUH, J.A. Carcass traits and the occurrence of dark cutters in pregnant and non-pregnant feedlot heifers. **Journal of Animal Science**, v.71, p. 1699 – 1703, 1993.

LAMBOOIJ, E., VANDER WERF, J.T.N., REIMERT, H.G.M., HINDLE, V.A. Compartment height in cattle transport vehicles. **Livestock Science**, v.148, p. 87-94, 2012.

LJUNGBERG, D., GEBRESENBET, G., ARADOM, S. Logistics chain of Animal transport and abattoir Operations. **Biosystems Engineering**, v.96, n.2, p.267-277, 2007.

McNALLY, P. W.; WARRISS, P. D. Recent bruising in cattle at abattoirs. **Veterinary Record**, London, v. 138, p. 126-128, 1996.

MACH, N., BACH, A., VELARDE, A., DEVANT, M. Association between animal, transportation, slaughterhouse practices and meat pH in beef. **Meat Science**, v.78, n.3, p. 232-238, 2008.

MARSHALL, B.L. Bruising in cattle presented for slaughter. **New Zealand Veterinary Journal**, v.25, 1977.

MOHAN RAJ, A.B., MOSS, B.W. Effect of mixing male sex types of cattle on their meat quality and stress-related parameters. **Meat Science**, v.32, p.367-386, 1992.

MOUNIER, L., DUBROEUCQ, H., ANDANSON, S., VEISSIER, I. Variations in meat pH of beef bulls in relation to conditions of transfer to slaughter and previous history of the animals. **Journal of Animal Science**, v.84, p. 1567 – 1576, 2006.

NANNI, L., FIEGO, L.D., TASSONE, D., RUSSO, F. The relationship between carcass bruising in bulls and behavior observed during pre-slaughter phases. **Veterinary Research Communications**, v.30, n.1, p.379-381, 2006.

NASCIMENTO, G.R.; RODRIGUES, W.B.; MARTINS, N.E.X.; DIAS, F.E.F.; CAVALCANTE, T.V.; FERITAS, F.L.C.; LEIRA, M.H.; ALMEIDA, K. de S. Avaliação do bemestar animal em bovinos abatidos no Pará. **Revista Veterinária em Foco**, v.6, n.2, p.121-127, 2009.

NDOU, S.P., MUCHENJE.V., CHIMONYO, M. Animal welfare in multipurpose cattle production systems and its implications on beef quality. **African Journal of Biotechnology**, v10, n.7, p.1049-1064, 2011.

NOCKELS, C.F., ODDE, K.G., CRAIG, A.M. Vitamin E supplementation and stress affect tissue alpha-tocopherol content of beef heifers. *Journal of Animal Science*, v.74, p.672-677, 1996.

PARANHOS DA COSTA, M. J. R., ZUIN, L. F. S., PIOVESAN, U. Avaliação preliminar do manejo pré-abate de bovinos do programa de qualidade de carne bovina do Fundeppec: **Relatório Técnico**, p.21, 1998.

PARANHOS DA COSTA, M.J.R., HUERTAS, S.M., GALLO,C., DALLA COSTA, O.A. Strategies to promote farm animal welfare in Latin America and their effects on carcass and meat quality traits. **Meat Science**, v.92, p.221-226, 2012.

PETRONI, R., BÜRGER, K.P., GONÇALEZ, P.O., ROSSI, G.A.M., VIDAL-MARTINS, A.M.C., AGUILAR, C.E.G. Ocorrência de contusões em carcaças bovinas em frigorífico. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.3, p.478-484, 2013.

PIPEK, P., HABERL, A., JELENÍKOVÁ, J. Influence of slaughter house handling on the quality of beef carcasses. **Czech Journal of Animal Science**, v.48, n.9, p. 371-378, 2003.

PROBST, J.K., NEFF, A.S., LEIBER, F., KREUZER, M., HILLMANN, E. Gentle touching in early life reduces avoidance distance and slaughter stress in beef cattle. **Applied Animal Behaviour Science**, v.139, p.42-49, 2012.

PURCHAS, R.W., YAN, X., HARTLEY, D.G. The influence of a period of ageing on the relationship between ultimate pH and shear values of beef *m. longissimus thoracis*. *Meat Science*, v.51, p.135-141, 1999.

ROMERO, M.H., URIBE-VELÁSQUEZ, L.F., SÁNCHEZ, L.A., MIRANDA-DE LA LAMA, G.C. Risk factors influencing bruising and high muscle pH in Colombian cattle carcass due to transport and pre-slaughter operations. **Meat Science**, v.95, n.2, p.256 – 263, 2013.

RUIZ-DE-LA-TORRE, J.L., VELARDE, A., DIESTRE, A. GISPert, M. HALL. S.J.G., BROOM, D.M., MANTECA,X. Effects of vehicle movements during transport on the stress responses and meat quality of sheep. **The veterinary Record**, v.148, p.227-229, 2001.

SAÑUDO, C., MACIE, E.S, OLLETA, J.L, VILARROEL, M., PANEA, B., ALBERTÍ, P. The effects of slaughter weight, breed type and ageing time on beef meat quality using two different texture devices. **Meat Science**, v.66, n.4, p.925-932, 2004.

SILVA, J.A., PATARATA, L., MARTINS, C. Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. **Meat Science**, v.52, p.453-459, 1999.

SILVA, F.V., SOARES, F.D.S., OLIVEIRA, L.L.S., TORAL, F.L.B., REIS, S.T. ALVES, D.D., ROCHA JÚNIOR, V.R. GOMES, R.R.R. Componentes principais das características de carcaças de bovinos anelados e fontes de variação em lesões. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.35, n.2, p.148-152, 2015.

STRAPPINI, A.C., METZ, J.H.M., GALLO, C.B., KEMP, B. Origin and assessment of bruises in beef cattle at slaughter. **Animal**, v.3, p.728-736, 2009.

STRAPPINI, A.C., FRANKENA, K., METZ, J.H.M., GALLO, B., KEMP, B. Prevalence and risk factors for bruise in Chilean bovine carcasses. **Meat Science**, v.86, p.859-864, 2010.

STRAPPINI, A. C.; METZ, J. H. M.; GALLO, C.; FRANKENA, K.; VARGAS, R.; RESLON, I.; KEMP, B. Bruises in culled cows: when, where and how are they inflicted?. **Animal**, v. 7, n. 3, p.485–491. 2013.

SWANSON, J.C. and MORROW-TESCH, J. Cattle transport: Historical, research, and future perspectives. **Journal of Animal Science**, v.79, p.102-109, 2001.

TARRANT, P.V. The effects of handling, transport, slaughter and chilling on meat quality and yield in pigs – a review. **Irish Journal of Food Science and Technology**, v.13, p.70-107, 1989.

VILLARROEL, M., MARÍA, G., SIERRA, I., SAÑUDO, C., GARCIA BELENGUER, S., GEBRESENBET, G. Critical points in the transport of cattle to slaughter in Spain that may compromise the animals` welfare. **The Veterinary Record**, v.149, p.173-176, 2001.

VILJOEN, H. F., DE KOCK, H.L., WEBB, E.C. Consumer acceptability of dark, firm and dry (DFD) and normal pH beef steaks. **Meat Science**, v.61, p.181-185, 2002.

VON HOLLEBEN, K., HENKE, S., SCHMIDT, T., BOSTELMANN, N., VON WENZLAWOWICZ, M., HARTUNG, J. Handling of slaughter cattle in pre and post transport situations including loading and unloading on journeys up to 8 hours in Germany. **Deutsche Tierärztliche Wochenschrift**, v.110, n.3, p.93-99, 2003.

YEH, E.; ANDERSON, B.; JONES, P. N.; SHAW, F. D. Bruising in cattle transported over long distances. **Veterinary Record**, London v. 103, p. 117–119. 1978.

YOKOO, M.J.I., ALBUQUERQUE, L.G., LÔBO, R.B., SAINZ, R.D., CARNEIRO JÚNIOR, J.M., BEZERRA, L.A.F., ARAUJO, F.R.C. Estimativas de parâmetros genéticos para altura do posterior, peso e circunferencia escrotal em bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1761-1768, 2007.

WARRISS, P.D. The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. **Applied Animal Behaviour Science**, v.28, p.171-186, 1990.

WARRISS, P. D., BROWN, S.N., KNOWLES, T.G., KESTIN, S.C., EDWARDS, J.E., DOLAN, S.K., PHILLIPS, A.J. The effect on cattle of transport by road for up to fifteen hours. **Veterinary Record**, v.136, p.319-323, 1995.

WEEKS, C.; MC NALLY, P.; WARRIS, P. Influences of the design of facilities at auction markets and animal handling procedures on bruising in cattle. **Veterinary Record**, London, v. 150, p. 743-748. 2002.

WULF, D.M., EMNETT, R.S., LEHESKA, J.M., MOELLER, S.J. Relationships among glycolytic potential, dark cutting (dark, firm, and dry) beef, and cooked beef palatability. **American Society of Animal Science**, v.80, p. 1895–1903, 2002.

ZHANG, W.G., LONERGAN, S.M., GARDNER, M.A., LONERGAN, E.H. Contribution of post-mortem changes of integrin, desmin and μ calpain to variation in water holding capacity of pork. **Meat Science**, v.74, p.578-585, 2006.

