

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

DESEMPENHO, QUALIDADE DE CARNE E ESTRESSE DE
SUÍNOS SUPLEMENTADOS COM RACTOPAMINA

NATÁLIA BORTOLETO ATHAYDE

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Zootecnia como
parte das exigências para obtenção do
título de Mestre.

BOTUCATU - SP
Junho - 2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

DESEMPENHO, QUALIDADE DE CARNE E ESTRESSE DE
SUÍNOS SUPLEMENTADOS COM RACTOPAMINA

NATÁLIA BORTOLETO ATHAYDE
Zootecnista

ORIENTADOR: PROF. DR. ROBERTO DE OLIVEIRA ROÇA
CO-ORIENTADORES: DR. OSMAR ANTONIO DALLA COSTA
e DR^a. CHARLÍ BEATRIZ LUDTKE

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Zootecnia como
parte das exigências para obtenção do
título de Mestre.

BOTUCATU - SP
Junho – 2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO UNESP -FCA - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Athayde, Natália Bortoleto, 1984-
A865d Desempenho, qualidade de carne e estresse de suínos suplementados com ractopamina / Natália Bortoleto Athayde. - Botucatu : [s.n.], 2010.
xv, 106 f.: il., color, tabs.

Dissertação (mestrado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2010.

Orientador: Roberto de Oliveira Roça
Co-orientador: Osmar Antonio Dalla Costa
Co-orientador: Charli Beatriz Ludtke
Inclui bibliografia.

1. Agonista β -adrenérgico. 2. Bem-estar. 3. Nutrição.
4. Carne. 5. Suíno. 6. Desempenho. I. Roça, Roberto de Oliveira. II. Dalla Costa, Osmar Antonio. III. Ludtke, Charli Beatriz. IV. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. V. Título.

Desejo

*Desejo primeiro que você ame,
E que amando, também seja amado.
E que se não for, seja breve em esquecer.
E que esquecendo, não guarde mágoa.*

*Desejo, pois, que não seja assim,
Mas se for, saiba ser sem desesperar.*

*Desejo também que tenha amigos,
Que mesmo maus e inconseqüentes,
Sejam corajosos e fiéis,
E que pelo menos num deles
Você possa confiar sem duvidar.*

*E porque a vida é assim,
Desejo ainda que você tenha inimigos.
Nem muitos, nem poucos,
Mas na medida exata para que, algumas vezes,
Você se interpele a respeito de suas próprias
certezas.
E que entre eles, haja pelo menos um que seja
justo,
Para que você não se sinta demasiado seguro.*

*Desejo depois que você seja útil,
Mas não insubstituível.
E que nos maus momentos,
Quando não restar mais nada,
Essa utilidade seja suficiente para manter você de
pé.*

*Desejo ainda que você seja tolerante,
Não com os que erram pouco, porque isso é fácil,
Mas com os que erram muito e irremediavelmente,
E que fazendo bom uso dessa tolerância,
Você sirva de exemplo aos outros.*

*Desejo que você, sendo jovem,
Não amadureça depressa demais,
E que sendo maduro, não insista em rejuvenescer
E que sendo velho, não se dedique ao desespero.
Porque cada idade tem o seu prazer e a sua dor,
É preciso deixar que eles escorram por entre nós.*

*Desejo por sinal que você seja triste,
Não o ano todo, mas apenas um dia.
Mas que nesse dia descubra
Que o riso diário é bom,
O riso habitual é insosso e o riso constante é
insano.*

*Desejo que você descubra,
Com o máximo de urgência,
Acima e a respeito de tudo, que existem oprimidos,
Injustiçados e infelizes, e que estão à sua volta.*

*Desejo ainda que você afague um gato,
Alimente um cuco e ouça o João-de-Barro
Erguer triunfante o seu canto matinal
Porque, assim, você se sentirá bem por nada.*

*Desejo também que você plante uma semente,
Por mais minúscula que seja,
E acompanhe o seu crescimento,
Para que você saiba de quantas
Muitas vidas é feita uma árvore.*

*Desejo, outrossim, que você tenha dinheiro,
Porque é preciso ser prático.
E que pelo menos uma vez por ano
Coloque um pouco dele
Na sua frente e diga "Isso é meu",
Só para que fique bem claro quem é o dono de
quem.*

*Desejo também que nenhum de seus afetos morra,
Por ele e por você,
Mas que se morrer, você possa chorar
Sem se lamentar e sofrer sem se culpar.*

*Desejo por fim que você sendo homem,
Tenha uma boa mulher,
E que sendo mulher,
Tenha um bom homem
E que se amem hoje, amanhã e nos dias seguintes,
E quando estiverem exaustos e sorridentes,
Ainda haja amor para recomeçar.
E se tudo isso acontecer,
Não tenho mais nada a te desejar.*

(Victor Hugo).

Dedico este trabalho...

*Aos meus pais Eduardo e Meg,
às minhas irmãs Clarissa e Marina,
à minha avó Maria Conceição,
ao meu inesquecível avô Dr. Galba...*

Minha família: meu alicerce, meu refúgio, meu porto seguro.

Agradecimentos

Para a realização de um projeto desta dimensão, são necessárias muitas parcerias, muitas pessoas envolvidas em diversos setores, sejam elas financiando o projeto, auxiliando na execução da parte prática ou laboratorial, fazendo companhia, aconselhando, ensinando, dando apoio moral.

Em função disso, gostaria de agradecer todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste projeto:

À Deus por iluminar meu caminho, guiar meus passos e por sempre colocar pessoas especiais na minha trajetória.

À minha família pelo amor, apoio, ensinamentos e compreensão.

Ao Prof. Roberto de Oliveira Roça, Mestre e amigo, pela confiança, oportunidade e orientação concedidas.

Ao meu co-orientador Osmar Antonio Dalla Costa pelo auxílio e apoio na condução desse trabalho.

À minha grande idealizadora e co-orientadora Charlí Beatriz Ludtke, pela amizade e pelo voto de confiança.

Ao meu conselheiro Antonio Lourenço Guidoni, pelo desenvolvimento da análise estatística do projeto e pelas conversas filosóficas.

Aos amigos Gustavo J. M. M. Lima, Marcelo Mieli e Terezinha Marisa Bertol pelos ensinamentos.

Às professoras Eunice Oba e Regina Kiomi Takahira pelo auxílio na execução das análises bioquímicas.

Aos meus companheiros do departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial: Ernani Nery de Andrade, Cleise de Oliveira Sigarini, Quézia Pereira

Borges da Costa, Lúcio Vilela Carneiro Girão, Marcelo Golmia e Aurélia Pereira de Araújo, pela alegria do convívio diário, amizade, apoio e pelas tantas risadas.

Aos funcionários do departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial Wilson, Cecília, Nilton, João e Dona Cida pelo apoio.

À minha segunda família, equipe da Embrapa Suínos e Aves, em especial ao Luís Carlos Ajala, Dirceu da Silva, Dirceu Baldi, Édio Luiz Klein, Caio Zuin, Guilherme Oberlender, Juliana Ribas, Graciela Vortmann, pelo auxílio do experimento à campo e análises laboratoriais.

Aos meus “pais adotivos” Suelei da Silva, Pedro e Marlí Savoldi, que me acolheram em suas casas tornando mais gostosa e agradável minha estada em Concórdia/SC durante a realização da parte prática do projeto.

Ào Claudemir, Marlene e Mariana Rettmann pela confiança, ensinamentos e pela gentileza em abrir as porteiras da sua propriedade em Alto Bela Vista/SC para instalação do experimento.

Às irmãs de coração Cassiele Dalle Daste, Juliana Spanguero Nakayama, Rosângela do Nascimento Fernandes e Namíbia Teixeira pelos momentos de cumplicidade e amizade.

Aos queridos amigos Maristela Perotti, Sônia Holdefer, Ingrid Beatriz Lermen Agnes, Jaqueline Bianca Klein, Sílvia da Silva, Fábio Fausto Colombo, Neilson Cassimiro da Silva, pelos momentos de descontração.

À Cooperativa de Produção e Consumo Concórdia (COPÉRDIA), em nome de Clênio Arboit e Cooperativa Central Oeste Catarinense (Aurora Alimentos Ltda.), pela parceria e apoio para desenvolvimento deste projeto.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP – pelo Auxílio à Pesquisa e pela da Bolsa de Mestrado.

Aos mestres Prof. Dr. Dirlei Antonio Berto e Prof. Dr. André Mendes Jorge pelas sensatas contribuições na qualificação desta dissertação.

E claro, aos suínos. Meu eterno respeito.

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1.....	01
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	02
1. Introdução.....	02
2. O suíno doméstico.....	02
3. Panorama da produção de carne suína.....	03
4. Bem-estar animal.....	04
5. Caracterização do estresse.....	06
6. Formas de avaliação do estresse.....	07
7. Parâmetros fisiológicos do estresse.....	07
7. 1. Cortisol.....	07
7. 2. Lactato e creatina fosfoquinase.....	08
8. Ractopamina.....	09
8.1. Estrutura.....	09
8.2. Mecanismo de ação.....	09
8.3. Benefícios do uso.....	11
9. Qualidade de carne e Ractopamina.....	13
9.1. Parâmetros físico-químicos.....	13
9.2. Parâmetro visual.....	15
10. Referências.....	17
 CAPÍTULO 2.	 26
DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E ANÁLISE ECONÔMICA DE SUÍNOS SUPLEMENTADOS COM RACTOPAMINA EM CONDIÇÕES DE PRODUÇÃO COMERCIAL	
Resumo.....	27
Abstract.....	28
1. Introdução.....	29
2. Material e Métodos.....	29
2.1. Local, animais e manejo na granja.....	29
2.2. Arraçamento.....	30
2.3. Avaliações de desempenho.....	31
2.4. Manejo pré-abate.....	31
2.5. Classificação das carcaças.....	32

2.6. Análise econômica.....	32
2.6.1. Custo das rações.....	32
2.6.2. Índice de Bonificação de carcaça.....	33
2.6.3. Receita líquida gerada pela venda dos suínos experimentais.....	34
2.6.4. Margem bruta inerente à alimentação.....	34
2.7. Análise estatística.....	34
3. Resultados e Discussão.....	35
3.1. Análise do desempenho.....	35
3. 2. Análise das características de carcaça.....	38
3. 3. Análise econômica.....	42
4. Conclusão.....	44
5. Agradecimentos.....	44
6. Referências.....	45
 CAPÍTULO 3.....	 50
QUALIDADE DE CARNE DE SUÍNOS SUPLEMENTADOS COM RACTOPAMINA EM CONDIÇÕES DE PRODUÇÃO COMERCIAL	
Resumo.	51
Abstract.....	52
1. Introdução.....	53
2. Material e Métodos.....	53
2.1. Local, animais e manejo na granja.....	53
2.2. Arraçoamento.....	54
2.3. Manejo pré-abate.....	55
2.4. Avaliações de qualidade de carne.....	56
2. 4.1. pH e temperatura.....	56
2. 4. 2. Cor.....	56
2. 4. 3. Perda de água por exsudação.....	56
2. 4. 4. Perda de água por cocção.....	57
2. 4. 5. Força de cisalhamento.....	57
2. 4. 6. Marmorização	57
2. 4. 7. Classificação qualitativa da distribuição de carnes, em função do pH _v e L*.....	57
2. 5. Análise estatística.....	58

3. Resultados e Discussão.....	59
3. 1. pH e Temperatura.....	63
3. 2. Perda de água por exsudação.....	63
3. 3. Perda de água por cocção.....	64
3. 4. Força de cisalhamento.....	64
3. 5. Cor.....	65
3. 6. Marmorização.....	66
3. 7. Classificação qualitativa da distribuição de carcaças.....	66
4. Conclusão.....	68
5. Agradecimentos.....	68
6. Referências.....	68
 CAPÍTULO 4.....	 74
SUSCEPTIBILIDADE AO ESTRESSE DE SUÍNOS SUPLEMENTADOS COM RACTOPAMINA EM CONDIÇÕES DE PRODUÇÃO COMERCIAL	
Resumo.	75
Abstract.....	76
Introdução.....	77
Material e Métodos.....	78
Local, animais e manejo na granja.....	78
Arraçamento.....	79
Manejo pré-abate.....	79
Avaliação do estresse	80
Comportamento e bem-estar.....	80
Lesões de pele e carcaça	82
Parâmetros fisiológicos do estresse	82
Cortisol.....	83
Lactato e creatina fosfoquinase.....	83
Resultados e Discussão.....	84
Comportamento e bem-estar.....	84
Lesões de pele e carcaça	88
Parâmetros fisiológicos do estresse	90
Lactato.....	92
Cortisol.....	92
Creatina fosfoquinase.....	93

Conclusão.....	95
Literatura Citada	95
CAPÍTULO 5.....	102
IMPLICAÇÕES.....	103
ANEXOS.....	104

LISTA DE ABREVIATURAS, SIMBOLOS E SIGLAS

\$ - dólares

(ts)_{ik} - efeito da interação níveis de inclusão de ractopamina, condição sexual

μ - média geral da resposta no experimento

μg - microgramas

a* - variação entre a coloração vermelha (+a*) a verde (-a*)

a.C. - antes de Cristo

ABA - agonista β -adrenérgico

ABIEPCS - Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína

AC - enzima adelinato ciclase

ACTH - adrenocorticotropina

AMPc - monofosfato cíclico de adenosina

AMSA - *American Meat Science Association*, Associação Americana de Ciência da Carne