Capítulo 3

Influence of thermal stress, floor type and double feeder on growing-finishing pig performance and meat quality

Abstract

Pigs are particularly sensitive animals to heat stress because the little ability of the species to sweat. Pigs use few strategies to dissipate heat and most of them are behavioral: 1) concentrate feeding periods in the fresh hours of the day and in consequence increasing the competition for food at this time and/or 2) lying on the dunging area of the pen and in consequence being dirtiest and with high risk of having boar taint. Our objective was to study the effect of a moderate heat stress in pigs on performance, dirtiness and carcass and meat quality. Under these conditions, the disposition of only one feeder (one per 8 animals) or two feeders (one per 4 animals) were compared to ascertain if this could be a good strategy to reduce competition for feeding. In addition, two types of floor, with 100% and 30% slat were also considered. Two hundred and fifty six pigs in the growing-finishing period (from 27 to 100 kg) were housed using two environmental temperatures: control (from 11°C to 25°C) and heat stress (above 30°C 6 hours a day). They were housed in 32 pens of 8 pigs each distributed into four rooms (two of them with control temperatures, one with 30% and another with 100% slatted floor and the other two with stress temperatures, one with 30% and another with 100% slatted floor). In each room (containing 8 pens each), there were 4 pens with one feeder and 4 pens with two feeders. Four animals in each pen were females and four males vaccinated with Improvac®. Animals were slaughtered at 100 kg in two batches. During the growing period, animals were weighted four times and assessed for dirtiness daily. At the slaughter, meat quality assessments, including presence of skatole and indole, were carried out. Pigs subjected to high temperatures had worst results on performance, were dirtiest and had higher values of skatole and indole in meat than pigs maintained in control conditions. A supplementary feeder gave worst results on performance than using a unique feeder. Finally, a partially slatted floor, with 30% slat gave better results on performance than 100% slatted floor, however animals were dirtiest and with the highest concentrations of indole in meat, being close to the thresholds described as detectable for consumers.

1. Introduction

Hot weather is a future challenge for livestock throughout the world. Evidence from Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007) is overwhelmingly convincing that is real an increase on temperature, predicting a global surface temperature above +1.2 °C during the 21st century.

Pigs (*Sus Scrofa*) are particularly sensitive animals to heat stress because the little ability of the species to sweat. In addition, the most used breeds for production have been subjected to an intensive genetic selection to great muscular ability (Bellego et al., 2002), increasing the capacity of the animals for producing heat. Pigs use few strategies to dissipate heat and most of them are behavioral (Aarnink et al., 2001). One of them is to change the feeding rhythms, which means, to concentrate feeding periods in the fresh hours of the day (Quiniou et al., 2000). However, in cases where the access to food is restricted, this may produce greater competition for food, forcing the subordinate animals to eat in the hottest hours, which can produce a reduction in food intake and therefore a loss in performance of these animals (Heitman and Hughes, 1949; Quiniou et al., 1999).

Heat stress can be associated to meat quality in the different quantity and distribution of fat (Van Milgen and Noblet, 2003). Animals in heat stress environment can consume about 12.3% less food than those in thermal comfort, with lower retention of protein and fat in the carcass (Kerr et al., 2003 and Manno et al., 2005) which interfere in meat texture and even in the ability to lose water (Judge, 1969). Heat stress produces important industry loses, reaching over \$300 million annually in European Union (Ciscar et al., 2010). Globally, these loses can be measured in billions of dollars and are associated to a decrease in carcass value (increased lipid and decreased protein content) and carcass processing problems.

Another strategy that pigs use to lose temperature is look for fresh bathing areas to increase evaporative heat loss (Huynh and Aarnink, 2005). However, in the pens of intensive production systems usually the only wet area is where the animals defecates and urinates, so animals get dirty with urine and feces to try lose temperature by evaporation in their body surface. In addition to the problems of dispersion of pathogens in the farm and as well at the slaughterhouse due to the dirtiness of the animals, in terms of meat quality another consequence of this behaviour is an increased risk that animals have skatole and indole in meat (Hansen et al., 1994) with boar taint consequences (an unpleasant urine or fecal-like that can be perceived when heating fat or cooking pork).

Skatole and Indole are volatile compounds produced by microbial degradation of tryptophan in the gastro-intestinal tract of several animals' species. The only

difference between these two components is that indole does not have a methyl group (CH_3) as skatole has. These two malodors compounds are believed to be the main contributors to boar taint in combination with andostenone (Bonneau et al., 1993). Its odor contributes to a characteristic smell of feces and manure in meat, being undesirable for consumers.

A fraction of the synthesized skatole and indole is absorbed from the gut (Pedersen et al., 1986; Melvin, et al., 1979), while other can be absorbed either directly through the skin from feces plus urine and even by inhalation through the lungs (Nonboe, 1991; Udesen, 1992; Hansen et al., 1994). However, very little is known about the factors which cause variation of these compounds in fat.

Another important sexual odor component is the androsterone, which also inhibits the elimination of skatole (Babol et al., 1999), enhancing the animal's sexual odor. Usually, the androsterone is not present in female and surgically or immunocastrated males (Dunshea et al., 2001), therefore the skatole must be minimum in these animals. However, little is known whether heat stress conditions, in which animals can be dirty with feces, the skatole and indole components can reach the limits to be detected by consumers. Although there is some debate regarding the actual threshold concentrations of skatole and indole that are detectable as taint, the values until $0.2 \mu\text{g/g}$ fat for both are commonly accepted as out of the range of detection even for experts and values higher than $0.5 \mu\text{g/g}$ the considered as detectable by untrained consumers (Desmoulin and Bonneau, 1982; Bonneau et al., 1992; Bonneau, 1998).

Another aspect to take into account is the floor type. The degree at which a floor can be more or less wet and dirty (i.e. slatted versus concrete floor) can help in one hand to the animals to lose temperature but in the other hand can produce more dirty animals and increase the risk of having skatole. In fact, different floor types have been shown to have effects on skatole concentration in backfat (Galwey and Tarrant, 1978; Udesen, 1992).

In this paper, we studied the effect of a moderate heat stress in growing and finishing pigs on performance, dirtiness and carcass and meat quality. Under these conditions, the disposition of only one feeder (one per 8 animals) or two feeders (one per 4 animals) were compared to ascertain if this could be a good strategy for pigs

reared under the mentioned conditions. Our hypothesis is that providing a double feeder the competence for feeding is reduced, so animals can decide better at which time of the day they can eat and in consequence avoid the warmest periods of the day, eating more and in consequence obtaining better results on performance. In addition, the presence of skatole and indol was assessed in females, and males vaccinated against the gonadotrofin releasing factor (GnRF) to inhibit their sexual function, to ascertain if heat stress and dirtiness at farm should be considered as risk factors for boar taint even in females and no entire males. Finally, two types of floor, with 100% and 30% slat were also considered to study their consequences in all the variables mentioned.

2. Material and Methods

2.1. Animals and experiment design

The experiment was conducted in compliance with the Spanish guidelines for Use of Animals in Research, and the protocol was approved by the Ethical Animal Committee (IACUC) of Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentària (IRTA, Barcelona, Spain). Two hundred and fifty six pigs in the growing-finishing period were used in this study. All pigs, a three-breed cross Large White x Landrace and Pietran, were reared up to 27.75 ($\pm$ 0.38) kg in a commercial farm and then transported to the facilities of IRTA in Monells (Girona, Spain), where the study was performed. A 50% of the animals were females and the other 50% entire males at the arrival to the experimental facilities. Males were vaccinated against the Gonadotrophin releasing factor (GnRF) at week 6 and 9 after the arrival to the experimental farm by injecting 2 mL of Improvac® subcutaneous (Zoetis, Spain). The experiment was carried out during summer-autumn 2014 using a factorial experimental model of 2x2x2, considering: a) two environmental temperatures: control (from 11 to 25°C) and heat stress (above 30°C 6 hours a day; from 10:00 h to 16.00 h); b) two types of floor: with totally slatted floor (100% slat) and partially slatted concrete floor (30% slat), and c) two conditions of feeders availability: one feeder per pen (one each eight animals) or two feeders per pen (one each four animals) and in both cases with ad libitum access to feed and water. A total of 32 pens distributed in four rooms (A, B, C and D) were used, with a

total space allowance of 6.75 m² (approximately 0.84 m² per pig). Feeders occupied 0.4 m², so space allowance per pig was 0.79 m² with one feeder and 0.74 m² with two feeders. Rooms A and B had 30% slat and rooms C and D 100% slat. In addition, rooms A and C were subjected to control temperatures and rooms B and D to heat stress. Pens were numbered in all cases from 1 to 8 and contained all of them 8 pigs (individually marked as well with a number from 1 to 8). In each pen were housed 4 males (numbered from 1 to 4) and 4 females (numbered from 5 to 8). Animals were also distributed in a balanced way according of their initial weight. In fact the fourth heaviest males were allocated in pen 1 of room A, B, C and D. Then, the next 4 males in terms of body weight were distributed again in pen 1 of room A, B, C and D. In consequence, body weight variability between animals into the same pen and among treatments at the beginning of the study was minimized. In contrast, the mean body weights of pens 1, 2, 3 and 4 of each room was higher than those found in pens 5, 6, 7 and 8, so at the end of the study, animals were sent to the slaughterhouse in two batches (one containing pigs from pens 1 to 4 and other containing pigs from pens 5 to 8 of the four rooms). Air temperature (AT) and relative humidity (RH) were measured at 1.5 m above floor level in the feeding path, using a thermo hygrometer (HygroLog, Rotronic Hygromer TM C94, sensors Pt100 RTD (1/3 DIN), Switzerland). AT and RH were recorded every 5 minutes.

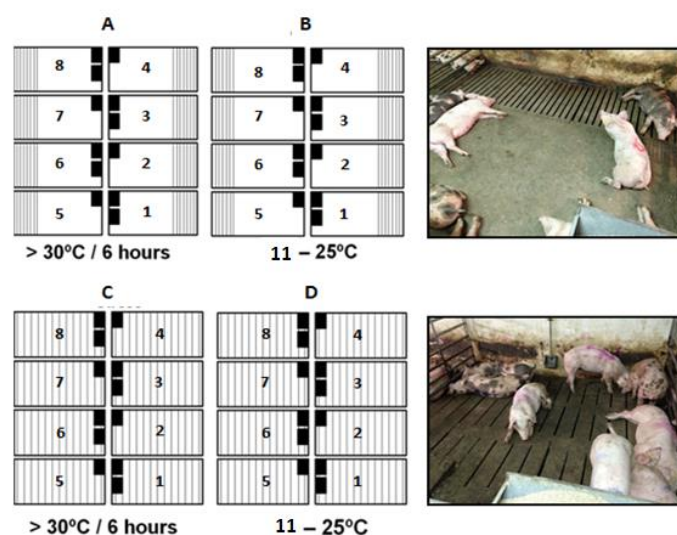


Figure 1. Scheme of the experimental design, considering the combination of two environmental temperature (control and heat stress), type of floor (30% or 100% slat) and number of feeders (one or two). All pens had eight animals inside, four females and four males vaccinated with Improvac.

2.2. Performance and animal dirtiness

Pigs were weighed before beginning the experiment at the farm of origin (W1); during the animal's adaptation period to the experimental facilities in IRTA within the first two weeks after their arrival (W2); 30 days (W3) and one day before being transported to the slaughterhouse (WS). The body weight variability (WV) within each pen group was obtained by calculating the differences between the body weights of the animals after each period (W1 to WS).

The dirtiness of each animal was measured daily, based on the Welfare Quality protocol (Welfare Quality®, 2009), so scoring the animals at individual level using a 3-point scale ranging from 0 to 2, being '0' when the animal had less than 20% of the body side dirty with manure, '1' if between 20 and 50% of the body side was dirty and '2' when over 50% of the body side had manure.

2.3. Slaughter procedures and meat quality

Once animals reached 100 ± 10 Kg live weight, which occurs at week 10 after the arrival in pens 1 to 4 and at week 12 after arrival in pens 5 to 8, they were transported a distance of 140 km to a commercial abattoir in two batches. They spend around 4 h in the lairage pens, allocated in 4 groups of 31 to 32 animals. Pigs within the same room were mixed, but not animals from different rooms. The pigs were stunned by application of CO₂ at high concentrations (90% for 2 minutes and a half) and slaughtered according to common commercial practices.

For carcass and meat quality analysis only pigs from the second batch were used. Carcasses were weighted warm after their splitting, at 20 minutes *post mortem* by using an online scale. Lean meat percentage (LMP) was measured at slaughterhouse using a VCS2000 carcass grading equipment.

Meat quality measurements were carried out in the left half carcass of the second batch of animals (pens from 5 to 8, containing a total of 128 animals). The pH was measured in the *longissimus thoracis* (LT) muscle at the last rib level at one hour (pH₁) and 24 hours (pH₂₄) *post mortem*, using a portable pH meter (Crison, Hach Lange Spain S.L.U., Spain) equipped with a Xerolyt penetration probe. Electrical conductivity was measured in the LT using a conductimeter (PQM Future, Classpro GmbH, Germany) at the last rib level at one hour (EC₁) and 24 hours (EC₂₄) *post mortem*.

Meat color was determined at 24 hours *post mortem* on loin samples from each animal slaughtered. A colorimeter CR-200 (Konica Minolta Inc., Japan) was used to obtain the lightness (L*) of meat, defined by the CIE (1976).

Drip loss was determined from the LT muscle according to the methodology described by Rasmussen and Andersson (1996), placing duplicate meat samples from each animal in sealed plastic tubes at 4°C, which is directly related to the exudation of meat.

Six cores were obtained from each loin sample and were used for shear force measurement. Shear force was determined by using a texturometer (Stable Micro Systems Ltd., United Kingdom) and the Warner-Bratzler test. Meat samples (2.5 cm thick, LT) were vacuum packaged and frozen at 24 hours *post mortem*, then they were thawed overnight and cooked in an oven until an internal temperature of 71°C.

Intramuscular fat (IMF) of the LT from the last rib level was determined by near infrared spectroscopy (Foodscan, FOSS, Denmark). Samples were obtained at 24 hours *post mortem* then vacuum-packed and frozen until processing. Approximately 200 g muscle was cleaned free of subcutaneous and intermuscular fat and chopped using a blender.

Subcutaneous fat samples from the dorsal neck region were taken to measure skatole and indole concentration. A hundred and nineteen samples were finally analysed, this subsample included animals from all the different treatments and both genders. Skatole and indole concentration was determined in adipose tissue by HPLC (High performance liquid chromatography) methodology (García-Regueiro et al., 1998). The concentration was expressed as µg of skatole or indole in g of adipose tissue.

2.4. Statistical analysis

Statistical analyses were performed by means of the statistical analysis system (SAS) (SAS 9.1; software SAS Institute Inc., Cary, NC). Data from meat and carcass quality, such as carcass yield, IMF, pH, EC, color, pH, LMP, skatole and indole were analyzed using the PROC MIXED procedure. The models accounted for the effects of environmental temperature (heat stress vs control), floor type (30% slat vs 100% slat), number of feeders (1 vs 2), gender (males vs females) and possible interactions. As differences were found between treatments in hot carcass weight, this variable was included as a covariate in the models where needed. The residual maximum likelihood was used as a method of estimation. The least square means of fixed effects (LSMEANS) adjusted to Tukey's honestly significant difference (HSD) was used to carry out multiple comparisons. A PROC GENMOD with multinomial distribution was used to analyse dirty presence in animal's body, where three categories (0, 1, 2) were possible. The weight between treatments and the weight variability was evaluated as well by means of nonparametric models (PROC GENMOD), in this case with a negative binomial distribution. Pens with less than 8 animals, that occurred in just one case due to the mortality of one animal and two animals separated by serious tail biting problems, were not considered for performance analysis. The correlation between

skatole and indole was also assessed by means of the Proc Corr procedure of SAS. Significance was fixed at $p < 0.05$ in all cases.

3. Results

3.1. Performance

The W1, W2 and W3 had no significant difference between heat and control treatments or effect of type of floor. However the slaughter weight (WS) were higher ($P < 0.0001$) for animals in control room in comparison to animals in heat stress rooms (Figure 2) and higher ($P = 0.0387$) in animals allocated in 30% slat (106.40 ± 0.01 kg body weight) in comparison to animals housed in 100% slat (102.98 ± 0.01 kg body weight).

In relation to the number of feeders, no differences were found between treatments at the beginning of the study (W1). However, very fast, already in W2, it was found an effect of number of feeders ($P = 0.0236$), animals in one-feeder pens being heavier (51.37 ± 0.01 kg) than in two-feeders (49.03 ± 0.01 kg). This effect was also seen in W3 ($P = 0.0135$), being weights (77.31 ± 0.01 kg and 73.89 ± 0.01 kg for pens with one and two feeders, respectively) and WS ($P = 0.0234$), being weights 106.54 ± 0.01 kg and 102.84 ± 0.01 kg for pens with one and two feeders, respectively.

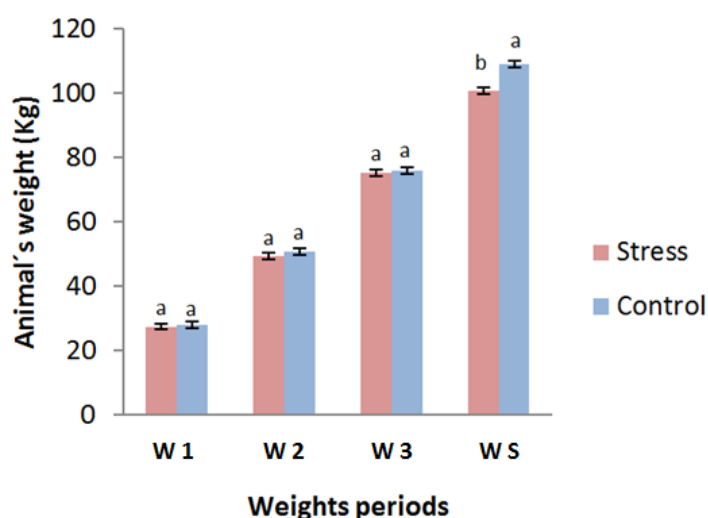


Figure 2. Mean $\pm$ SE of pig body weight per period (W1, W2, W3 and WS) comparing stress and control rooms. Different letters means significant differences at $p < 0.05$.

3.2. Dirtiness

An effect of environmental temperature (heat stress vs control) was found for dirtiness in pigs housed in pens with only a 30% of slat ($P < 0.01$; Figure 3), not being the case for pigs housed in 100% slat (Figure 4). In mean values, 11.71%, 39.84%, 3.90% and 1.56% of the pigs housed in rooms A, B, C and D, respectively, were found with a score of 2 for dirtiness along the study. As it can be observed in Figure 3, the dirtiness in room B reached the top at the end of the study (after week 7).