ATP - trifosfato de adenosina

b* - variação entre a coloração amarelo (+b*) a azul (-b*)

b_j - efeito do bloco j

CA - conversão alimentar

CEEA - Câmara de Ética em Experimentação Animal

CIELAB - sistema mais utilizado para avaliações de cor em alimentos

CK - outra nomenclatura dada à enzima creatina fosfoquinase

CK-BB - isoenzima de creatina fosfoquinase

CK-MB - isoenzima de creatina fosfoquinase

CK-MM - isoenzima de creatina fosfoquinase

CK-Mt - isoenzima mitocondrial de creatina fosfoquinase

cm - centímetros

COPERDIA - Cooperativa de Produção e Consumo Concórdia

CPK - enzima creatina fosfoquinase

CRH - hormônio liberador de corticotropina

CV - coeficiente de variação

dL - decilítros

DFD - sigla inglesa de *Dark, Firm, Dry* - escura, firme e seca

E - enzima

$e_{j|k}$ - erro aleatório não observável suposto seguir a distribuição normal de média zero e variância constante

EPO4 - enzima fosforilada

FAESC - Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Santa Catarina

FAPESP - Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo

FAWC - *Farm Animal Welfare Council*- Comitê de Bem-estar de Animais de Produção

FDA - *Food and Drugs Administration*, Administração de drogas e alimentos

g - gramas

Gs - proteína ativa

h - hora

Kcal - quilocalorias

Kg - quilogramas

L* - luminosidade, brilho ou reflectância

LD - músculo *Longissimus dorsi*

Ltda. - Limitada

m² - metros quadrados

ml - mililitros

Mb - mioglobina

mm - milímetros

mmol - milimol

n^o - número

NC - não classificadas em nenhuma outra categoria de carnes

NPPC - *National Pork Production Council*, Conselho Nacional de Produção de Carne Suína

°C - Graus Celsius

pH - potencial hidrogênio iônico

pH_i - pH inicial, avaliado 45 minutos após o abate

pH_u - pH final, avaliado 24 horas após o abate

PKA - proteína quinase A

ppm - partes por milhão

PSE - sigla inglesa de *Pale, Soft, Exudative* - carne pálida, flácida, exsudativa

PSS - *Pork Stress Syndrome* - síndrome do estresse suíno

RFN - sigla inglesa de *Red, Firm, Non-exudative* – carne avermelhada, firme, não exsudativa

RSE - sigla inglesa de *Red, Soft, Exudative* – carne avermelhada, flácida, exsudativa

R\$ - reais

SAS - *Statistical Analysis System*, Sistema de Análise Estatística

SC - Santa Catarina

SEUROP - Sistema europeu de classificação da carne suína

s_k - efeito da condição sexual k

SM - músculo *Semimembranosus*

t_i - efeito do nível de inclusão de ractopamina i

V - voltz

Y_{jik} - observação da resposta pertencente ao bloco j, nível de inclusão de ractopamina i, condição sexual k

β - beta

βAR - receptor β-adrenérgico

LISTA DE TABELA

	Página
CAPÍTULO 2	
Tabela 1 - Rendimento de carne magra (%) no Sistema Europeu.....	32
Tabela 2 - Composição percentual e custo por kg das rações	33
Tabela 3 - Médias e coeficientes de variação dos parâmetros de desempenho de suínos machos castrados e fêmeas suplementados com diferentes níveis de ractopamina na dieta.....	36
Tabela 4 - Médias e coeficientes de variação das características de carcaça de suínos machos castrados e fêmeas suplementados com diferentes níveis de ractopamina na dieta.....	39
Tabela 5 - Porcentagem de carcaças em função dos níveis de ractopamina na dieta de suínos, dentro de cada categoria de carcaça, de acordo com a classificação do Sistema Europeu.....	41
Tabela 6 - Porcentagem de carcaças em cada categoria de carcaça, em função do nível de ractopamina na dieta de suínos, de acordo com a classificação do Sistema Europeu.....	42
Tabela 7 - Médias e coeficientes de variação dos parâmetros utilizados para a análise econômica em função da suplementação com diversos níveis de ractopamina na dieta de suínos machos castrados e fêmeas.....	43
CAPÍTULO 3	
Tabela 1 - Classificação da qualidade de carne suína por meio do pH _u e luminosidade (L*).....	58
Tabela 2 - Médias e coeficientes de variação dos valores de pH e temperatura (inicial e final), perda de água (por exsudação e cocção) e força de cisalhamento - avaliados no músculo <i>Longísimus dorsi</i> de suínos machos castrados e fêmeas suplementados com diferentes níveis de ractopamina na dieta.....	60

Tabela 3 - Médias e coeficientes de variação dos escores de cor (CIELAB e Padrão Japonês), marmorização e porcentagem de gordura intramuscular - avaliados no músculo *Longissimus dorsi* de suínos machos castrados e fêmeas suplementados com diferentes níveis de ractopamina na dieta.....61

Tabela 4 - Médias e coeficientes de variação dos parâmetros de qualidade de carne, avaliados no músculo *Semimembranosus* de suínos machos castrados e fêmeas suplementados com diferentes níveis de ractopamina na dieta.....62

Tabela 5 - Porcentagem e número de amostras do músculo *Longissimus dorsi* em cada nível de ractopamina incluído na dieta de suínos, dentro de cada classe, de acordo com a classificação qualitativa da distribuição de carcaças.....67

CAPÍTULO 4

Tabela 1 - Médias e coeficientes de variação da porcentagem de ocorrência das categorias de comportamentos dos suínos (calmos, movimentando-se e alimentando-se), em função da suplementação com diferentes níveis de ractopamina na dieta, avaliadas em seis horários diários.....85

Tabela 2 - Médias e coeficientes de variação dos quatro comportamentos dos suínos que foram influenciados pela suplementação com diferentes níveis de ractopamina na dieta, avaliados em seis horários diários.....86

Tabela 3 - Médias e coeficientes de variação do número total de lesões de pele e carcaça avaliadas na paleta, lombo e pernil dos suínos durante o período total de avaliação (embarque, desembarque, área de espera do frigorífico e 24 horas após o abate), em função da suplementação com diversos níveis de ractopamina na dieta.....89

Tabela 4 - Médias, desvios-padrão e coeficientes de variação dos parâmetros fisiológicos do estresse de suínos machos castrados e fêmeas, em função da suplementação com diversos níveis de ractopamina na dieta.....91

LISTA DE FIGURA

Página

CAPÍTULO 1

Figura 1 - Estrutura química da ractopamina (Smith, 1998, adaptado por Cantarelli, 2007).....09

Figura 2 - Mecanismo de ação dos agonistas β -adrenérgicos. ABA - agonista β -adrenérgicos; β AR – receptor β -adrenérgicos; Gs – proteína ativa; AC - enzima adelinato ciclase; ATP – trifosfato de adenosina; AMPc – monofosfato cíclico de adenosina; PKA – proteína quinase A; E – enzima; EPO4 – enzima fosforilada. (Moddy et al., 2000, adaptado por Cantarelli, 2007).....10

CAPÍTULO 3

Figura 1 - Número de amostras do músculo *Longíssimus dorsi* em cada classe, dentro de cada nível de ractopamina incluído na dieta de suínos, de acordo com a classificação qualitativa da distribuição de carcaças.....67

CAPÍTULO 4

Figura 1 - Parte dos comportamentos avaliados com o método *scan*: a) bebendo água, b) deitado só, c) deitados aglomerados, d) em pé, e) fuçando outro, f) sentado, g) alimentando-se e h) mordendo outro.....81

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. Introdução

A carne suína, alimento rico em nutrientes, é a mais consumida no mundo, contribuindo com cerca de 38% da ingestão protéica diária (ABIPECS, 2010), embora seu consumo varie amplamente entre os países em função de hábitos, proibições religiosas ou dogmáticas.

Visando atender as exigências do mercado consumidor, se adequar às normas do mercado externo e maximizar benefícios econômicos, o foco das agroindústrias, atualmente, é trabalhar com linhagens selecionadas para produção de alta porcentagem de carne magra na carcaça, através de linhagens e planos nutricionais específicos e promover qualidade da carne, além da segurança alimentar.

Neste contexto o uso da ractopamina em dietas de suínos na fase de terminação ganha espaço, pois este agonista β -adrenérgico vem sendo utilizado como repartidor de energia devido a capacidade de desviar os fluxos de nutrientes para o anabolismo protéico em detrimento do lipídico (UTTARO et al., 1993; CROME et al., 1996; XIAO et al., 1999) promovendo melhorias na taxa de crescimento, na conversão alimentar (BELLAYER, 1991; ZAGURY, 2002; WEBER et al., 2006), na deposição de carne magra (STOLLER et al., 2003) e diminuição da deposição de gordura na carcaça (MIMBS et al., 2005), sem trazer prejuízos à qualidade da carne (WARRISS et al., 1990; MØLLER et al., 1992).

No entanto, segundo Marchant-Forde et al. (2003), a suplementação com ractopamina pode ter efeito negativo sobre o bem-estar animal, como o aumento da concentração do cortisol, refletindo na qualidade do produto final. Scott et al. (2000) demonstraram que suínos provenientes de linhagens com alta porcentagem de carne magra são mais difíceis de serem manejados. Como as linhagens suínas comercializadas no Brasil, geralmente, apresentam elevadas porcentagens de carne magra, a suplementação com ractopamina pode aumentar a suscetibilidade ao estresse destes animais, o que poderá levar ao aumento da produção de carne PSE (*Pale, Soft, Exudative* - carne pálida, flácida, exsudativa) e baixo rendimento tecnológico nos processamentos. Por isso é importante verificar o efeito deste repartidor de energia sob as condições de produção comercial de suínos.

2. O suíno doméstico

Os suínos são classificados como animais monogástricos, da classe mamíferos, gênero *Sus*. Tem grande curiosidade, alta capacidade de aprendizado, e

um complexo repertório comportamental (KILGOUR & DALTON, 1984; ROLLIN, 1995).

As raças atuais de suínos domésticos são descendentes do grupo de espécies de suíno selvagem, da qual o representante europeu é o *Sus scrofa* e o representante do leste asiático é o *Sus vitattus*. Assim como os bovinos, os suínos não foram domesticados antes do estabelecimento da agricultura neolítica. Há claras evidências de sua domesticação pelos anos de 2500 a.C. onde atualmente é a Hungria, e em Tróia. O animal tornou-se importante pela carne nos tempos greco-romanos, quando os pernis eram salgados e defumados e as salsichas eram produzidas. Há cerca de 180 anos, as características dos suínos europeus começaram a mudar à medida que foram cruzados com animais chineses importados, derivados da espécie *Sus vitattus* (LAWRIE, 2005).

Procurando atender as exigências dos consumidores, houve o direcionamento da produção de suínos visando aumento na produção de carne magra, levando à modificações substanciais tanto na composição como nas características bioquímicas do músculo. A importação de animais das raças Berkshire, Tamworth e Large Black, de origem inglesa e, posteriormente, das raças Duroc e Poland China, contribuíram para tal processo. A partir de 1930 chegaram as raças Wessex e Hampshire, e em seguida, Landrace e Large White (ARAÚJO & MONTEBELLO, 2006). Posteriormente, constatou-se que essas alterações nos músculos foram provocadas por uma mutação genética na proteína rianodina, reguladora do fluxo de cálcio. Essa mutação genética provocou o surgimento do PSS (*Pork Stress Syndrome* - síndrome do estresse suíno) e o conseqüente comprometimento na qualidade da carne pela formação das carnes PSE (*Pale, Soft and Exudative* - pálida, flácida e exsudativa).

Muitas pesquisas são realizadas na área de produção de suínos, grande parte visando aumentar a produção de carnes que sejam sanitariamente seguras, com qualidade e que aumentem os lucros. Alguns consumidores mais críticos exigem mais informações sobre os produtos adquiridos e assim, o tema de bem-estar ganha espaço.

3. Panorama da produção de carne suína

Atualmente, a carne suína representa a proteína de origem animal mais consumida no mundo, tendo ultrapassado a preferência dos consumidores pela carne bovina no ano de 1979. A União Européia é maior consumidora desta carne (42,1

kg/pessoa/ano) e no Brasil, segundo projeção do Anualpec (2009), o consumo chegou a 12,4 kg/pessoa/ano em 2009.

Os maiores produtores mundiais de carne suína são a China, União Européia e Estados Unidos. O Brasil, que deteve em 2009 um rebanho suíno de 33.785.738 cabeças e abateu 38.164.000 (75,47% destes abates foram fiscalizados), continua na posição de 4º maior produtor mundial, com mais de 3 milhões e 160 mil toneladas de carne em 2009 (ANUALPEC, 2009).

Segundo relatório da Abipecs (2009), as exportações brasileiras de carne suína chegaram a 564 mil toneladas em 2009, totalizando 18% do total produzido. Os restantes 82% foram consumidos no mercado interno. Essa produção deve crescer de 2 a 3% em 2010. Santa Catarina, que continua o maior produtor nacional de suínos, produziu 750 mil toneladas, 25% do que o país produziu (BARBIERI, 2009).

De acordo com Camargo Neto (2009), a cadeia suína brasileira é uma importante atividade econômica, principalmente no Sul e Sudeste do país, promove a geração de 630 mil empregos diretos e indiretos, investimentos no campo e na indústria de R\$ 9 bilhões, receita de R\$ 84 bilhões, sendo R\$ 30,4 bilhões no mercado interno, R\$ 2,6 bilhões no mercado externo e R\$ 51,6 bilhões na distribuição e no varejo. Ainda segundo este autor, as perspectivas são animadoras, pois o consumo vem se ampliando com o crescimento da economia, com o aumento do poder aquisitivo dos brasileiros e o reconhecimento pelo consumidor do sabor inigualável da carne suína.