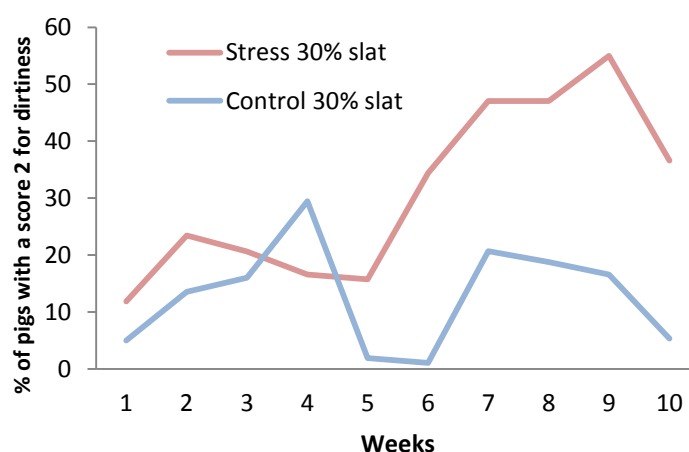


Figure 3. Percentage of animals with a score of 2 for dirtiness along the study (from week 1 to week 10) in stress or control rooms with 30% slat.

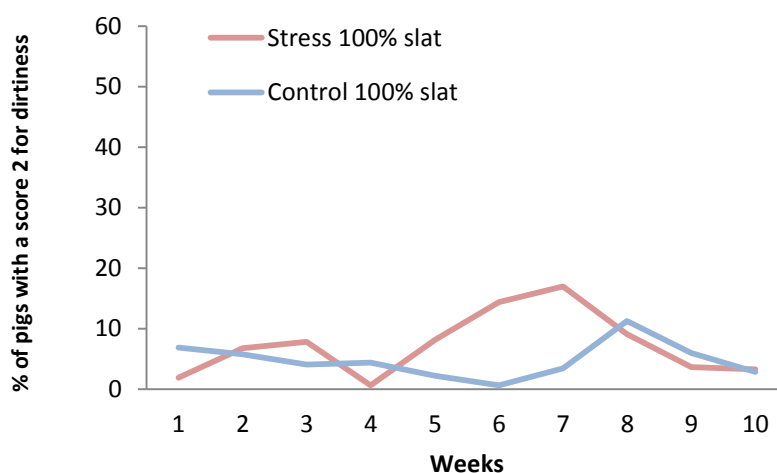


Figure 4. Percentage of animals with a score of 2 for dirtiness along the study (from week 1 to week 10) in stress or control rooms with 100% slat.

In relation to the number of feeders, while in the stress rooms the results were very similar in animals housed in pens with one or two feeders (Figures 5 and 6), this was not the case for control rooms. In fact, animals in 30% slat were dirtiest ($P < 0.05$) when housed with one feeder than when housed with two (Figure 7), although this was not observed in the control room with 100% slat (Figure 8).

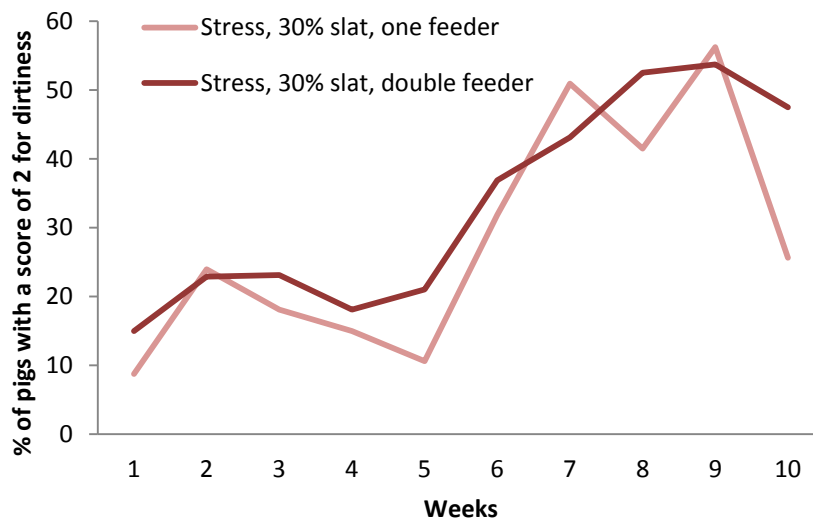


Figure 5. Percentage of animals with a score of 2 for dirtiness along the study (from week 1 to week 10) in stress and 30% slat in pens with one or two feeders.

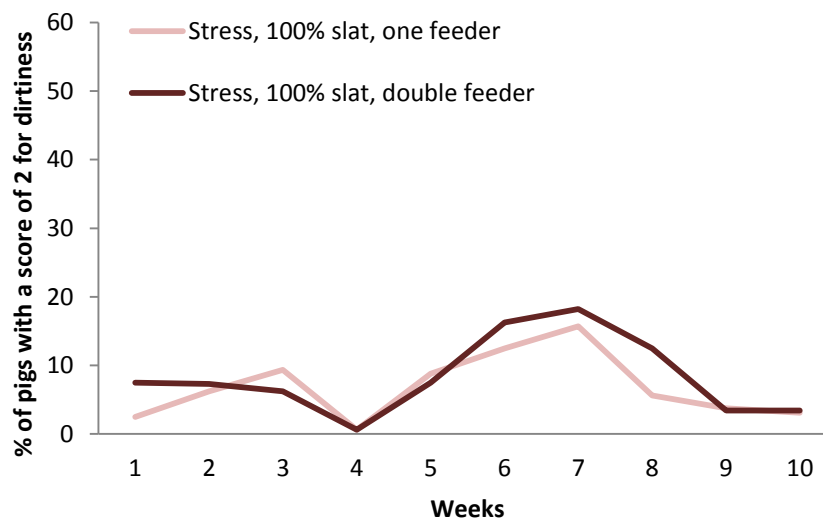


Figure 6. Percentage of animals with a score of 2 for dirtiness along the study (from week 1 to week 10) in stress and 100% slat in pens with one or two feeders

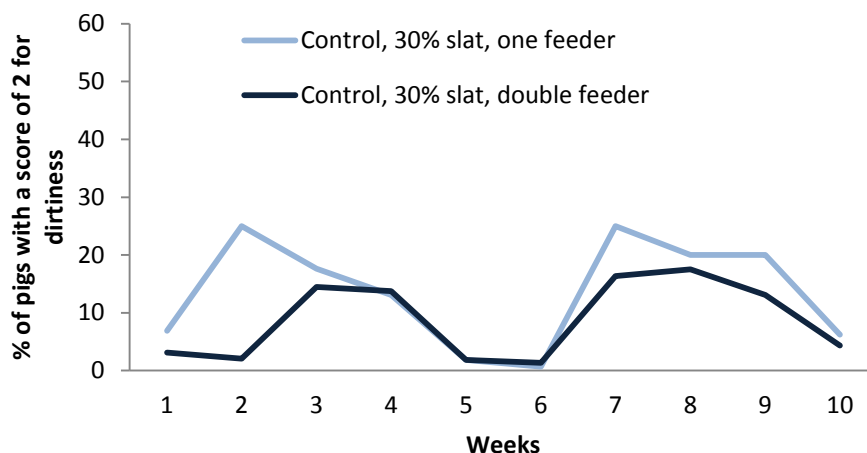


Figure 7. Percentage of animals with a score of 2 for dirtiness along the study (from week 1 to week 10) in control and 30% slat in pens with one or two feeders

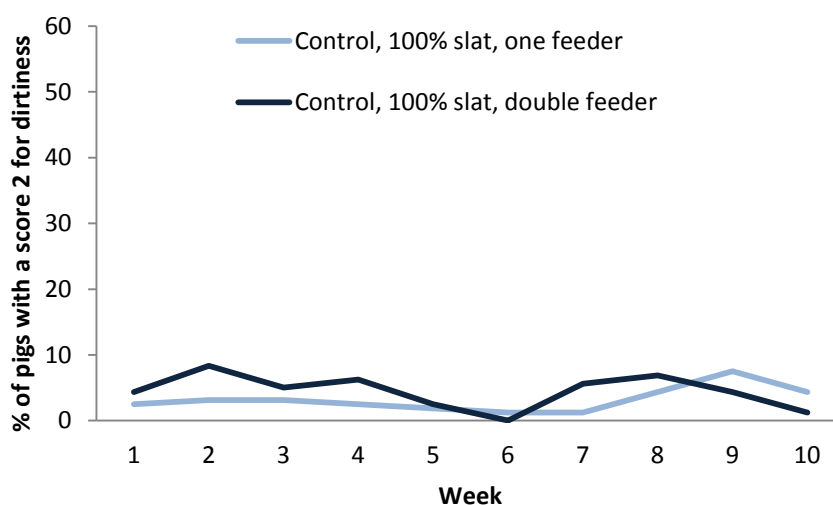


Figure 8. Percentage of animals with a score of 2 for dirtiness along the study (from week 1 to week 10) in control and 100% slat in pens with one or two feeders

3.3. Carcass and meat quality

Most of the parameters assessed in the present study in terms of meat and carcass quality, such as carcass yield, intramuscular fat, pH₁, EC₁, Ec_u, colour, drip loss and shear force were not affected by the environmental temperature treatments applied, floor type or number of feeders in the pens (Table 1). However, the

percentage of lean meat on the carcass and pH_u (24 hours after slaughter), were significantly higher ($P=0.043$ and $P=0.009$, respectively) in control temperature treatment compared with stress temperature treatment (Table 2). An interaction between floor type and environment temperature was also found ($P<0.001$) for lean percentage. In fact, in control environmental temperatures 100% slat gave animals with more lean than 30% slat (54.7 ± 3.8 %; 49.7 ± 1.71 %, respectively), while under heat stress 100% slat gave animals with less lean than 30% slat (50.7 ± 0.87 % for 30% slat and 48.5 ± 2.87 % for 100% slat).