A chegada das carnes brasileiras ao mercado externo trouxe críticas ao sistema produtivo e embargos às exportações, por não atenderem a todas as exigências internacionais. Algumas dessas exigências são de ordem sanitária e em relação à forma como os animais são criados, manejados e abatidos, que deve estar de acordo com os padrões de ética e bem-estar animal.

4. Bem-estar animal

Bem-estar é um termo amplo utilizado em diversas situações. Na área de produção animal, o termo está atrelado à outros conceitos como necessidades, liberdades, felicidade, adaptação, controle, capacidade de previsão, sentimentos, sofrimento, dor, ansiedade, medo, tédio, estresse e saúde (BROOM & MOLENTO, 2004).

Para uma abordagem mais acurada, é preciso definir bem-estar animal. Este termo tem sido objeto de diferentes definições por diversos autores. De acordo com

Hurnik (1992), o bem-estar animal é o estado de harmonia entre o animal e seu ambiente, caracterizado por condições físicas e fisiológicas ótimas e alta qualidade de vida do animal. De acordo com Broom (1991), o bem-estar se refere ao estado de um indivíduo em relação ao seu ambiente. Segundo Machado Filho & Hötzel (2000), se o organismo falha ou tem dificuldade de se adaptar ao ambiente, isto é uma indicação de bem-estar pobre. O sofrimento normalmente está relacionado com o bem-estar, mas falta de bem-estar não é, necessariamente, sinônimo de sofrimento.

Um dos marcos do bem-estar animal é o livro *Animal Machines*, de Ruth Harrison (1964), que denunciou os maus tratos aos quais os animais eram submetidos nos sistemas confinados. Este livro provocou grande impacto na sociedade da época e motivou o Parlamento da Grã-Bretanha a criar, em 1964, o Comitê Brambell. No ano seguinte, esse comitê apresentou um relatório no qual foram propostas as cinco liberdades mínimas que um animal deveria ter: “Um animal deve ter, pelo menos, liberdade suficiente de circulação para poder, sem qualquer dificuldade, virar-se, limpar-se, levantar-se, deitar-se e esticar seus membros”.

O relatório do Comitê Brambell foi freqüentemente citado em termos de liberdade de movimento e bem-estar mental dos animais de produção. O governo agiu sobre uma das recomendações do relatório, que foi nomear um comitê consultivo permanente em bem-estar animal. Foi aí que surgiu o Comitê de Bem-estar de Animais de Produção (*Farm Animal Welfare Council - FAWC*) do Reino Unido que continua a funcionar e fazer recomendações ao governo. Segundo Gonyou (1994), a FAWC publicou o que é conhecido com “Nova Cinco Liberdades”, talvez para corrigir um desequilíbrio no relato das sugestões do Comitê Brambell. Essas liberdades, revistas em 1993, são as seguintes:

1. Livre de sede, fome e desnutrição pelo pronto acesso à água fresca e uma dieta para manter a plena saúde e vigor.
2. Livre de desconforto, propiciando um ambiente adequado, incluindo abrigo e uma confortável área de descanso.
3. Livre de dor, lesões, doenças e prevenção ou diagnóstico rápido e tratamento.
4. Liberdade para expressar comportamento normal, fornecendo espaço suficiente, instalações adequadas e companhia de animais da própria espécie.
5. Livre de medo e estresse, assegurando condições que evitem o sofrimento mental.

Nas suas observações sobre estas liberdades, Stookey (1992), citado por Gonyou (1994), salienta que liberdades 1 a 3 têm sido tradicionalmente aceitas e praticadas pelos pecuaristas, mas que as duas últimas liberdades refletem as atuais preocupações levantadas pela sociedade no geral.

Além dessa preocupação com a criação dos animais, sabe-se que problemas no bem-estar dos mesmos levam, com maior freqüência, à produção de carnes PSE e DFD (*Dark, Firm, Dry* - escura, firme e seca) que apresentam qualidade inferior (GREGORY, 1998) e redução na vida “de balcão” (FRASER & BROOM, 1990).

A partir desses acontecimentos, o tema bem-estar animal recebeu maior importância e vem sendo estudado mais profundamente.

5. Caracterização do estresse

O estresse é o principal indicador utilizado para avaliação do bem-estar animal. Vários autores descrevem que animais sob estresse têm sua homeostasia ameaçada e em resposta a isso, desenvolvem mecanismos de adaptação (GRANDIN, 1998; MOBERG, 2000 e MACHADO FILHO & HÖTZEL, 2000). Esses mecanismos envolvem uma série de respostas neuroendócrinas e comportamentais, que visam manter o equilíbrio das funções vitais (Von-BORELL, 1995).

A primeira reação dos animais ao serem expostos a estímulos estressantes é alteração do seu comportamento, que é uma tentativa de escapar ou aliviar-se do agente estressor. Na presença deste agente, ocorre uma ativação do sistema autônomo, visando defesa biológica. Essa ativação acontece por meio de uma resposta rápida ao estresse, denominada “alarme”, “síndrome de emergência” ou também “reação de luta ou fuga” (MOBERG, 2000). A resposta ocorre quando os estímulos externos e internos são conduzidos via sistema nervoso até o hipotálamo, onde é secretado o hormônio liberador de corticotropina (CRH). Esse hormônio é transportado até a hipófise (pituitária), estimulando a síntese e a liberação de hormônio adrenocorticotrófico (ACTH), que, por sua vez, estimula a liberação de glicocorticóides (cortisol) e catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) pela glândula adrenal. O CRH também estimula a resposta rápida de “luta ou fuga”, que num mecanismo coordenado pelo eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, cria diferentes sinais, entre os quais está o aumento da freqüência respiratória e cardíaca nos animais (MATTERI et al., 2000).

6. Formas de avaliação do estresse

Há dois principais métodos para medir o estresse. Um deles é através da resposta comportamental e o outro pela avaliação dos parâmetros fisiológicos (endócrinos e enzimáticos) nos fluídos ou tecidos de animais. No caso dos animais de abate, as informações adicionais do estresse *ante mortem*, podem ser obtidas por avaliações posteriores na carcaça (SHAW & TUME, 1992).

Os indicadores comportamentais são baseados especialmente na conduta anormal e conforme o comportamento do animal se afasta do que é realizado no ambiente natural. Diversos comportamentos são capazes de fornecer informações imediatas sobre o bem-estar dos animais e podem compreender desde uma total apatia, passando por estereotípias, até alta agressividade. Um comportamento estereotipado é aquele que se apresenta de forma constante, repetitivo e não tem função óbvia, como movimentos da língua, balançar a cabeça ou o corpo.

7. Parâmetros fisiológicos do estresse

7.1. Cortisol

Os animais elevam os níveis plasmáticos de cortisol no manejo pré-abate em resposta ao estresse psicológico sofrido, que prepara seu organismo com suprimento extra de energia, permitindo a “reação de luta ou fuga”.

O cortisol potencializa a síntese e ação da epinefrina, a qual estimula a gliconeogênese e lipólise, mobilizando os estoques de energia para uma vigorosa atividade, regulando, ao mesmo tempo, a concentração de glicocorticóides para manter a homeostasia. A produção de cortisol é resultado do aumento de interleukin 1-beta no hipotálamo e, em seguida, da liberação do hormônio corticotrófico (CRH – também chamado de fator liberador de corticotrofina), que leva à liberação do hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) da adeno-hipófise ou supra-renal anterior. O ACTH percorre o corpo até a glândula adrenal, onde a parte externa desta glândula, o córtex adrenal, produz o cortisol e o libera no sangue (BROOM & FRASER, 2007). Este processo resultará no aumento da concentração de glicose plasmática, que ocorre devido à glicogenólise hepática, associada ao catabolismo da proteína (SHAW & TUNE, 1992; SHAW & TROUT, 1995).

O efeito final dessas alterações metabólicas é aumentar a glicose sanguínea até seu nível normal e armazenar glicogênio para suprir de energia (NELSON & COX, 2002).

Grandin (1994) observou em seu estudo que em situações de extremo estresse, os valores de cortisol podem dobrar ou quadruplicar. Shaw & Tume (1992) e Shaw & Trout (1995) sugeriram que na comparação de dois tratamentos, em relação ao estresse, o grupo que produzir cortisol em valores médios mais baixos deva ser adotado como o menos estressado. Gispert et al. (2000), mediram as concentrações plasmáticas de cortisol e encontraram correlação positiva entre os níveis deste e o grau de lesões de pele, causadas por brigas entre os suínos no manejo.

7.2. Lactato e creatina fosfoquinase

Situações de estresse intenso podem levar à exaustão muscular. Neste caso, haverá degradação intensa do glicogênio muscular, formando grandes quantidades de ácido láctico que será liberado na corrente sangüínea. Na presença de medo ou excitação, poderá ocorrer também rápida glicogenólise, em resposta à liberação de catecolaminas e aumento da atividade enzimática (SHAW & TUME, 1992).

Também conhecida como creatina fosfoquinase (CPK), a creatina quinase possui quatro isoenzimas. A CK-MM está presente nos músculos esquelético e cardíaco, a CK-BB está presente no cérebro e a CK-MB é uma isoenzima encontrada principalmente no coração. A quarta isoenzima é a CK-Mt que é uma enzima mitocondrial que responde por até 15% da atividade da CPK cardíaca (KRAMER & HOFFMANN, 1997). A CPK é a enzima mais sensível para indicar lesão muscular. Pode ocorrer um incremento na atividade plasmática desta enzima por injeção intramuscular, decúbito prolongado, convulsões, esforço prolongado e outras lesões musculares (SCHEFFER & GONZÁLEZ, 2003).

Warriss et al. (1998) observaram diferenças nas concentrações de lactato e creatina fosfoquinase em suínos abatidos em condições de estresse e mínimo estresse. Gispert et al. (2000) avaliaram as concentrações de lactato, em suínos que possuíam escores altos de lesões de pele e constataram que, quanto mais numerosas as lesões, maior a deposição de lactato. Aumentos nos níveis de lactato e creatina fosfoquinase, também podem ser causados por outras situações de estresse, conforme observado por Warriss et al. (1998) e Pèrez et al. (2002), em relação aos tempos de transporte.

A análise das concentrações sangüíneas de lactato e creatina fosfoquinase, portanto, é uma importante ferramenta para avaliação do estresse em suínos.

8. Ractopamina

8.1. Estrutura

A ractopamina é um agonista β -adrenérgico do grupo das fenetanolaminas com estrutura análoga às catecolaminas epinefrina e norepinefrina. As fenetanolaminas fazem parte de uma classe de compostos que se ligam aos receptores α e β -adrenérgicos e são caracterizados pela presença de um anel aromático, uma cadeia lateral da etanolamina e o nitrogênio alifático (CANTARELLI, 2007), como ilustra a Figura 1.

As catecolaminas, segundo Bellaver et al. (1991), podem ser divididas em naturais e sintéticas. Das sintéticas, o clenbuterol, o salbutamol e a ractopamina são as mais estudadas e usadas como agentes de repartição, em especial a última com maior interesse na suinocultura (PALERMO NETO, 2002), pois interfere no metabolismo dos suínos, desviando nutrientes para funções zootecnicamente desejáveis.

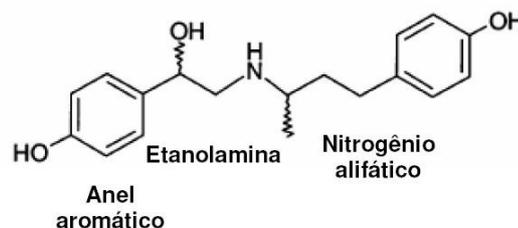


Figura 1 – Estrutura química da ractopamina (Smith, 1998, adaptado por Cantarelli, 2007).

8.2. Mecanismo de ação

A ractopamina liga-se a receptores específicos existentes na superfície tanto de células musculares quanto adiposas no organismo do suíno, desencadeando uma cascata bioquímica de sinais no interior destas células. O efeito primário da ractopamina é uma ativação muito específica da síntese de proteínas no tecido muscular, sem efeito sobre a taxa de degradação de proteínas.

Segundo Dunshea et al. (1993), a taxa de síntese muscular pode ser aumentada em cerca de 30% com o uso da ractopamina. Esses mesmos autores afirmam que a inclusão de ractopamina na ração pode resultar em pequena redução da síntese de gordura aliada a um pequeno aumento na degradação de gorduras, resultando na redução da deposição de gordura em cerca de 6%. Além dos efeitos

diretos sobre a síntese e degradação, parte da energia da dieta é desviada do tecido adiposo para a síntese de proteína muscular durante a suplementação de ractopamina.

O mecanismo de ação mais sugerido (Figura 2) aponta para a membrana celular, onde um receptor é estimulado pelo agonista β -adrenérgico (CANTARELLI, 2007). O complexo β -adrenérgico/receptor (β AR) fixa-se sobre uma proteína de ligação, que na sua forma ativa, induzirá a fluidez da membrana e permitirá o seu deslocamento lateral.

Este mecanismo levará à estimulação da ação catalítica da enzima adenilato ciclase (AC), situada na face interna da membrana plasmática, e levará à formação do mensageiro secundário monofosfato cíclico de adenosina (AMPc), formado a partir do trifosfato de adenosina (ATP).

O AMPc por sua vez, ativa a proteína quinase que conduz à fosforilação de enzimas, responsáveis pelas respostas finais. Estas enzimas quando estão fosforiladas (EPO4), promovem respostas celulares como: estimulação da lipólise, aumento da neoglicogênese, glicogenólise, aumento da insulina, glucagon e renina, relaxamento da musculatura lisa e aumento da contração cardíaca (MOODY et al., 2000).

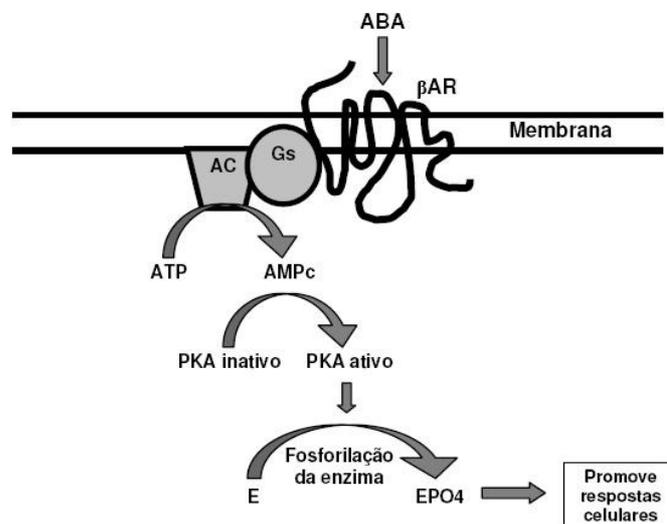


Figura 2 – Mecanismo de ação dos agonistas β -adrenérgicos. ABA - agonista β -adrenérgicos; β AR – receptor β -adrenérgicos; Gs – proteína ativa; AC - enzima adenilato ciclase; ATP – trifosfato de adenosina; AMPc – monofosfato cíclico de adenosina; PKA – proteína quinase A; E – enzima; EPO4 – enzima fosforilada. (Moddy et al., 2000, adaptado por Cantarelli, 2007).

8.3. Benefícios do uso

A ractopamina faz parte do grupo dos agonistas β -adrenérgicos que foram autorizados para uso na indústria suinícola pelo *Food and Drugs Administration* (FDA) em 1999. Esse aditivo há muito vem sendo utilizado na medicina veterinária em frangos (BUYSE et al., 1987), suínos (BARK et al., 1992) e bovinos (EISEMANN et al., 1988), reconhecido como promotor de crescimento animal. Segundo Ramos & Silveira (2002), apesar dos agonistas β -adrenérgicos serem eliminados, sobretudo pela urina e pelas fezes, não lhes são atribuíveis quaisquer efeitos nefastos sobre as qualidades do solo ou da água.

Desde quando começou a ser usada na dieta de suínos, a ractopamina vem chamando a atenção de pesquisadores no mundo todo. Estudos europeus e americanos avaliaram seus efeitos em suínos e comprovaram vários benefícios para a carcaça, como: melhora no ganho de peso médio diário, estimulação do crescimento muscular, diminuição do teor de gordura, além de poder conferir benefícios ambientais (SUTTON et al., 2001).

Pode-se inferir que a ractopamina exerce influência pronunciada sobre as variáveis de desempenho de suínos (STOLLER et al., 2003; ARMSTRONG et al., 2004; CARR et al., 2005). A inclusão de ractopamina à dieta promove melhorias nas características quantitativas da carcaça dos suínos, aumentando, principalmente, o percentual de carne magra por meio da redução da espessura de toucinho e aumento da área de olho de lombo.

Page et al. (2004), demonstraram que agonistas β -adrenérgicos, inclusive ractopamina, aumentam a apoptose no tecido adiposo de ratos. Este aumento pode explicar parcialmente o fato de que os suínos que recebem ractopamina geralmente apresentam menor quantidade de gordura na carcaça (WEBER et al., 2006). De acordo com Rutz & Xavier (1998), a eficiência da ractopamina em reduzir o tecido adiposo do animal pode estar relacionada mais ao bloqueio da lipogênese do que ao estímulo da lipólise.

A resposta dos suínos em terminação à ractopamina é dose dependente, contudo, tem sido observada melhora do ganho de peso, eficiência alimentar e em menor grau, para características de carcaça mesmo quando utilizada em baixa taxa de inclusão (5 ppm) (MOODY et al., 2000; BRUMM et al., 2004). Segundo Weldon & Armstrong (2001), para maximizar a resposta da ractopamina, as concentrações de nutrientes na dieta devem ser aumentadas.

Pesquisas mostram que dietas contendo 5 ppm de ractopamina resultaram em melhorias no desempenho dos animais e na composição da carcaça, no entanto, concentrações de 10 a 20 ppm, resultaram em melhorias nas características das carcaças (WATKINS et al., 1990; STITES et al., 1991; WILLIAMS et al., 1994).

Apesar de a ractopamina trazer vários benefícios para a eficiência alimentar, taxa de crescimento e na produção de carne magra (STOLLER et al., 2003), a mesma pode acarretar algumas alterações em qualidade de carne.

Além disso, há hipóteses de que o uso da ractopamina influencia o nível de estresse dos suínos durante o manejo pré-abate. De acordo com as observações de Marchant-Forde et al. (2003), suínos suplementados com ractopamina são mais ativos, alertas e demoram mais tempo para se acalmar após uma situação estressante. Entretanto, Schaefer et al. (1992), reportaram que suínos suplementados com ractopamina após seis semanas, gastaram mais tempo descansando e menos tempo caminhado e Brumm et al. (2004), não encontraram diferenças no desempenho de suínos suplementados com ractopamina quando esses encontravam-se alojados em um espaço reduzido (0,55 vs 0,74 m²/suíno) durante a etapa de terminação.

9. Qualidade de carne e ractopamina

A qualidade de carne, conceito amplo e complexo, é definida por características objetivas e subjetivas. As características objetivas abrangem as físicas, nutricionais e higiênicas (PELOSO, 2002), enquanto que as subjetivas englobam os aspectos sensoriais, apresentação e forma de exposição do produto. Esta variável é dependente da temperatura e velocidade de resfriamento do tecido muscular após o abate, podendo ser avaliada através de parâmetros físico-químicos (pH, cor, perdas por exsudação, perdas por cocção, capacidade de retenção de água, gordura intramuscular e maciez), visual (marmorização) e por métodos sensoriais (suculência, aparência da carne e resistência a mastigação) (CULAU et al., 1993; BROWN et al., 1999, NANNI COSTA et al., 2002).

9.1. Parâmetros físico-químicos

9.1.1. pH

O pH é o parâmetro utilizado para determinar o nível de acidificação e alcalinidade da carne. É uma das formas de avaliação mais utilizada atualmente pelas indústrias para auxiliar na determinação da qualidade da carne, por ser prática e fornecer resultados instantâneos. Cor, firmeza e capacidade de retenção de água são

afetadas pelo pH do músculo. Valores ótimos de pH_u (avaliado 24 horas após o abate) para carne fresca de suínos deve estar entre 5,5 a 5,8 (DALLA COSTA, 2005).

A estimulação *ante mortem* da glicólise, promovida pelos agonistas β -adrenérgicos leva à redução da concentração do glicogênio muscular, limitando a normal acidificação *post mortem* em cerca de 0,3 - 0,4 unidades de pH (WARRISS et al., 1989; WILLIAMS, 1987) devido às menores concentrações de ácido láctico muscular (FERNANDES, 1995). Porém, muitos estudos não encontraram diferenças ($P>0,05$) nos valores de pH_u para suínos alimentados com ractopamina, em relação aos animais controle (AALHUS et al., 1990; DUNSHEA et al., 1993; STITES et al., 1994; STOLLER et al., 2003).

9.1.2. Cor

A coloração da carne de suínos é uma importante característica de impacto na percepção dos consumidores (BREWER et al., 1999), sendo associada com o frescor e a boa qualidade do produto. A cor da carne reflete a quantidade e o estado químico da mioglobina (Mb), seu principal pigmento. A cor é objetivamente caracterizada utilizando-se colorímetros que apresentam descrições L^* , a^* e b^* (AMSA, 1991) e subjetivamente utilizando um padrão para cor de carne suína como NPPC (1991) e NPPC (1999) ou o padrão de cor Japonês.

Segundo relatos de Ramos & Silveira (2002), a carne de animais suplementados com agonistas β -adrenérgicos, tende a ter o aspecto DFD (sigla inglesa de Dark, Firm and Dry - escura, firme e seca) em função da limitação normal da acidificação *post mortem*, porém segundo Warriss et al. (1990), em suínos esse efeito não parece ser tão comum.

Uttaro et al. (1993), avaliando coloração de carne de suínos alimentados com ração contendo ractopamina, observaram diferenças nos valores de a^* e b^* , sendo mais vermelha e amarela nos animais controles. Entretanto, os mesmos autores avaliando presunto curado, demonstraram que os animais tratados com ractopamina tiveram valores de L^* menores do que os do grupo controle e não foram observadas diferenças ($P<0,05$) nos valores de cor a^* e b^* . Stites et al. (1994), não observaram diferenças no escore de cor da carne de suínos alimentados com 0, 4,5, 9 e 18 ppm de ractopamina.

9.1.3. Perdas por exsudação

A perda de água por exsudação (*drip loss*) refere-se à porcentagem de umidade que é perdida durante o período de armazenagem, usualmente 24 ou 48 após o corte da amostra.

Cardoso & Stock (1996) e Carter et al. (1991) explicaram que a diminuição da gordura da carcaça é acompanhada por um aumento do teor em água, que estará associado ao correspondente incremento da proteína. Segundo Walker *et al.*, (1989) o teor de água avaliado na carcaça dos suínos tratados com ractopamina foi superior ao existente na dos animais controle, embora em pequena porcentagem ($\pm 2\%$).

Warriss et al. (1989), concluíram que a capacidade de retenção de água da carne dos animais que receberam ractopamina aumenta e por conseqüência, há uma redução na perda de água por exsudação durante o armazenamento. Entretanto, Aalhaus et al. (1990) e Dunshea et al. (1993), não encontraram diferença ($P>0,05$) analisando a perda de água por exsudação em lombos de suínos alimentados com ração contendo ractopamina.

9.1.4. Perdas por cocção

O aumento na quantidade de água nas carnes provenientes de animais suplementados com agonistas β -adrenérgicos refletirá numa maior perda de água por cocção (RAMOS & SILVEIRA, 2002).

9.1.5. Força de cisalhamento

A textura dos alimentos é um parâmetro sensorial que reúne os atributos primários (maciez, coesividade, viscosidade e elasticidade) e os secundários (gomosidade, mastigabilidade, suculência, fraturabilidade e adesividade), sendo um dos requisitos mais importante para o consumidor, ao julgar a qualidade da carne.

Os fatores que podem afetar a textura da carne possuem duas origens: *ante mortem* (idade, sexo, nutrição, exercício, estresse antes do abate, presença de tecido conjuntivo, espessura e comprimento do sarcômero) e *post mortem* (estimulação elétrica, *rigor mortis*, velocidade de resfriamento da carcaça, maturação, temperatura de cozimento e pH_u).

O uso dos agonistas β -adrenérgicos em suínos leva à obtenção de uma carne menos macia, como foi demonstrado em vários estudos (JONES et al., 1985; WALKER et al., 1989; WARRISS et al., 1991). No entanto, a diminuição da textura da carne desses animais não ocorre em função das modificações da estrutura do tecido

conjuntivo muscular, mas sim como consequência dos efeitos da diminuição lipídica do músculo e das alterações das miofibrilas musculares, como se pode constatar durante os processos de maturação da carne (BERGE et al., 1993; JIANG, 1998; KRETCHMAR et al., 1990).

Carr et al. (2005), observaram que suínos alimentados com ração contendo ractopamina tiveram no geral menos ($P < 0,05$) gordura e maciez, porém, Stoller et al. (2003) compararam o efeito de 10 ppm de ractopamina na ração de suínos de diferentes linhagens genéticas e constataram que o músculo *Longíssimus dorsi* (LD) de suínos Berkshire que receberam o aditivo apresentou maior maciez e suculência ($P < 0,05$) e menor perda de água por cocção ($P < 0,05$) em relação ao LD de Duroc.

9.2. Parâmetro visual

9.2.1. Marmorização

A marmorização ou gordura intramuscular tem sido associado com qualidade da carne comestível. Marmorização pode ser avaliada visualmente e objetivamente. Na avaliação visual utiliza-se uma escala de 1 a 5 (NPPC, 1991) ou um padrão mais recente (NPPC, 1999) com escala contínua, a qual representa a quantidade de lipídio presente no músculo. Já a avaliação objetiva consiste na análise química do músculo.

Stites et al. (1991) e Crome et al. (1996) não observaram diferenças ($P < 0,05$) na marmorização subjetiva entre os suínos controle e os que foram alimentados com ração contendo ractopamina. Watkins et al. (1990) apresentaram os resultados de dois estudos. No primeiro estudo, não foram observadas diferenças ($P > 0,05$), mas no segundo, os animais alimentados com ração contendo ractopamina tiveram maiores níveis subjetivos de marmorização quando comparados com os animais do grupo controle. Entretanto, Stites et al. (1994) não observaram diferenças ($P < 0,05$) na marmorização dos músculos avaliados no grupo controle e no alimentado com ractopamina.

Desse modo, objetivou-se com o presente estudo avaliar a suscetibilidade ao estresse, desempenho e qualidade da carne de suínos suplementados com diferentes níveis de ractopamina, em condições de produção comercial.

O Capítulo 2, intitulado “**Desempenho, características de carcaça e análise econômica de suínos suplementados com ractopamina em condições de produção comercial**” e o Capítulo 3 - “**Qualidade de carne de suínos comerciais suplementados com ractopamina em condições de produção comercial**”, foram redigidos de acordo com as normas para publicação da revista *Meat Science*.