Skatole and indole presence in pig carcasses were positively correlated ($r=0.66$), being both affected by environmental temperatures ($P<0.001$ in both cases). In fact, percentages of skatole and indole were higher in pigs housed under heat stress conditions than those maintained in control environmental conditions. In addition, for indole it was found an effect of type of floor ($P<0.001$), with higher concentrations in carcasses coming from pigs housed in a 30% slatted floor in comparison to pigs housed in a 100% slatted floor (Table 2). An interaction between type of floor and environmental temperatures treatments was also found for indole ($P < 0.001$). In this case, it was found that under heat stress conditions, pigs housed with a 30% slatted floor had higher values of indole than pigs housed in 100% slatted floor (0.05 ± 0.003 and 0.04 ± 0.003 $\mu\text{g/g}$, respectively). On the other hand, the skatole concentration was higher ($P < 0.001$) in males vaccinated against the GnRF than females, although there were no significant interactions between gender and other factors.

Table 1. Carcass and meat quality parameters between temperature, heat stress and floor type treatments, without statistical significance at $p < 0.05$.

Variable	Temperature		Floor		Feeder	
	Heat stress	Control	30%	100%	One	Double
Carcass yield (%)	75.1 $\pm$ 0.65	74.8 $\pm$ 1.02	75.6 $\pm$ 0.44	74.2 $\pm$ 1.24	75.1 $\pm$ 0.87	74.8 $\pm$ 0.81
Intramuscular fat (%)	4.0 $\pm$ 0.11	3.9 $\pm$ 0.09	3.9 $\pm$ 0.09	4.0 $\pm$ 0.10	4.0 $\pm$ 0.11	4.0 $\pm$ 0.14
pH ₁	6.5 $\pm$ 0.14	6.5 $\pm$ 0.22	6.5 $\pm$ 0.11	6.5 $\pm$ 0.26	6.5 $\pm$ 0.20	6.4 $\pm$ 0.18
EC ₁ (mS)	3.5 $\pm$ 0.19	3.6 $\pm$ 0.16	3.8 $\pm$ 0.16	3.29 $\pm$ 0.18	3.5 $\pm$ 0.20	3.6 $\pm$ 0.24
EC _u (mS)	3.0 $\pm$ 0.13	3.2 $\pm$ 0.11	3.0 $\pm$ 0.11	3.1 $\pm$ 0.12	3.0 $\pm$ 0.13	3.2 $\pm$ 0.16
L*	46.4 $\pm$ 0.81	45.7 $\pm$ 0.72	46.3 $\pm$ 0.71	45.8 $\pm$ 0.78	45.6 $\pm$ 0.86	46.5 $\pm$ 1.06
Drip Loss (%)	0.9 $\pm$ 0.37	1.1 $\pm$ 0.31	1.0 $\pm$ 0.34	1.0 $\pm$ 0.37	0.7 $\pm$ 0.41	1.3 $\pm$ 0.50
Shear force (kg)	5.9 $\pm$ 0.62	5.2 $\pm$ 0.54	5.2 $\pm$ 0.47	6.0 $\pm$ 0.56	5.6 $\pm$ 0.61	5.6 $\pm$ 0.78

Data presented in mean $\pm$ SE. pH₁ - pH after one hour *post mortem*, EC₁ – electrical conductivity at one hour *post mortem*, EC_u – electrical conductivity after 24 hours *post mortem*, L* - meat lightness determined at 24 hours *post mortem*.

Table 2. Carcass and meat quality parameters between temperature, heat stress and floor type treatments.

Variable	Temperature		Floor		Feeder	
	Heat stress	Control	30%	100%	One	<u>Double</u>
Slaughter weight (kg)	101.0 ± 1.26 ^b	108.9 ± 1.15 ^a	106.4 ± 0.10 ^a	102.9 ± 1.27 ^b	108.9 ± 0.11 ^a	101.0 ± 1.20 ^b
Carcass weight (kg)	88.5 ± 1.30	91.0 ± 1.16	79.6 ± 0.90	89,9 ± 1.30	92.2 ± 1.16 ^a	87.3 ± 1.30 ^b
Lean meat percentage	49.6 ± 1.72 ^b	52.2 ± 2.70 ^a	50.2 ± 1.16	51.6 ± 3.29	50.3 ± 2.27	51.5 ± 2.15
pH _u	5.5 ± 0.04 ^b	5.7 ± 0.03 ^a	5.6 ± 0.03	5.6 ± 0.04	5.7 ± 0.04	5.5 ± 0.05
Skatole (µg)	0.05 ± 0.002 ^a	0.03 ± 0.002 ^b	0.04 ± 0.002	0.04 ± 0.002	0.04 ± 0.002	0.04 ± 0.002
Indole (µg)	0.05 ± 0.004 ^a	0.02 ± 0.003 ^b	0.06 ± 0.003 ^a	0.01 ± 0.003 ^b	0.04 ± 0.003	0.04 ± 0.004

Data presented in mean ± SE. Different letters in the same treatment row means significance at $p < 0.05$. pH_u - pH after 24 hours *post mortem*.

4. Discussion

Compared to other species, pigs are more sensitive to high environmental temperatures because they have little capacity for sweating and panting is performed less efficiently than in other animals, such as dogs. Furthermore, the fast growing of breeds used for commercial conditions generate more heat due to the high muscular development when compared with ancestors like wild boar. This, in combination with confined housing with high densities in the pens and buildings where several pigs are maintained, difficult that pigs can regulate their heat balance, especially during the hot season in warm countries. Heat stressed pigs have low performance, poor welfare, and by pen fouling they can have higher emissions of odor (Huynh, 2005). The objective of this work is to provide realistic information to the farmers rearing pigs in the Spanish weather conditions, so the heat stress treatment was applied according to the historical values obtained in the area where the study was carried out in the hot season, with mean temperatures higher than 30°C up to 6 hours a day. Control treatment was applied according to the temperatures in the facilities in spring and autumn (from 11 to 25°C).

4.1. Performance

It is well known that in hot conditions pigs reduce their feed intake with subsequent negative consequences in growth performance (Le Dividich et al., 1998). However, most of the results dealing with the effect of high ambient temperatures on pig performance were obtained in experimental facilities on animal individually housed and under controlled sanitary conditions (Reneaudeau, 2009). In commercial conditions, where animals are housed in groups and in consequence the competition for feeding have a role, and sanitary conditions cannot be controlled so efficiently, the effect of heat stress could be accentuated. Under the conditions of the present study, control group was not free of some heat stress, as temperature were sometimes above the 20°C suggested by Ingram (1965) and Christon (1987) as ideal temperatures for finishing pigs (maximum temperature achieved of 25°C in our case). In addition, the

heat stress treatment group was subjected only to a moderate heat stress, as the maximum temperature registered was 32.03°C and temperatures above 30°C were only present up to 6 hours a day. However, even under these two treatments conditions, we found a clear effect in performance, finishing pigs under thermal stress having 7.9 Kg less when compared to control pigs. In their strategies to cope with high environmental temperatures, pigs reduce heat production (Nienaber and Hahn, 1982; Quiniou et al. 2001), with reduction in voluntary feed intake (Quiniou et al. 2001; Nienaber et al, 1996) and in consequence daily gain. The results of Collin et al. (2001) demonstrate a 30% of decrease of voluntary feed intake in finishing pigs (>50 kg) at 33°C, associated with shorter daily ingestion time (-28 %) and consumption time (-34 %). With growing pigs (25 to 50 kg), the negative effects of heat stress are not as great as with heavier finishing pigs (Christon, 1988). This agrees with the results obtained in the present study, as the greatest weight differences between pigs of both temperature treatments was found in the last weighing (WS).

In the last weighing (WS), it was also found that pigs allocated in 30% slat had heavier weights than in 100% slat. A possible explanation to this fact is that animals in 30% slat had the opportunity to cope better with the environment than in 100% slat. In fact, according to Pedersen and Ravn (2008) a solid floor provides more stability to pigs and it is more comfortable to rest (Aarnink et al., 1997). An increased risk of abnormal gait in animals housed on slatted floors compared with solid concrete floors has been described (KilBride, 2009). In addition, Scott et al. (2006) reported that 100% slat floors produces problems such as lameness, bursitis and tail biting in a high percentage than other surfaces. A high level of pen mate-directed behavior could have a negative effect on the productivity of pigs due to disturbances in feeding patterns (Ruiterkamp, 1987).

In our study, a problem of tail biting was detected in one of the pens of room D (100% slatted floor under control temperatures), three animals being affected. However, the incidence was not higher enough to infer clear conclusions about it. On the other hand, a high percentage of solid floor (in our study 70% of floor was solid) can have as well health associated risks as stated by Courboulay et al., (2009) because of the high probability of contamination of floor with a mixture of urine and feces. In fact, health and welfare problems in pig production due to the floor conditions are quite common (Ekkel et al., 1995), being mainly caused by multifactorial diseases.

However, in terms of performance, in the present study 30% slat seems to provide advantages in relation to 100% slatted floor.