O Capítulo 4 - **“Susceptibilidade ao estresse de suínos comerciais suplementados com ractopamina em condições de produção comercial”**, foram redigidos de acordo com as normas para publicação do *Journal of Animal Science*.

10. Referências

AALHUS, J. L.; JONES, S. D.; SCHAEFER, S. D. M. The effect of ractopamine on performance, carcass composition and meat quality of finishing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 70, n. 5, p. 943-952, 1990.

ABIPECS. Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. **Exportação da carne suína 2008-2009**. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/uploads/relatorios/mercado-externo/destinos/ton-ano/2009.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2009.

ABIPECS. Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. **Nutrientes da carne suína – Padrões de consumo**. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.carnesuinaabrasileira.org.br/nutrientes.html>>. Acesso em: 15 jan. 2010.

AMSA. AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Research guideliness for cookery sensory and instrumental tenderness measurement of fresh meat**. Chicago, 48 p, 1991.

ANUALPEC 2009. Anuário da Pecuária Brasileira – Suínos e outros. P. 253-267. AgraFNP, 2009.

ARAÚJO, W. M. C.; MONTEBELLO, N. P. Carnes vermelhas. **Carne & Cia**. Revisão de Carla Márcia Rodrigues Tenser. 1. ed. Distrito Federal: SENAC, Alimentos e bebidas, v.1, capítulo 2, p. 61-68, 2006.

ARMSTRONG, T. A.; IVERS, D. J.; WAGNER, J. R.; ANDERSON, D. B.; WELDON, W. C.; BERG, E. P. The effects of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, p. 3245-3253, 2004.

BARBIERI, E. **Faesc prevê ano melhor para suinocultura em 2010**. Dezembro, 2009. Florianópolis: entrevista, 10 de dezembro de 2009. Disponível em: <http://www.adjorisc.com.br/noticias/index.phtml?id_conteudo=236163>. Acesso em: 10 dez. 2009.

BARK, L. J.; STAHLY, T. S.; CROMWELL, G. L.; MIYAT, J. Influence of genetic capacity for lean tissue growth an rate and efficiency of tissue accretion in pig feed ractopamine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, p. 3391-3400, 1992.

BELLAVER, C; FIALHO, E. T.; FÁVERO, J. A.; AJALA, L. C.; SEVERINO NETO, J. Níveis de Ractopamina na dieta e efeitos sobre o desempenho e características de carcaça de suínos em terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 10, p. 1795-1802, out. 1991.

BERGE, Ph.; CULIOLI, J.; OUALI, A.; PARAT, M. F. Performance muscle composition and meat texture in veal calves administered a β -agonist (clenbuterol). **Meat Science**, Barking, v. 33, p. 191-206, 1993.

BREWER, M. S.; JENSEN, J.; SOSNICKI, A. A.; FIELDS, B.; WILSON, E.; McKEITH, F. K. Consumer-rated quality characteristics as related to purchase intent of fresh pork. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 64, p. 1, p. 171-174, 1999.

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

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

BROOM, D. M. & FRASER, A. F. **Domestic Animal Behaviour and Welfare**. In: _____. *Welfare Assessment*. Wallingford: CABI Publishing, chap. 6, p. 58-69, 2007.

BROWN, S. N.; KNOWLES, T. G.; EDWARDS, J. E.; WARRISS, P. D. Relationship between food deprivation before transport and aggression in pigs held in lairage before slaughter. **Veterinary Record**, London, v. 145, p. 630-634, 1999.

BRUMM, M. C.; MILLER, P. S.; THALER, R. C. Response of barrows to space allocation and ractopamine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, p. 3373-3379, 2004.

BUYSE, J.; DECUYPERE, E.; HUYGHEBAERT, G.; HERREMANS, M. The effect of clenbuterol supplementation on growth performance and on plasma hormone and metabolite levels of broilers. **Poultry Science**, Ithaca, v. 70, n. 4, p. 993-1002, 1987.

CAMARGO NETO, P. **O desafio de ampliar o mercado externo**. Set. 2009. São Paulo: entrevista, 22 de setembro de 2009. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/news/62/97/O-desafio-de-ampliar-o-mercado-externo.html>>. Acesso em: 10 dez. 2009.

- CANTARELLI, V. S. **Ractopamina em rações para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita**. 2007. 108 p. Tese (Doutorado em Zootecnia/Nutrição de Monogástricos)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- CARDOSO, L. A. & STOCK, M. J. Effect of clenbuterol on growth and body composition during food restriction in rats. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, p. 2245-2252, 1996.
- CARR, S. N.; RINCKER, P. J.; KILLEFER, J.; BAKER, D. H.; ELLIS, M.; McKEITH, F. K. Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, p. 223-230, 2005.
- CARTER, W. J.; DANG, A. Q.; FAAS, F. H.; LYNCH, M. E. Effects of clenbuterol on skeletal muscle mass, body composition, and recovery from surgical stress in senescent rats. **Metabolism**, Philadelphia, v. 40, p. 855-860, 1991.
- CROME, P. K; McKEITH, F. K.; CARR, T. R.; JONES, D. J.; MOWREY, D. H.; CANNON, J. E. Effect of ractopamine on growth performance , carcass composition and cutting yields of pigs slaughtered at 107 kg and 125 kg. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, p. 709-716, 1996.
- CULAU, P. O. V.; OURIQUE, J. M. R.; NICOLAIEWSKY, S. Efeito do manejo pré-abate sobre a incidência de PSE e DFD em suínos. **Archives Latinoamerican of Production Animal**, Porto Rico, v. 1, n. 2, p.139-146, 1993.
- DALLA COSTA, O. A. **Efeitos do manejo pré-abate no bem-estar e na qualidade de carne de suínos**. 2005. 162p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2005.
- DUNSHEA, F. R.; KING, R. H.; CAMPBELL, R. G.; SAINZ, R. D.; KIM, Y. S. Interrelationships between sex and Ractopamine on protein and lipid deposition in rapidly growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 2919-2930, 1993.
- EISEMANN, J. H.; HUNTINGTON, G. B.; FERRELL, C. L. Effects on dietary clenbuterol on metabolism of the hindquarters in steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, p. 342-353, 1988.

FERNANDES, T. Utilização de beta-agonistas como estimuladores do crescimento em animais destinados à produção de carne. In: INSTITUTO DE PROTECÇÃO DA PRODUÇÃO AGRO-ALIMENTAR - UTILIZAÇÃO DOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO (BETA-AGONISTAS) EM ANIMAIS DESTINADOS À PRODUÇÃO DE CARNE, nº do evento, 1995, Lisboa. **Proccedings...** Lisboa: IPPA, p. 39-49, 1995.

FRASER, A. F. & BROOM, D. M. **Farm animal behaviour and welfare**. 3. ed. Wallingford: Ballière Tindall Reino Unido, 1990. 437 p.

GISPERT, M.; FAUCITANO, L.; GUÁRDIA, M. D.; OLIVER, M. A.; COLL, C.; SIGGENS, K.; HARVEY, K.; DIESTRE, A. A survey on pre-slaughter conditions, halothane gene frequency, and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs. **Meat Science**, Barking, v. 55, p. 97-106, 2000.

GONYOY, H. W. Why the study of animal behavior is associated with the animal welfare issue. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, Issue 8, p. 2171-2177. 1994.

GRANDIN, T. Farm animal welfare during handling, transport, and slaughter. **Journal American Veterinary Medical Association**, Schaumburg, v. 204, p. 372-376, 1994.

GRANDIN, T. The feasibility of using vocalization scoring as an indicator of poor welfare during cattle slaughter. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 56, p. 121-128, 1998.

GREGORY, N. G. **Animal Welfare and Meat Science**. Cambridge: CABI Publishing, 304 p., 1998.

HARRISON, R. **Animal Machines - The New Factory Farming Industry**. Vincent Stuart Publishers Ltd., London, 215 p. 1964.

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

JIANG, S. T. Contribution of muscle proteinases to meat tenderization. In: NATIONAL SCIENCE COUNCIL ROC, nº do evento, 1998, Taipei. **Proccedings...** Part B - Life Science, Taipei, v. 22, p. 97-107, 1998.

JONES, R. W.; EASTER, R. A.; McKEITH, F. K.; DALRYMPLE, R. H.; MADDOCK, H. M.; BECHETEL, P. J. Effect of the β -adrenergic agonist cimaterol (CL 283,780) on the growth and carcass characteristics of finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 61, p. 905-913, 1985.

KILGOUR, R. & DALTON, S. **Livestock Behaviour: a practical guide**. Kensington, N.S.W.: New South Wales University Press. 320p. 1984.

KRAMER, J. W. & HOFFMANN, W. E. Clinical enzymology. In: KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. (Ed.) **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5th. Ed. San Diego: Academic Press, cap. 12, p. 303-325, 1997.

KRETCHMAR, D. H.; HATHAWAY, M. R.; EPLEY, R. J.; DAYTON, W. R. Alterations in postmortem degradation of myofibrillar proteins in muscle of lambs fed a β -adrenergic agonist. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 1760-1772, 1990.

LAWRIE, R. A. Introdução – Suínos. In: _____. **Ciência da Carne**. Tradução Jane Maria Rubensam. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, capítulo 1, p. 24-25, 2005.

MACHADO FILHO, L. C. P. & HÖTZEL, M. J. Bem-Estar dos Suínos. In: 5^o SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 2000, São Paulo. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, v. 5, p. 70-82. 2000.

MARCHANT-FORDE, J. N.; LAY, D. C. Jr.; PAJOR, E. A.; RICHERT, B. T.; SCHINKEL, A. P. The effects of ractopamine on the behavior and physiology of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 416-422, 2003.

MATTERI, R. L.; DYERA, C. J.; TOUCHETTEB, K. J.; CAROLLA, J. A.; ALLEB, G. L. Effects of weaning on somatotrophic gene expression and circulating levels of insulin-like growth factor-1 (IGF-1) and IGF-2 in pigs. **Domestic Animal Endocrinology**, Stoneham, v. 19, p. 247-259, 2000.

MIMBS, K.J.; PRINGLE, T. D.; AZAIN, M. J.; MEERS, S. A; ARMSTRONG, T. A. Effects of ractopamine on performance and composition of pigs phenotypically sorted into fat and lean groups. **Journal of Animal Science**, 83, 1361-1369, 2005.

MOBERG, G. P. **The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare**. In: MOBERG, G. P.; MENCH, J. A. Wallingford, UK ; New York, NY, USA : CABI Pub., 377 p., 2000.

MOODY, D. E.; HANCOCK, D. L.; ANDERSON, D. B. Phenethanolamine repartitioning agents. In: MELLO, J. P. F. D. (Ed.). **Farm animal metabolism and nutrition**. New York: CAB, p. 65-95, 2000.

MØLLER, A. J.; BERTELSEN, G; OLSEN, A. Processed pork technological parameters related to type of raw material – review. In: Puolanne, E., Demeyer, D.I., Ruusunen, M. et al. (Eds.) **Pork quality: genetic and metabolic factors**. Wallingford: Redwood Books, p. 225, 1992.

NANNI COSTA, L.; Lo FIEGO, D. P.; DALL'OLIO, S.; DAVOLI, R.; RUSSO, V. Combined effects of pre-slaughter treatments and lairage time on carcass and meat quality in pigs of different halothane genotype. **Meat Science**, Kidlington, v. 61, p. 41-47, 2002.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger Princípios de Bioquímica**. 3ª ed. São Paulo: Sarvier, 2002. Capítulo 23: Integração e regulação hormonal do metabolismo dos mamíferos: p. 682-692.

NPPC. NATIONAL PORK PRODUCTION COUNCIL. **Procedures to evaluate market hogs**. 3rd ed. Des Moines: National Pork Production Council, 1991. total de p.

NPPC. NATIONAL PORK PRODUCTION COUNCIL. **Pork quality standards**. Des Moines: National Pork Production Council, 1999. total de p.

PAGE, K. A.; HARTZELL, D. L.; LI, C.; WESTBY, A. L.; DELLA-FERA, M. A.; AZAIN, M. J.; PRINGLE, T. D.; BAILE, C. A. β -adrenergic receptor agonists increase apoptosis of adipose tissue in mice. **Domestic Animal Endocrinology**, Stoneham, v. 26, p. 23-31, 2004.

PALERMO NETO, J. Agonistas de receptores β 2-adrenérgicos e produção animal. In: SPINOSA, H. S.; GORNIK, S. L.; BERNARDI, M. M. **Farmacologia aplicada à medicina veterinária**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 545-557, 2002.

PELOSO, J. V. Influência do jejum pré-abate sobre a condição muscular em suínos e seus efeitos na qualidade final da carne para industrialização. In: CONFERÊNCIA VIRTUAL INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DA CARNE SUÍNA, v.2. 2001, Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2002. p. 385-392.

PÉREZ, M. P.; PALACIO, J.; SANTOLARIA, M. P.; ACENA, M. C.; CHACÓN, G.; GASCÓN, M.; CALVO, J. H.; ZARAGOZA, P.; BELTRAN, J. A.; GARCIA-BELENQUER, S. Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs. **Meat Science**, Barking, v. 61, p. 425-433, 2002.

RAMOS, F. & SILVEIRA, M. I. N. Agonistas adrenérgicos β 2 e produção animal: III - Efeitos zootécnicos e qualidade da carne. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, v. 97, p. 51-62, 2002.

ROLLIN, B. E. **Farm animal welfare: social, bioethical, and research issues**. Ames: Iowa State University Press, 168 p, 1995.

RUTZ, F. & XAVIER, E. G. Agentes repartidores de energia para aves e suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, p. 201-218.

SCHAEFER, A. L.; JONES, S. D. M.; TONG, A. K. W.; DePASSILLE, A. M. B.; RUSHEN, J.; MERRILL, J. K. The effect of feeding the beta-adrenergic agonist ractopamine on the behavior of market-weight pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 72, p. 15-21, 1992.

SCHEFFER, J. F. & GONZÁLEZ, F. H. D. **Enzimologia clínica em medicina veterinária**. In: Seminário de Bioquímica Clínica. Faculdade de Veterinária, UFRGS, 2003. Disponível em: http://www6.ufrgs.br/favet/lacvet/outras_publicacoes.php?tipo=4&id_publicacao=73. Acesso em: 19/03/2010.

SCOTT, K. A.; TORREY, S.; STEWART, T.; WEAVER, S. A. Pigs selected for high lean growth exhibit increased anxiety response to humans. In: SOCIETY FOR NEUROSCIENCES'S 30th ANNUAL MEETING, New Orleans, 2000. **Proceedings...** New Orleans: Society for Neurociences, LA, EUA, p. 177, 2000.

SHAW, F. D. & TUME, R. K. The Assessment of Pre-slaughter and Slaughter Treatments of Livestock by Measurement of Plasma Constituents – A Review of Recent Work. **Meat Science**, Barking, v. 32, p. 311-329, 1992.

SHAW, F. D. & TROUT, G. R. Plasma and Muscle Cortisol Measurements as Indicators of Meat Quality and Stress in Pigs. **Meat Science**, Barking, v. 39, p. 237-246, 1995.

SMITH, D. J. The pharmacokinetics, metabolism and tissue residues of beta-adrenergic agonists in livestock. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 173-194. 1998.

STITES, C. R., McKEITH, F. K.; SINGH, S. D.; BECHTEL, P. J.; MOWREY, D. H.; JONES, D. J. The effect of Ractopamine hydrochloride on the carcass cutting yields of finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p. 3094-3101, 1991.

STITES, C. R.; McKEITH, F. K.; SINGH, S.D.; BECHTEL, P.J.; JONES, D.J.; MOWREY, D.H. Palatability and visual characteristics of hams and loin chops from swine treated with Ractopamine hydrochloride. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v. 5, p. 367- 376, 1994.

STOLLER, G. M.; ZERB, H. N.; MOELLER, S. J.; BAAS, T. J.; JOHNSON, C. D.; WATKINS, L. E. The effect of feeding ractopamine (Paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetic lines of swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 1508-1516, 2003.

STOOKEY, J. M. **Animal welfare in Canada-the next 20 years**. In: ALBERTA FEED INDUSTRY CONFERENCE, nº do evento, September 23-24, Lethbridge, AB. (In press). **Proceedings...** Lethbridge: editora, 1992.

SUTTON, A. L.; RICHERT, B. T.; HANKINS, S. L.; DeCAMP, S. A.; CAROLLA, A. L. Potential impact of ractopamine on environmental stewardship. In: INTERNATIONAL ANIMAL AGRICULTURE AND FOOD SCIENCE CONFERENCE, nº evento, Indianápolis, 2001. 24p. Indianápolis: editora, 2001. Disponível em: <<http://www.fass.org/fass01/pdfs/Sutton.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2008.

UTTARO, B. E.; BALL, R. O.; DICK, P.; RAE, W.; VESSIE, G.; JEREMIA, L.E. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield and meat quality characteristics of crossbred swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 2439-2449, 1993.

Von-BORELL, E. Neuroendocrine integration of stress and significance of stress for the performance of farm animals. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 44, p. 219-227, 1995.

WALKER, W. R.; JOHNSON, D. D.; BRENDEMUHL, J. H.; DALRYMPLE, R. H.; COMBS, G. E. Evaluation of cimaterol for finishing swine including a drug withdrawal period. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 67, p.168 – 176, 1989.

WARRISS, P. D.; KESTIN, S. C.; BROWN, S. N. The effect of beta-adrenergic agonists on carcass and meat quality in sheep. **Animal Production**, Bletchley, v. 48, p. 385 – 392, 1989.

WARRISS, P. D.; BROWN, S. N.; ROLPH, T. P.; KESTIN, S. C. Interactions between the beta-adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 3669 – 3676, 1990.

WARRISS, P. D.; NUTE, G. R.; ROLPH, T. P.; BROWN, S. N.; KESTIN, S. C. Eating quality of meat from pigs given the beta-adrenergic agonist salbutamol. **Meat Science**, Barking, v. 30, p. 75 – 80, 1991.

WARRISS, P. D.; BROWN, S. N. ; BARTON-GADE, P.; SANTOS, C.; NANI COSTA, L.; LAMBOOIJ, E.; GEERS, R. An analysis of data relating to pig carcass quality indices of stress collect in the European Union. **Meat Science**, Barking, v. 49, p. 137-144, 1998.

WATKINS, L. E.; JONES, D. J.; MOWREY, D. H.; ANDERSON, D. B.; VEEHUIZEN, E. L. The effect of various levels of ractopamine hydrochloride on the performance and carcass characteristics of finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 3588-3595, 1990.

WEBER, T.E.; RICHERT, B. T.; BELURY, M. A.; GU, Y.; ENRIGHT, K.; SCHINCKEL, A. P. Evaluation of the effects of dietary fat, conjugated linoleic acid, and ractopamine on growth performance, pork quality, and fatty acid profiles in genetically lean gilts. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 720-732, 2006.

WELDON, W. C. & ARMSTRONG, T. A. Impact of nutrition on the Ractopamine response. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, n. 1, p. 238–239, 2001. Supplement.

WILLIAMS, P.E.V. The use of β -agonists as a means of altering body composition in livestock species. **Nutrition Abstracts and Reviews**. Série B - Livestock feeds and feeding, Farnham Royal, v. 57, p. 453 – 464, 1987.

WILLIAMS, N. H.; CLINE, T. R.; SCHINCKEL, A. P.; JONES, D. J. The impact of ractopamine, energy intake, and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, p. 3152–3162, 1994.

XIAO, R.J.; XU, Z.R; CHEN, H.L. Effects of ractopamine at different dietary protein levels on growth performance and carcass characteristics in finishing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, 79 (1), 119-127, 1999.

ZAGURY, F. T. R. **Efeito da ractopamina na ração sobre o crescimento, composição da carcaça e qualidade de carne de suínos**. 46p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.

CAPÍTULO 2

O artigo a seguir está redigido de acordo com as exigências para publicação na revista *Meat Science*, com exceção do idioma.

DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E ANÁLISE ECONÔMICA DE SUÍNOS SUPLEMENTADOS COM RACTOPAMINA EM CONDIÇÕES DE PRODUÇÃO COMERCIAL

N. B. Athayde^{a,*}, O. A. Dalla Costa^b, R. O. Roça^c, A. L. Guidoni^b, C. B. Ludtke^d, A. P. Araújo^a

^a FMVZ, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP. Botucatu, SP.

^b Embrapa Suínos e Aves. BR-153, Km 10, Cx.P. 21, Distrito de Tamanduá, CEP. 89700-000, Concórdia, SC.

^c FCA, Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP. Departamento Gestão e Tecnologia Agroindustrial– Fazenda Experimental Lageado, Cx.P. 237, CEP 18603-970, Botucatu, SP.

^d Sociedade Mundial de Proteção Animal. Av. Princesa Isabel, 323, 8º andar, Copacabana, RJ.

Resumo

A ractopamina é um agonista β -adrenérgico que vem sendo utilizado como repartidor de energia em dietas de suínos na fase de terminação. Neste contexto, objetivou-se avaliar a influência de três níveis de inclusão deste aditivo (0, 5 e 10 ppm) na dieta de suínos (machos castrados e fêmeas, n=340) durante 28 dias pré abate, sobre o desempenho, características de carcaça e parâmetros econômicos. Não houve interação entre níveis de ractopamina e condição sexual para as variáveis avaliadas. Constatou-se que suínos que receberam ractopamina obtiveram ganho de peso diário superior e melhora na conversão alimentar. Com a inclusão de 10 ppm, foi verificada uma melhora na profundidade de músculo, redução na espessura de toucinho, aumento da porcentagem de carne magra e do rendimento de carcaça. A análise econômica aponta para aumento no valor da receita total e líquida com a venda dos suínos. A suplementação de ractopamina na dieta (5 e 10 ppm) promove melhorias no desempenho e nas características de carcaça de suínos em condições de produção comercial, e seu uso é economicamente viável na suinocultura.

Palavras chave: agonista β -adrenérgico, carne magra, conversão alimentar, custo de produção, rendimento de carcaça.

* Autor correspondente: Cel. (+55) 14 9778 0303, E-mail: nataliaathayde@yahoo.com.br

PERFORMANCE, CARCASS CHARACTERISTICS AND ECONOMICAL ANALYSIS OF SWINES SUPPLEMENTED WITH RACTOPAMINE UNDER COMMERCIAL PRODUCTION CONDITIONS

N. B. Athayde^{a,*}, O. A. Dalla Costa^b, R. O. Roça^c, A. L. Guidoni^b, C. B. Ludtke^d, A. P. Araújo^a

^a FMVZ, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP. Botucatu, SP.

^b Embrapa Suínos e Aves. BR-153, Km 10, Cx.P. 21, Distrito de Tamanduá, CEP. 89700-000, Concórdia, SC.

^c FCA, Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP. Departamento Gestão e Tecnologia Agroindustrial– Fazenda Experimental Lageado, Cx.P. 237, CEP 18603-970, Botucatu, SP.

^d Sociedade Mundial de Proteção Animal. Av. Princesa Isabel, 323, 8º andar, Copacabana, RJ.

Abstract

The aim of this research was to evaluate the influence of three levels of inclusion of ractopamine (0, 5 and 10 ppm) in diet of finishing pigs (barrows and gilts, n=340) on performance, carcass traits and economical parameters. After 28 days on the feeding trial, pigs were slaughtered and the growth, carcass traits and economical analysis were measured. There was no interaction on levels of ractopamine and sexual condition for variables evaluated. Ractopamine feeding increased ($P<0.05$) average daily gain and efficiency. Moreover, with inclusion of 10 ppm, there was an improvement in depth of muscle, reduced fat tissue, increased lean percentage and carcass yield. Economical analysis showed increase in total revenue value and net produce from swines. These results suggest that ractopamine will improve performance and carcass traits of finishing pigs breeding under commercial conditions supplemented with 5 and 10 ppm and it is economically viable.

Keywords: *β -adrenergic agonist, carcass yield, cost of production, efficiency, lean meat.*

* Corresponding author: Cel. (+55) 14 9778 0303, E-mail address: nataliaathayde@yahoo.com.br

1. Introdução

O mercado consumidor está cada vez mais exigente com relação à qualidade dos produtos cárneos. Para atender essas exigências, os pesquisadores da área têm buscado alternativas e novas tecnologias que permitam aumentar a produção e a porcentagem de carne magra na carcaça, melhorando também o desempenho dos animais.

Dentre as alternativas está a ractopamina, um agonista β - adrenérgico que vem sendo utilizado em dietas de suínos em fase de terminação, devido à capacidade de desviar nutrientes para o anabolismo protéico em detrimento do lipídico. Dentre os benefícios de sua utilização estão: melhora no desempenho (Zagury, 2002; Stoller, Zerb, Moeller, Bass, Johnson & Watkins, 2003; Armstrong, Ivers, Wagner, Anderson, Weldon & Berg, 2004; Weber, Richert, Belury, Gu, Enright & Schinckel, 2006; Marinho, Fontes, Oliveira, Silva, Pereira & Arouca, 2007; Sanches, Kiefer, Souza de Moura, Silva, Freitas da Luz & Carrijo, 2010), redução da quantidade de gordura (Rutz & Xavier, 1998) e aumento da quantidade de carne magra na carcaça (Williams, Cline, Schinckel & Jones, 1994; Stoller et al., 2003).

A diminuição da gordura e o aumento em carne magra na carcaça refletem em melhor índice de classificação e preço melhor na indústria, o que é desejável por atender as exigências do mercado consumidor e para manter o suinocultor na atividade (Cantarelli, 2007).

Apesar de existirem pesquisas brasileiras avaliando o uso da ractopamina, todas elas foram realizadas somente em granjas experimentais. Por isso, é importante verificar o efeito deste repartidor de energia sob as condições comerciais brasileiras de produção de suínos.

Com base nessas informações, objetivou-se estudar os efeitos da administração de diferentes níveis de ractopamina em condições de produção comercial de suínos sobre o desempenho, características de carcaça e análise econômica.

2. Materiais e métodos

2.1. Local, animais e manejo na granja

O experimento foi realizado no período de inverno (22 de junho a 20 de julho de 2009) na propriedade do Sr. Claudemir Rettmann que é integrado da Cooperativa de Produção e Consumo Concórdia (COPÉRDIA), localizada no município de Alto Bela Vista, SC, Linha Floresta. As temperaturas variaram de 8,8 a 20,5°C, com média

de 15°C. As médias de umidade relativa do ar e de precipitação média diária foram de 83,5% e 5,7mm. O experimento foi desenvolvido de acordo com os princípios éticos na experimentação animal (protocolo nº 64/2008-CEEA), determinados pela Câmara de Ética em Experimentação Animal da Universidade Estadual Paulista (FMVZ), UNESP, Botucatu/SP, Brasil.