In relation to the number of feeders in the pens (ratio 1 feeder per 8 animals vs 1 feeder per 4 animals), we found an unexpected result, as animals with only one feeder were heavier than animals with 2 feeders from period W2 until the end of the study. The hypothesis of the study it was that providing an extra feeder the competence for feeding would be reduced. Under conditions of high temperatures, in the midday animals tend to move their meals to first hour in the morning and last hour at night, so it was expected that providing a second feeder the animals would concentrate the meals easily at this fresh hours and improvements in performance could be observed. However, not only it was not observed an improvement in the pens with a second feeder, but the contrary, animals with one feeder having higher weight gains.

Two causes could explain these results, not being mutually exclusive. The first one is related with space allowance. The space allowance for animals differed from approximately 0.79 m² per animal when one feeder was provided to 0.74 m² per animal when two feeders were provided. Although increased stocking densities has been described as risk factors in relation to levels of aggression in pigs (Ewbank and Bryant, 1972) due to more competition for space, this difference of 6% between treatments probably is not enough to explain by itself the results obtained. Therefore, it should be considered in combination with a second factor, an increased difficulty of maintaining a position in the feeder when two feeders instead of one must be defended. In fact, for practical reasons and to not interfere in the resting and dunging areas of the pen, the double feeders were positioned always side by side. This allocation could give the possibility to the animals to control both feeders at the same time. However, more length of feeder needs to be defended in these cases, being more difficult for animals to protect all the feeding area while eating and in consequence more disturbances or different speed at eating could be expected. Nevertheless, these two explanations are speculative, and in consequence, studies on animal behaviour, including use of feeders and aggressions at the feeding area, should be carried out.

Finally, another point to take into account is the reduced number of animals in the pens of our study. Although it is true that is not uncommon in Spain that at the last

stage of the finishing period animals can be maintained in groups of 8 pigs, it is true that these numbers can range from 8 to 15. It is expected that as biggest the group in pens with a unique feeder, highest the competition for feeding, so this fact must be taken into account if the results obtained in this work need to be extrapolated to bigger groups than 8 animals per pen.

In any case, the results obtained for performance in the present study suggest that in the present housing and environmental conditions is better for the animals to use one than two feeders.

4.2. Dirtiness and meat quality

In relation to the results for dirtiness, it is important to take into account that the rooms were cleaned according to the common practices in most of the commercial farms in the middle of the experiment (around week 5) for sanitary and animal welfare reasons. The consequence was a decrease in the percentage of animals dirty found around this week as can be observed in figures 3 and 7.

For the dirtiness we saw a clear effect in the combination of heat stress and type of floor, being the dirtiest animals those housed under high temperatures conditions and floor with 30% slat.

Heat stress has an effect in dirtiness because animals tend to dissipate the heat lying in their feces and urine to perform temperature exchange with the environment (Aragogo et al., 1999). Pigs are animals with very limited capacity to sweat (Huynh et al., 2005), so they use the heat conduction mechanism to loose temperature by the contact with the floor surface, refreshing their body in humid areas of the floor. In case of intensive systems, usually the unique fresh areas available are the dunging zones (Olsean et al., 2001)

In relation to the type of floor, 30% slat was the one who had the highest percentages of animals getting dirty because of intrinsic design of the floor, accumulating larger amounts of feces and urine on their solid part. Ravn and Pedersen (2008) studying four different type of floor concluded that solid floors had the highest risk of contamination by feces, requiring much more cleanliness management than slatted ones. However, one advantage of solid floor under heat stress conditions is

that provides the animals with a humid surface that helps them to lose temperature. As mentioned above, performance of pigs was better with 30% than 100% slatted floor and reasons such as more stability and comfortability to rest and lower risks of lameness, bursitis and tail biting were discussed (Pedersen and Ravn, 2008; Aarnink et al., 1997; KilBride, 2009; Scott et al. 2006). Nevertheless, a better capacity to lose temperature under heat stress conditions must be also added to this list and taken into account when 30% slat is compared to 100% slat.

On the other hand, dirtiness in a pen and in the animals can be a source of infectious agents (Meunier-Salau, 1989; Hacker et al., 1994) and increases the risk of presence of skatole and indole in the meat. These two compounds, with androstenone (only present in entire males) are the main compounds responsible for boar taint (Hanses et al., 1994; Bonneau et al., 2000; Xue and Dial, 1997). In fact, some authors suggests that indole can be predicted from skatole due to the close relationship and similarity between them (Annor-Frempong et al., 1997), although the correlation we found between them was only moderately high (0.66). Studies with radioactive skatole (Baek et al., 1997) confirmed the absorption through the skin, with a higher absorption through the skin of the belly (40%) than through the skin of the back (6%). Other authors also report accumulation of these compounds in the fat by passing through the lungs in gaseous form when deposited on the floor at high environmental temperatures (Nonbo, 1991).

In the present study both indole and skatole presence in meat had higher values in animals maintained under heat stress conditions than in control rooms. In addition, indole concentrations were higher in 30% slatted floor than 100% slatted floor. These results coincide with those found in dirtiness, confirming the relationship between both factors. Other studies have found similar results. For instance Hansen et al., (1994), Walstra et al., (1999) and Gibis (1994) described highest concentrations of skatole in animals slaughtered at summer than winter. Jensen and Jensen (1993) also described a higher presence of skatole and indole when animals were reared at 38°C than 15°C, by far a higher range of temperatures than those established in the present study. Hansen et al., (1991), working with females and castrated male pigs (similar type of animals than those used in the present work) indicated that high stocking rates (0.6 m² per pig) with the floor dirty with feces and urine might increase skatole

concentration in subcutaneous fat compared with clean pigs with a stocking rate of 0.8 m² per pig, again especially in summer.

The levels of skatole and indole found in meat are just in the threshold considered by some authors (see Hansen et al., 1994; Desmoulin and Bonneau, 1982; Bonneau et al., 1992; Bonneau, 1998) as detectable by consumers (0.5 g per fat gram). Therefore, although this should be confirmed by means of a panel of consumers, it is suspected that the dirtiest animals of the present work, even being females and no entire males, had the risk to produce rejection in the consumers due to boar taint. This is especially important in the case of 30% slat for the indole component, where values of 0.6 g per fat gram were reached.

Therefore, although 30% slat - 70% concrete floor seems to provide the animals with better conditions to lose temperature under heat stress and better results in body weight are obtained, animals get dirtiest and meat with values of skatole and indole very close to be detectable by consumers. Larson et al., (1993) stated that pigs kept clean for only a week before slaughter on 100% slatted floor at high temperatures had lower skatole and indole concentrations in fat than dirty pigs on a concrete floor for only a week before slaughter under the same conditions of temperature. Therefore, it is possible that the undesirable effect of skatole and indole concentrations in the meat of pigs housed in 30% slat could be reduced with a good cleaning of pens the last days before slaughter the animals, increasing as well the cleanliness of pigs for transportation and at the slaughterhouse.

According to St-Pierre et al., (2003), the main problems on meat quality associated to heat stress is a decrease in lipid and protein content, in addition to processing carcass problems due to the sub-optimal growth and the inconsistent market weights. Chronic exposure of growing pigs to a high ambient temperature is associated with enhanced lipid metabolism in the liver and the adipose tissue. As consequence, plasma triglyceride uptake and storage is facilitated in the adipose tissue, which results in greater fatness (Kouba et al., 1999, 2001). Increased fatness in long-term heat exposed pigs is accompanied by changes in the distribution of adipose tissue: a shift of body fat toward internal sites (Le Dividich et al., 1998). The change in fat distribution in pigs exposed to high temperatures would appear as an adaptation to increase heat loss (Le Dividich et al., 1998; Kouba et al., 2001). Accordingly, in the present study animals

housed under control conditions had higher lean percentage (less fat) than animals under heat stress conditions, with a mean difference of 2.6% between them.

Another factor influenced by environmental temperatures was ultimate pH. However in both treatments values were into the normal values for this parameter (from 5.4 to 5.7) and far away from 6.0 to 6.4 that lead the muscle to be DFD pork meat (Bruce and Ball, 1990; Geesink et al., 2000). A possible explanation to this difference could be a different fasting period in animals from both treatments. In fact, although feeders were retired in both treatments at the same time and they were subjected to the same time of transportation and lairage in the slaughterhouse, the real fasting period is unknown as it depends of the exact hour in which each animal individually took the last meal. As exposed previously, if animals under stress conditions ate with a different pattern than animals in control conditions to avoid eating in the midday, real fasting periods would differ in both treatments, and in consequence availability of energy in the muscle during the post-mortem period as well. However, this hypothesis should be confirmed with behavioral observations. Another possible explanation is a better adaptation of pigs subjected to thermal stress during their growing period to the transportation conditions. In fact, one of the main problems of pigs during transportation is the stress associated, that produce an increase in the body temperature (Hambrecht et al., 2004). Under these conditions, pigs used to high temperatures could be more efficient (less energy used) in coping with the situation and in consequence more energy would be available at the post-mortem period. However, explanations, not being mutually exclusive, are speculative and pH values were not out of a correct range in any treatment. Other parameters, such as carcass yield, intramuscular fat, pH₁, EC₁, EC_u, color, drip loss and shear force were not affected neither for environmental temperature treatment, floor type or number of feeders in the pen, so results on meat quality, indole and skatole concentrations apart, were very limited in the present study.