Foram utilizados 340 suínos em fase de terminação (machos castrados e fêmeas, com peso médio de 107,3 kg), provenientes de cruzamentos industriais, distribuídos em 30 baias. As baias mediam 3,40 metros de largura por 3,65 metros de comprimento, onde foram alojados 10 a 12 animais (1,03 a 1,24 m²/suíno) e tinham piso de concreto, sem cama, com lâmina de água, paredes de alvenaria, bebedouro do tipo chupeta e comedouro linear posicionado paralelamente ao corredor.

Todos os animais foram pesados e identificados com brincos na instalação do experimento calculando-se a média de peso dos animais de cada baia. A partir desses pesos, foram distribuídos os tratamentos permitindo que houvesse baias (blocos) com animais com média de pesos leve, médio e pesado em todos os tratamentos, totalizando 10 baias por tratamento. Foi considerada a baia como unidade experimental.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com arranjo fatorial dos tratamentos 2 x 3, sendo duas condições sexuais (machos castrados e fêmeas) e três níveis de suplementação de ractopamina na ração (0, 5 e 10 ppm).

2.2. Arraçoamento

A ração suplementada com ractopamina (5 e 10 ppm) foi fornecida de forma controlada, 28 dias antes do abate, dividida em três tratamentos diários (às 7h30, 13h00 e 17h00). O grupo controle recebeu ração com mesma composição que os demais, porém sem a suplementação da ractopamina. A dieta utilizada neste período foi uma ração convencional contendo 1% de lisina total.

Foram realizadas três misturas de ração (com mesma formulação) ao longo dos 28 dias de experimento, a fim de garantir a qualidade e palatabilidade das mesmas. Os componentes foram misturados (Misturador de Rações BMV-500E, tecnologia Bergazzi Máquinas e Equipamentos Ltda. e Embrapa), na fábrica de rações da Embrapa Suínos e Aves e, posteriormente, as rações foram transportadas até a granja. Dois silos foram instalados ao lado do galpão para acondicionar as rações, sendo um com capacidade para 750 kg (ração sem ractopamina) e outro para 1500 kg

(dividido em dois compartimentos de 750 kg, um para armazenamento da ração contendo 5 ppm e o outro para o de 10 ppm de ractopamina).

2.3. Avaliações de desempenho

O consumo de ração foi avaliado durante todo o experimento pelo controle de ração fornecida por baia. No último dia, antes do embarque dos animais para transporte até o frigorífico, todos foram pesados assim como a sobra de ração nos comedouros. A partir destas informações foi calculado o ganho de peso, consumo de ração diário e conversão alimentar.

2.4. Manejo pré-abate

Os animais foram pesados e submetidos ao jejum de aproximadamente quatro horas. Em seguida, foram transportados até o frigorífico da Cooperativa Central Oeste Catarinense (Aurora Alimentos Ltda.), localizado na cidade de Chapecó/SC.

O manejo de embarque dos animais durou em média 31 minutos por caminhão, foi realizado por cinco pessoas e com o auxílio de tábuas de manejo para condução dos animais. Os suínos foram transportados em compartimentos separados no caminhão de carroceria dupla, totalizando 85 animais por caminhão.

A granja localizava-se a aproximadamente 134 km do frigorífico, sendo oito quilômetros de estrada não pavimentada e 126 km de asfalto. Com isso, a duração da viagem foi em média de 3h57.

Ao chegarem ao frigorífico, os suínos permaneceram durante 6 horas nas baias de descanso até serem conduzidos ao insensibilizador. O período total de jejum, desde a retirada da ração na granja até o abate, foi de 14 horas. Os animais permaneceram sem acesso à alimentação, porém tiveram livre acesso à água na granja e durante a permanência nas baias de espera do frigorífico.

O sistema de condução até o insensibilizador, caracterizado por uma esteira rolante, transportou os suínos imobilizados e sustentados pelos flancos até os eletrodos metálicos que, em contato com o corpo dos animais conduziu a descarga elétrica na região temporal e cardíaca. O abate ocorreu por eletrocussão (700V e intensidade de corrente acima de 1,25 ampères - Valhalla, Stork RMS b.v., Lichtenvoorde, Holanda). Após essa etapa, os animais foram imediatamente sangrados na posição horizontal e suspensos ao fim da mesa de sangria na nória contínua da linha de abate. As carcaças dos suínos permaneceram em câmara fria em temperaturas variando entre 1 °C a 4 °C durante 24 horas.

2.5. Classificação das carcaças

As carcaças quentes (sem cabeça e patas anteriores) foram pesadas e a sonda de tipificação óptica (Hennessy Grading System – GP4/BP4) foi inserida na região entre a 3ª e 4ª últimas costelas. Este instrumento é uma pistola com um sensor fotoelétrico em sua agulha. À medida que esta é inserida na carcaça, na região entre a 3ª e 4ª últimas costelas, o sensor mede espessura de toucinho, profundidade de músculo e estima a porcentagem de carne magra.

Posteriormente, foi realizada a classificação das carcaças pelo Sistema Europeu intitulado “SEUROP” (Tabela 1), onde os animais são tipificados no momento da pesagem de acordo com a estimativa da porcentagem de carne magra (AMA, 2001).

Tabela 1. Rendimento de carne magra (%) no Sistema Europeu

<i>Classificação</i>	<i>Porcentagem de carne magra (%)</i>
S	≥ 60
E	[55-60)
U	[50-55)
R	[45-50)
O	[40-45)
P	< 40

Fonte: AMA, 2001.

Para verificar se a distribuição de carcaças pelo sistema Europeu é a mesma em todos os níveis de ractopamina avaliados, foi utilizado o teste de qui-quadrado. O nível de significância adotado foi de 0,05.

2.6. Análise Econômica

2.6.1. Custo das rações

O custo de cada ingrediente que compõe a ração foi dado por:

Custo do ingrediente i por kg de ração = % ingrediente $_i$ * Preço $_i$ por kg do ingrediente

O custo da fração da ração correspondente ao ingrediente $_i$ é dado por:

Custo da fração da ração = (consumo de ração) * (custo do ingrediente $_i$ por kg), em que o custo do ingrediente depende da conjuntura econômica.

O custo total da ração por kg (Tabela 2) foi dado pela soma dos custos de todos os ingredientes que a compõe, isto é:

$$\text{Custo total da dieta/kg} = \sum_{i=1}^8 \% \text{Ingrediente}_i * \text{Preço}_i$$

Tabela 2. Composição percentual e custo por kg das rações

Composição da ração (%)	Ractopamina (ppm)		
	0	5	10
Milho	65,24	65,21	65,19
Farelo de soja	29,60	29,60	29,60
Óleo de soja	2,30	2,30	2,30
Núcleo	1,50	1,50	1,50
Fosfato bicálcico	0,80	0,80	0,80
Calcáreo	0,49	0,49	0,49
Lisina	0,07	0,07	0,07
Ractopamina	0,000	0,025	0,050
<i>Custo da ração (R\$/kg)</i>	0,64	0,66	0,68

2.6.2. Índice de Bonificação de carcaça

Foi utilizado um índice empírico de bonificação (Guidoni, 2000) e a partir deste foi gerado o índice de bonificação corrigido por uma constante k, tal que o valor médio do índice de bonificação do experimento fosse o mesmo valor médio dos índices fornecidos pelos frigoríficos. Para esse experimento adotou-se k=3,013.

Índice empírico = 23,6 + 0,286 * (peso da carcaça quente) + 1 * (porcentagem de carne magra)

Índice de bonificação corrigido = (23,6 - k) + 0,286 * (peso da carcaça quente) + 1 * (porcentagem de carne magra)

O índice de bonificação da carcaça corrigido foi gerado uma vez que a bonificação é um acordo entre o frigorífico e o produtor. Este índice atende aos seguintes pontos:

- para cada kg de aumento de peso da carcaça quente o índice de bonificação aumenta linearmente de 0,286%;
- para cada ponto percentual de aumento de carne magra na carcaça, o índice de bonificação aumenta linearmente de 1%. O valor 23,6 é uma constante conveniente

adotada para garantir um índice médio de bonificação pré-estabelecido para a população de animais abatidos no frigorífico envolvido.

2.6.3. Receita líquida gerada pela venda dos suínos experimentais

A Receita/suíno = (preço por kg do suíno vivo)*(peso do suíno vivo), sendo que o preço do suíno vivo varia de acordo com as conjunturas de mercado. Nesse trabalho, o preço considerado do suíno por kg foi de R\$ 1,70. Esse procedimento é adotado pelos frigoríficos que não tipificam carcaças. No caso do pagamento recorrer ao sistema de tipificação de carcaça, a fórmula de pagamento sofre uma modificação, dada por:

Receita/suíno bonificado = (preço por kg do suíno vivo)*(índice de bonificação da carcaça)*[(peso carcaça quente)/(0,738)], em que:

- peso da carcaça quente/0,738 corresponde ao peso equivalente do suíno vivo ao abate

- o número 0,738 corresponde ao rendimento de carcaça médio do frigorífico comprador dos suínos (rendimento= peso abate/peso vivo).

2.6.4. Margem bruta inerente à alimentação

Margem bruta/suíno= Receita/suíno - Custo com alimentação/suíno – Custo de compra do suíno, onde o custo de compra do suíno = peso inicial do suíno * preço do suíno vivo.

No caso da bonificação, a Receita/suíno deve ser substituída por Receita/suíno bonificado.

2.7. Análise estatística

Para as variáveis analisadas foi gerada uma média para cada baia, totalizando no experimento 30 unidades experimentais, distribuídas em cinco blocos envolvendo fatorial duas condições sexuais x três níveis de ractopamina (0, 5 e 10 ppm).

Para todas essas variáveis, foi aplicado o seguinte modelo de análise de variância:

$Y_{jik} = \mu + b_j + t_i + s_k + (ts)_{ik} + e_{jik}$; com $j=1, 2, \dots, 5$ blocos; $i= 1, 2, 3$ níveis de ractopamina; $k= 1, 2$ condições sexuais. Em que:

Y_{jik} é a observação da resposta pertencente ao bloco j , nível de ractopamina i , condição sexual k ;

μ é a média geral da resposta no experimento;

b_j é o efeito do bloco j ;

t_i efeito do nível de ractopamina i ;

s_k é o efeito da condição sexual k ;

$(ts)_{ik}$ é o efeito da interação nível de ractopamina e condição sexual;

e_{jik} é o erro aleatório não observável suposto seguir a distribuição normal de média zero e variância constante σ^2 , e este é o denominador apropriado para calcular o teste F das fontes de variação envolvidas.

O critério para tomada de decisão adotada foi 5% de probabilidade. As comparações das médias foram realizadas através do teste T de Student, protegido pela significância do teste F. Foi utilizado o programa Statistical Analysis System (SAS, 2002).

3. Resultados e discussão

3.1. Análise do desempenho

Não houve efeito da interação níveis de ractopamina x condição sexual para as variáveis de desempenho avaliadas.

Os parâmetros de desempenho de suínos suplementados com diferentes níveis de ractopamina na dieta estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Médias e coeficientes de variação dos parâmetros de desempenho de suínos machos castrados e fêmeas suplementados com diferentes níveis de ractopamina na dieta

	<i>Ractopamina (ppm)</i>			Média	CV ¹ (%)
	0	5	10		
<i>Peso inicial (kg)</i>					
Fêmea	107,3	107,9	107,9	107,7 a	
Macho	106,6	107,0	106,8	106,8 b	
Média	107,0 A	107,5 A	107,3 A	107,3	0,6
<i>Peso final (kg)</i>					
Fêmea	126,9	132,0	133,5	130,8 a	
Macho	127,8	131,4	132,4	130,5 a	
Média	127,4 B	131,7 A	133,0 A	130,7	1,7
<i>Consumo de ração diário por animal (gramas)</i>					
Fêmea	2643	2661	2617	2640 b	
Macho	2692	2747	2706	2715 a	
Média	2668 A	2704 A	2661 A	2678	3,1
<i>Ganho de peso diário por animal (gramas)</i>					
Fêmea	702	861	915	826 a	
Macho	755	874	915	848 a	
Média	729 B	867 A	915 A	837	8,4
<i>Conversão alimentar por animal (CA)</i>					
Fêmea	3,792	3,142	2,862	3,266 a	
Macho	3,570	3,153	2,972	3,232 a	
Média	3,681 A	3,147 B	2,917 B	3,248	8,4

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na vertical (condição sexual) e maiúsculas na horizontal (níveis de ractopamina) diferem ($P < 0,05$) pelo teste T de Student. ¹- CV = coeficiente de variação.

Foi encontrada diferença de condição sexual entre as médias dos pesos iniciais dos suínos, onde as fêmeas foram mais pesadas do que os machos. Em relação aos pesos finais, observou-se um aumento de peso, independente da condição sexual, em função da inclusão de ractopamina na ração. Este resultado foi similar ao encontrado por Gu, Schinckel, Forrest, Kuei & Watkins (1991), ao utilizarem dietas com 18,5% de proteína bruta, 0,95% de lisina e 20 ppm de ractopamina, observando um aumento de 3,93 kg no peso final. Marinho et al. (2007) também observaram aumento (aproximadamente 3%) no peso final dos animais quando receberam suplementação de 5 ppm de ractopamina em relação ao grupo controle.