5. Conclusions

Pigs subjected to temperatures above 30°C up to 6 hours a day had lower results on performance, were dirtiest and had higher values of skatole and indole in meat

than pigs maintained in ranges from 11 to 25°C. A supplementary feeder, providing a ratio of four pigs per feeder gave worst results on performance than using a unique feeder with a ratio of eight pigs per feeder, so a supplementary feeder under the conditions of the present study is not suggested. A partially slatted floor, with 30% slat and 70% concrete gave better results on performance than 100% slatted floor, however animals were dirtiest and with the highest concentrations of indole in meat, being around the thresholds described as detectable for consumers.

6. References

- AARNINK, A.J.A., SWIERSTRA, D., VAN DEN BERG, A.J. SPEELMAN, L. Effect of type of slatted floor and degree of fouling of solid floor on ammonia emission rates from fattening piggeries. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.66, p.93-102, 1997.
- AARNINK, A.J.A., SCHRAMA, J.W., VERHEIJEN, R.J.E., STEFANOWSKA, J. Pen fouling in pig houses affected by temperature. In: STOWELL, R.R., BUCKLIN, R., BOTTCHEER, R.W. **Proceedings of the 6th International Symposium on Livestock Environment VI**, Louisville, Kentucky, may, 2001.
- ANNOR-FREMPONG, I.E., NUTE, G.R., WHITTINGTON, F.W. WOOD, J.D. The problem of taint in pork – III. Odour profile of pork fat and the interrelationship between androstenone, skatole and indole concentrations. **Meat Science**, v.47, p.63-76, 1997.
- ARAGOGO, J., ZHANG, R.H., RISKOWSKI, G.L., CHRISTIANSON, L.L., DAY, D.L. Mass transfer coefficient of ammonia in liquid swine manure and aqueous solutions, **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.73, p.77-86, 1999.
- BABOL, J., SQUIRES, E.J., LUNDSTROM, K. Relationship between metabolism of androstenone and skatole in intact male pigs. **Journal of Animal Science**, v.77, n.1, p.84-92, 1999.
- BAEK, C., HANSEN-MOLLER, J., FRIIS, C., CORNETT, C., HANSEN, S.H. Identification of selected metabolites of skatole in plasma and urine from pigs. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.45, p.2332-2340, 1997.
- BELLEGO, L., VAN MILGEN, J., NOBLET, J. Effect of high temperature and low-protein diets on the performance of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, n.3, p.691-701, 2002.
- BONNEAU, M., LE DENMAT, M., VAUDELET, J.C., VELOSO NUNES, J.R., MORTENSEN, A.B., MORTENSEN, H.P., Contributions of fat androstenone and skatole to boar taint: I. Sensory attributes of fat and pork meat. **Livestock Production Science**, v.32, p.63-80, 1992.

BONNEAU, M., PUIGGALI, J.R. Influence of heartwood-spawood proportions on the drying kinetics of a board, **Wood Science and Technology**, v.28, p.67-85, 1993.

BONNEAU, M. Use of entire males for pig meat in the European Union. In: **Proceedings of the 44th ICOMST**, p.192-205, Barcelona, Spain, 1998.

BONNEAU, M., KEMPSTER, A.J., CLAUS, R., CLAUDI-MAGNUSSEN, C., DIESTRE, A., TORNBERG, E., COOK, G.L. An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: I. Presentation of the programme and measurement of boar taint compounds with different analytical procedures. **Meat Science**, v.54, n.3, p.251-259, 2000.

BRUCE, H.L. and BALL, R.O. Postmortem interactions of muscle temperature, pH and extension on beef quality. **Journal of Animal Science**, v.68, p.4167-4175, 1990.

CHRISTON, R. The effect of tropical ambient temperature on growth and metabolism in pigs. **Journal of Animal Science**, v.66, p.3112-3123, 1988.

CIE - Commission International de l'Eclairage (1976) Colorimetry, 2nd edn., Vienna.

CISCAR, J.C., IGLESIAS, A., FEYEN, L., SZABÓ, L., REGEMORTER, D.V., AMELUNG, B., NICHOLLS, R., WATKISS, P., CHRISTENSEN, O.B., DANKERS, R., GARROTE, L., GOODESS, C.M., HUNT, A., MORENO, A., RICHARDS, J., SORIA, A. Physical and economic consequences of climate change in Europe. **Postdam Institute for Climate Impact Research**, v.108, n.7, p.2678-2683, 2010.

COLLIN, A., VAN MILGEN, J., DUBOIS, S., NOBLET, J. Effect of high temperature on feeding behaviour and heat production in group-housed young pigs. **British Journal of Nutrition**, v.86, p.63-70, 2001.

COURBOULAY, V., EUGÈNE, A., DELARUE, E. Welfare assessment in 82 pig farms: effect of animal age and floor type on behaviour and injuries in fattening pigs. **Animal Welfare**, v.18, p.515-521, 2009.

DESMOULIN, B., BONNEAU, M., FROUIN, A., BIDARD, J.P. Consumer testing of pork and processed meat from boars: the influence of fat androstenone level. **Livestock Production Science**, v.9, p.707-715, 1982.

DUNSHAE, F.R., COLANTONI, C., HOWARD, K., MC CAULEY, I., JACKSON, P., LONG, K.A., LOPATICKI, S., NUGENT, E.A., SIMONS, J.A., WALKER, J., HENNESSY, D.P. Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2524-2535, 2001.

EKKEL, E.D., VAN DOORN, C.E., HESSING, M.J., TIELEN, M.J. The Specific-stress-free housing system has positive effects on productivity, health, and welfare of pigs. **Journal of Animal Science**, v.73, p.1544-1551, 1995.

EWBANK, R. and BRYANT, M.J. Aggressive behavior amongst groups of domesticated pigs kept at various stocking rates. **Animal Behavior**, v.20, 1972.

GALWEY, W.J., TARRANT, P.V. An investigation of high pH24 pig meat in Irish bacon factories. **Irish Journal of Food and Technology**, v.2, p.21-30, 1978.

GARCÍA-REGUEIRO, J.A. and RIUS, M.A. Rapid determination of skatole and indole in pig back fat by normal-phase liquid chromatography. **Journal Chromatography**, v.809, n.1-2, p.246-251, 1998.

GEESINK, G.H., BEKHIT, A.D., BICKERSTAFFE, R. Rigor temperature and meat quality characteristics of lamb longissimus muscle. **Journal of Animal Science**, v.78, p.2842-2848, 2000.

GIBIS, M. Einfluss der Substanzen Indol und Skatol auf die Schweinefleischqualität. Dissertation der Universität Hohenheim, Hhenheim, 1994.

HACKER, R.R. OGILVIE, J.R., MORRISON, W.D., KAINS, F. Factors affecting excretory behavior of pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, p.1455-1460, 1994.

HAMBRECHT, E.; EISSEN, J.J., NOOIJEN, R.I.J., DUCRO, B.J., SMITS, C.H.M., DEN HARTOG, L.A., VERSTEGEN, M.W.A. Preslaughter stress and muscle energy largely determine pork quality at two commercial processing plants. **American Society of Animal Science**, v.82, n.5, p.1401-1409, 2004.

HANSEN, L.L., BARTON-GADE, P., VORUP, P. Effect of mixing "peaceful" or aggressive" pigs at abattoirs on their behaviour and meat quality. **Proceedings of the international congress of the Society for Veterinary Ethology**, twenty-fifth anniversary 1966-1991, on applied animal behaviour. Ed. APPLEBY, M.C., HORREL, R.I., PETHERICK, J.C., RUTTER, S.M., p.88. Universities Federation for Animal Welfare, 1991.

HANSEN-MOLLER, J. Determination of indolic compounds in pig back fat by solid-phase extraction and gradient high-performance liquid chromatography with special emphasis on the boar taint compound skatole. **Journal of Chromatography**, v.624, p.479-490, 1992.

HANSEN, L.L., LARSEN, A.E., JENSEN, B.B., HANSEN-MOLLER, J., BARTON-GADE, P. Influence of stocking rate and faeces deposition in the pen at different temperatures on skatole concentration (boar taint) in subcutaneous fat. **Animal Production**, v.59, n.1, p.99-110, 1994.

HEITMAN, H and HUGHES, E.H. The effects of air temperature and relative humidity on the physiological well-being of swine. **Journal of Animal Science**, v.8, n.2, p.171-181, 1949.

HUYNH, T.T.T. **Heat stress in growing pigs**. PhD. Thesis, Wageningen Institute of Animal Science, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, 2005.

HUYNH, T. and AARNINK, A. Heat stress in pigs. **Pig progress**, v.21, n.3, p.30-32, 2005.

HUYNH, T.T.T., AARNINK, A.J.A., VERSTEGEN, M.W.A., GERRITS, W.J.J., HEETKAMP, M.J.W., CANH, T.T. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. **Journal of Animal Science**, v.83, n.6, p.1385-1396, 2005.

INGRAM, D.L. The effect of humidity on temperature regulation and cutaneous waterloss in the young pig. **Research in Veterinary Science**, v.6, p.9-17, 1965.

IPCC WGI. SOLOMON, S., QIN, D., MANNING, M., CHEN, Z., MARQUIS, M. TIGNOR, K.B.M. MILLER, H.L. Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.

JENSEN, B.B. and JENSEN, M.T. Microbial production of skatole in the digestive tract of entire male pigs. In: JENSEN, W.K. **Skatole and boar taint**, Danish Meat Research Institute, Roskilde, Denmark, p.41-76, 1998.

JUDGE, M.D. Environmental stress and meat quality. **Journal of Animal Science**, v.28, n.6, 1969.

KERR, B.J.; YEN, J.T.; NIENABER, J.A. et al. Influences of dietary protein level, amino acid supplementation and environment temperature on performance, body composition, organ weights and total heat production of growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1998-2007, 2003.

KOUBA, M., BONNEAU, M., NOBLET, J. Relative development of subcutaneous, intermuscular, and kidney fat in growing pigs with different body compositions. **Journal of animal Science**, v.77, n.3, p.622-629, 1999.

KOUBA, M., HERMIER, D., LE DIVIDICH, J. Influence of a high ambient temperature on lipid metabolism in the growing pig. **Journal of Animal Science**, v.79, n.1, p.81-87, 2001.

KILBRIDE, A.L., GILLMAN, C.E., GREEN, L.E. A cross-section study of the prevalence of lameness in finishing pigs, gilts and pregnant sows and associations with limb lesions and floor types on commercial farms in England. **Animal Welfare**, v.18, n.3, p.215-224, 2009.

KRISTENSEN, L., THERKILDSEN, M., AASLYNG, M.D. OKSBJERG, N., ERTBJERG, P. Compensatory growth improves meat tenderness in gilts but not in barrows. **Journal of Animal Science**, v.82, p.3617-3624, 2004.

LARSEN, A.E., HANSEN, L.L., HANSEN-MOLLER, J. Influence of keeping pigs heavily fouled with faeces or clean for at least a week at high stocking rate and high temperature on skatole concentration in subcutaneous fat (boar taint). **Proceedings of the forty-fourth meeting of the European Association for Animal Production**, Commission on Pig Production, session II. Meat Production with entire males, v. II, p.350-351, 1993.

LE DIVIDICH, J., NOBLET, J., HERPIN, P., VAN MILGEN, J., QUINIOU, N. Thermoregulation. In: WISEMAN, J.J., VARLEY, M.A., CHADWICK, J.P. **Progress in Pig Science**, Nottingham, Nottingham University Press, p. 229-264, 1998.

LINDEMANN, M.D., KORNEGAY, E.T., MELDRUM, J.B., SCHURING, G., GWAZDAUSKAS, F.C. The effect of feeder space allowance on weaned pig performance, **Journal of Animal Science**, v.64, n.1, p.8-14, 1987

MANNO, M.C., OLIVEIRA, R. F.M., DONZELE, J.L., FERREIRA, A.S., OLIVEIRA, W. P., LIMA, K. R.S., VAZ, R.G.M.V. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos dos 15 aos 30Kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1963-1970, 2005.

MARTÍNEZ-RAMÍREZ, H.R. Characterization of the dynamics of body protein deposition response following sudden changes in amino acid intake. MSc Thesis. Departament of Animal and Poultry Science, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada, 2005.

MCKEE, S.R., HIRSCHLER, E.M., SAMS, A.R. Physical and Biochemical Effects of Broiler Breast Tenderization by Aging after Pre-rigor Deboning. **Journal of Food Science**, v.62, p.959-962, 1997.

MELVIN, T., YOKOYAMA, D. JAMES, R., CARLSON, D. Microbial metabolites of tryptophan in the intestinal tract with special reference to skatole. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v.32, p.173-178, 1979.

MEUNIER-SALAÜN, M.C. Relations comportementales du porc avec son environnement: critères de valuation des systems de lavage. **Journè es de la Recherche Porcine**, v.21, p.281-296, 1989.

NAKONECZNA, I., FORBES, J.C., ROGERS, K.S. The arthritogenic effect of indole, skatole and other tryptophan metabolites in rabbits. **Animal Journal of Pathology**, v.57, n.3, p.523-538, 1969.

NIENABER, J.A. and HAHN, G.L. Heat production and feed intake of ad-libitum-fed growing swine as affected by temperature. **American Society of Agricultural Engineers Paper**, p.4065, St Joseph, MIASAE, 1982.

NIENABER, J.A., HAHN, G.L., MCDONALD, T.P., KORTHALS, R.L. Feeding pattern and swine performance in hot environments. **Transactions of the ASAE**. v.39, n.1, p.195-202, 1996.

NONBOE, U. Biological mechanisms behind skatole concentration in backfat. **Hangriseproduktion**, n.1991, p.497, 1991.

O'BRIEN, M.D., RHOADS, R.P., SANDERS, S.R., DUFF, G.C. BAUMGARD, L.H. Metabolic adaptations to heat stress in growing cattle. **Domestic Animal Endocrinology**, v.38, p.86-94, 2010.

OLSEN, A.W., DYBKJAER, L., SIMONSEN, H.B. Behaviour of growing pigs kept in pens with outdoor runs. II Temperature regulatory behaviour, comfort behaviour and dunging preferences. **Livestock Production Science**, v.69, p.265-278, 2001.

PERDERSEN, J.K., MORTENSEN, A.B., MADSEN, A., MORTENSEN, H.P., HYLDGAARD-JENSEN, J. Foderets indflydelse på ornelugt i svinekod. **Statens Husdybrugsgorsog**, Meddelelse, 4p., 1986.

PEDERSEN, S., RAVN, P. Characteristics of floor for pig pens: friction, shock absorption, ammonia emission and heat conduction. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, v.X, p. 1-17, 2008.

QUINIOU, N. and NOBLET, J. Influence of high temperature of multiparous lactating sows. **Journal of Animal Science**, v.77, p.2124-2134, 1999.

QUINIOU, N., DUBOIS, S., NOBLET, J. Voluntary feed intake and feeding behavior of group-housed growing pigs are affected by ambient temperature and body weight. **Livestock Production Science**, v.63, p.245-253, 2000.

QUINIOU, N., NOBLET, J., VAN MILGEN, J., DUBOIS, S. Modelling heat production and energy balance in group-housed growing pigs exposed to cold or hot ambient temperatures. **British Journal of Nutrition**, v.85, p.97-106, 2001.

RANTZER, D., SVENDSEN, J., WESTROM, B. Effects of a strategic Feed restriction on pig performance and health during post-weaning period. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science**, v.46, p.219-226, 2009.

RASMUSSEN, A.J., ANDERSSON, M. New method for determination of drip loss in pork muscles. In: Hildrum, Risvik (Eds.), **Proceedings of the 42nd International Congress of Meat Science and Technology**, Lilehammer, Norway, p. 286-287, 1996.

RENAUDEAU, D. Effect of housing conditions (clean vs. dirty) on growth performance and feeding behavior in growing pigs in a tropical climate. **Tropical Animal Health Production**, v.41, p.559-563, 2009.

RHOADS, M.L., RHOADS, R.P., VANBAALE, M.J., COLLIER, R.J., SANDERS, S.R., WEBER, W.J., CROOKER, B.A., BAUMGARD, L.H. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. **Journal of Dairy Science**, v.92, p.1986-1997, 2009.

RUITERKAMP, W.A. The behavior of grower pigs in relation to housing systems. **Netherland Journal of Agricultural Science**, v.35, p.67-70, 1987.

SCOTT, K., CHENNELLS, D.J., CAMPBELL F.M., HUNT, B., ARMSTRONG, D., TAYLOR, L., GILL, B.P., EDWARDS, S.A. The welfare of finishing pigs in two contrasting housing systems: fully-slatted versus straw-bedded accommodation. **Livestock Science**, v.102, p.104-115, 2006.

SHWARTZ, G., RHOADS, M.L., VANBAALE, M.J., RHOADS, R.P., BAUMGARD, L.H. Effects of a supplemental yeast culture on heat-stressed lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.92, p.935-942, 2009.

SPOELSTRA, S.F. Simple phenols and indoles in anaerobically stored piggery wastes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.28, p. 415-423, 1977.

ST-PIERRE, N.R., COBANOV, B., SCHNITKEY, G. Economic Losses from heat stress by US Livestock Industries. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.E52-E77, 2003.

PIERRE, N.R., B. COBANOV, AND G. SCHNITKEY. Economic losses from heat stress by U.S. livestock industries. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.52-77, 2003.

UDESEN, F.K. Entire male pig production with low proportion of pigs sorted out. **Congress for swine produce center**, Herning, p.20-21, 1992.

VAN MILGEN, J. and NOBLET, J. Partitioning of energy intake to heat, protein and fat in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, n.14, s.2, p.E86-E93, 2003.

VARGAS VARGAS, J., CRAIG, J.V., HINES, R.H. Effects of feeding systems on social and feeding behavior and performance of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.65, p.463, 1987.

XUE, J., DIAL, G.D. Raising intact male pigs for meat: detecting and preventing boar taint. **Swine Health and Production**, v.5, n.4, p.151-158, 1997.

WALSTRA, P., CLAUDI-MAGNUSSEN, C., CHEVILLON, P., VON SETH, G., DIESTRE, A., MATTHEWS, K.R., HOMER, D.B., BONNEAU, M. An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: levels of androstenone and skatole by contry and season. **Livestock Production Science**, v.62, p.15-28, 1999.

WELFARE QUALITY® (2009). Assessment protocol for cattle. Available at: <http://www.welfarequality.net>. Acess: 17 Agost. 2015.

WHAY, H.R., LEEB, C. MAINT, D.C.J., GREEN, L.E., WEBSTER, A.J.F. Preliminary assessment of finishing pig welfare using animal-based measurements. **Animal Welfare**, v.16, p.209-211, 2007.

WHEELLOCK, J.B., RHOADS, R.P., VANBAALE, M.J., SANDERS, S.R., BAUMGARD, L.H. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.93, p.644-655, 2010.