O peso final foi diferente quando se comparou os tratamentos 0 e 5 ppm, porém, não significativo entre 5 e 10 ppm. Isso demonstra que a suplementação com 5 ppm do aditivo proporciona aos suínos desempenho equivalente aos que receberam 10 ppm. Esses resultados também concordam com os encontrados por Bellaver, Lima, Ludke & Zagury (2002), que avaliaram os mesmos níveis de ractopamina na dieta de

suínos. Porém, Xiao, Xu & Chen, 1999, que forneceram 5 ppm de ractopamina para suínos em terminação e Sanches et al. (2010), que avaliaram o desempenho e características de carcaça de suínos machos castrados, mantidos em ambiente de conforto térmico e alimentados com diferentes níveis de inclusão de ractopamina na dieta (0, 5, 10 e 20 ppm) e não observaram diferenças entre o peso final dos animais suplementados e sem suplementação.

Houve influência de condição sexual na variável consumo de ração diário por animal, onde as fêmeas tiveram consumo menor do que os machos. Não houve efeito da inclusão da ractopamina na ração sobre esta variável. Esse resultado também foi encontrado por vários autores (Aalhus, Jones & Schaefer, 1990; Stites, McKeith, Singh, Bechtel, Mowrey & Jones, 1991; Dunshea, King, Campbell, Sainz & Kim, 1993; Trapp, Rice, Kelly, Bundy, Schinckel & Richert, 2002; Marinho et al., 2007; Patience, Shand, Pietrasik, Merrill, Vessie, Ross & Beaulieu, 2009; Sanches et al., 2010). No entanto, Mimbs, Pringle, Azain, Meers & Armstrong (2005), Crome, McKeith, Carr, Jones, Mowrey & Cannon (1996) e See, Armstrong & Weldon (2004), observaram que a suplementação da dieta dos suínos com a ractopamina promoveu redução no consumo de ração, o que é positivo considerando que os suínos apresentaram melhora na conversão alimentar.

O ganho de peso diário aumentou e a conversão alimentar melhorou com o aumento da suplementação de ractopamina. Porém, não houve diferenças entre os tratamentos contendo 5 e 10 ppm. Efeitos positivos da ractopamina sobre o ganho de peso diário também foram encontrados por diversos autores (Gu et al. 1991; Dunshea et al. 1993; Crome et al. 1996; Xiao et al. 1999; Trapp et al., 2002; Marinho et al., 2007; Patience et al., 2009; Sanches et al., 2010). No entanto, Pozza, Nunes, Santos, Oliveira, Richart, Debastiani & Sestak (2003a) ao utilizarem 5 ppm de ractopamina, não verificaram efeitos significativos sobre o peso final e o ganho de peso diário dos animais. Watkins, Jones, Mowrey, Anderson & Veehuizen (1990) avaliaram diversos níveis de ractopamina (0, 2,5, 5, 10, 20 e 30 ppm) no desempenho e nas características de carcaça de suínos em terminação e concluíram que houve um aumento mais expressivo do ganho de peso diário e conversão alimentar nos níveis de 10 e 20 ppm e verificaram melhora nesses parâmetros em todos os níveis estudados.

Com a suplementação de 5 ppm de ractopamina houve uma melhora de 14,75% na conversão alimentar, quando comparado o grupo controle. Esta porcentagem passou para 20,75% no grupo que recebeu 10 ppm. Resultados demonstrando a melhora na conversão alimentar também foram encontrados por

outros autores, como Adeola, Darko, He & Young, 1990; Yen, Mersmann, Hill & Pond, (1990), que observaram que a administração de 20 ppm de ractopamina na dieta com 16% de proteína bruta proporcionou melhora de 12% na conversão alimentar de suínos em terminação; Dunshea et al. (1993) e Crome et al. (1996) que verificaram melhora de 15% e Sanches et al. (2010) que verificaram melhora na conversão alimentar de animais que receberam ractopamina, sendo que os que receberam 20 ppm, obtiveram melhora de 22% na conversão alimentar.

Estes benefícios no ganho de peso diário e na conversão alimentar podem ser explicados pelo efeito da ractopamina no metabolismo animal, promovendo aumento da síntese protéica e do bloqueio da lipogênese (Schinckel, Richert, Preckel & Einstein, 2003). Conseqüentemente, esse aditivo altera a composição do ganho de peso dos animais, que depositam mais proteína e menos gordura. Portanto, pode-se inferir que a adição de ractopamina em dietas para suínos em terminação melhora a eficiência de utilização dos nutrientes.

3.2. Análise das características de carcaça

Não houve efeito da interação níveis de ractopamina x condição sexual para as variáveis de características de carcaças avaliadas.

Os parâmetros das características de carcaça de suínos suplementados com 0, 5 e 10 ppm de ractopamina na dieta estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4. Médias e coeficientes de variação das características de carcaça de suínos machos castrados e fêmeas suplementados com diferentes níveis de ractopamina na dieta

	<i>Ractopamina (ppm)</i>			Média	CV ¹ (%)
	0	5	10		
<i>Peso da carcaça quente (kg)</i>					
Fêmea	95,8	99,3	102,0	99,0 a	
Macho	94,3	98,5	101,0	97,9 a	
Média	95,1 C	98,9 B	101,5 A	98,4	1,6
<i>Rendimento de carcaça (%)</i>					
Fêmea	75,6	75,3	76,5	75,8 a	
Macho	73,9	75,0	76,3	75,1 a	
Média	74,8 B	75,1 B	76,4 A	75,4	1,5
<i>Espessura de toucinho (mm)</i>					
Fêmea	16,4	16,8	15,3	16,2 b	
Macho	17,7	17,5	16,5	17,2 a	
Média	17,1 A	17,1 A	15,9 B	16,7	5,8
<i>Profundidade de músculo (cm)</i>					
Fêmea	68,5	72,1	73,4	71,3 a	
Macho	66,0	68,4	71,1	68,5 b	
Média	67,3 C	70,3 B	72,3 A	69,9	2,8
<i>Porcentagem de carne magra (%)</i>					
Fêmea	58,8	59,3	60,4	59,5 a	
Macho	57,6	58,2	59,3	58,4 b	
Média	58,2 B	58,7 B	59,8 A	58,9	1,2

Médias seguidas por letras distintas minúsculas na vertical (condição sexual) e maiúsculas na horizontal (níveis de ractopamina) diferem ($P < 0,05$) pelo teste T de Student. ¹- CV = coeficiente de variação.

Observa-se na Tabela 4 um aumento significativo e progressivo no peso das carcaças quentes, com o aumento da inclusão de ractopamina na dieta. Crome et al. (1996) e Trapp et al. (2002) também constataram aumento linear do peso da carcaça quente ($P < 0,001$) com a inclusão de ractopamina. Porém, Sanches et al. (2010) verificaram que não houve influência dos tratamentos para esta variável.

Verificou-se aumento do rendimento de carcaça dos suínos alimentados com ração contendo 10 ppm de ractopamina. Porém, não verificado diferença entre os tratamentos contendo 0 e 5 ppm, demonstrando que somente com a inclusão de 10 ppm de ractopamina na ração é que se obtém um diferencial no rendimento de carcaça. Cantarelli, Fialho, Almeida, Zangeronimo, Amaral & Lima (2009) avaliando a suplementação de 5 ppm de ractopamina para suínos em terminação, verificaram que há melhora no rendimento de carcaça. Resultado semelhante foi encontrado em outros trabalhos envolvendo a suplementação de ractopamina na ração de suínos (Carr, Rincker, Killefer, Baker, Ellis & McKeith, 2005; Weber et al., 2006) para essa

variável. Budiño, Thomaz, Neme, Ruiz, Fraga, Huaynate et al. (2005) por sua vez, não encontraram efeito da ractopamina no rendimento de carcaça de suínos.

No presente estudo não houve diferença entre condição sexual para peso de carcaça quente e rendimento de carcaça.

As fêmeas apresentam menor espessura de toucinho, maior profundidade de músculo e maior porcentagem de carne magra, comparado com os machos castrados.

Com a inclusão de ractopamina na dieta, houve aumento progressivo da profundidade de músculo, concordando com resultados de trabalhos anteriores (Watkins et al., 1990; Uttaro, Ball, Dick, Rae, Vessie & Jeremia, 1993; Sanches et al., 2010). Esse aumento pode ser explicado em função de uma das propriedades da ractopamina de ligar-se aos receptores da membrana e disparar uma série de eventos bioquímicos que levam ao aumento no diâmetro das fibras musculares, mais especificamente das fibras brancas e intermediárias (Aalhus et al., 1990). Porém, Sainz, Kim, Dunshea & Campbell (1993) atribuíram esse aumento na quantidade de carne na carcaça dos suínos que receberam ractopamina na ração, à menor ação da calpaína sobre a proteólise do músculo.

Verificou-se também aumento da porcentagem de carne magra na carcaça e redução da espessura de toucinho nos suínos que receberam 10 ppm de ractopamina em relação aos que receberam 0 ou 5 ppm. Xiong, Gower, Elmore, Cromwell & Lindemann (2006) e Sanches et al. (2010) observaram aumento da porcentagem carne magra nas carcaças dos suínos que receberam na dieta suplementação de 20 ppm de ractopamina. Cantarelli et al. (2009) encontraram um aumento de 3,37% na porcentagem de carne magra na carcaça com a suplementação de 5 ppm. Em contrapartida, Stites et al. (1991) e Smith, Purchas, Van Enkevort & Pearson (1995) relataram que 5 ppm foram suficientes para promover melhorias no ganho de carne magra na carcaça.

A redução na espessura de toucinho encontrada no presente trabalho (7,01%) nas carcaças de suínos que tiveram a suplementação de 10 ppm de ractopamina na ração, em relação ao grupo controle, corresponde a reportada por Marinho et al. (2007) que adicionaram 5 ppm de ractopamina durante 28 dias e constataram diminuição de 7,5% na espessura de toucinho da carcaça em relação àqueles que não receberam suplementação. Resultados semelhantes foram obtidos por Uttaro et al. (1993), Crome et al. (1996) e Sanches et al. (2010). Cantarelli et al. (2009) encontraram 20,34% de redução na espessura de toucinho com a suplementação de 5 ppm de ractopamina. Entretanto, Adeola et al. (1990), Stites et al. (1991) e Pozza,

Santos, Nunes, Oelke, Souza & Petry et al. (2003b) não verificaram efeito significativo da adição de ractopamina sobre a espessura de toucinho. Segundo Williams et al. (1994) e Carr et al. (2005), a diminuição da gordura corporal, com destaque para a intramuscular e subcutânea, são os efeitos mais visíveis quando há uso de ractopamina para suínos. Haese & Bünzen (2005) afirmaram ainda, que a ractopamina pode inibir a ação da insulina no receptor adrenérgico dos adipócitos, e assim, antagonizar a ação deste hormônio, o que diminui a síntese e a deposição de gordura nos suínos.

A Tabela 5 ilustra a porcentagem de carcaças em função dos níveis de ractopamina na dieta de suínos, dentro de cada categoria de carcaça, de acordo com a classificação do Sistema Europeu.

Tabela 5. Porcentagem de carcaças em função dos níveis de ractopamina na dieta de suínos, dentro de cada categoria de carcaça, de acordo com a classificação do Sistema Europeu

Categoria de carcaça*	Ractopamina (ppm)			P<0,05
	0	5	10	
S	22,12 b	35,96 b	52,68 a	B
E	62,83 a	57,02 a	42,86 a	A
U	14,16 b	5,26 c	4,46 b	C
R	0,88 c	1,75 c	.	D
<i>Total (%)</i>	100	100	100	

Letras minúsculas indicam comparação entre tratamentos (vertical), dentro de cada categoria.
*Categorias de carcaça baseadas na porcentagem de carne magra na carcaça – categoria “S”: porcentagem maior ou igual a 60; “E”: 55 a 55,99%; “U”: 50 a 54,99%; “R”: 45 a 49,99%; “O”: 40 a 44,99% e “P”: menor que 39,99%.

Evidencia-se na Tabela 5 que, em média, houve predominância de carcaças na categoria “E” (55 a 55,99% de carne magra), seguida pela categoria “S” ($\geq 60\%$ de carne magra). Como o grupo controle acompanhou essa tendência, isso indica que os suínos abatidos em Santa Catarina apresentam maior porcentagem de carne magra na carcaça, em função da seleção genética desenvolvida nos últimos anos.

Com a inclusão de 10 ppm de ractopamina na dieta, observou-se que 95,54% das carcaças se enquadram nas categorias mais almejadas (“S”=52,68% e “E”=42,86%).

A Tabela 6 mostra a porcentagem de carcaças em cada categoria de carcaça, em função do nível de ractopamina na dieta de suínos, de acordo com a classificação do Sistema Europeu.

Tabela 6. Porcentagem de carcaças em cada categoria de carcaça, em função do nível de ractopamina na dieta de suínos, de acordo com a classificação do Sistema Europeu

Categoria de carcaça*	Ractopamina (ppm)			Total (%)
	0	5	10	
S	20,00 B	32,80 A	47,20 A	100
E	38,59 A	35,33 AB	26,09 B	100
U	59,26 A	22,22 B	18,52 B	100
R	33,33 A	66,67 B	.	100
<i>P<0,05</i>	A	B	C	

Letras maiúsculas indicam comparação entre categorias (horizontal), dentro de cada tratamento (nível de ractopamina). *Categorias de carcaça baseadas na porcentagem de carne magra na carcaça – categoria “S”: porcentagem maior ou igual a 60; “E”: 55 a 55,99%; “U”: 50 a 54,99%; “R”: 45 a 49,99%; “O”: 40 a 44,99% e “P”: menor que 39,99%.

Observa-se na Tabela 6 que com a inclusão de ractopamina na dieta de suínos em terminação, houve aumento da porcentagem de carcaças na categoria “S”, que é a mais almejada.

Esse resultado é interessante para as indústrias de carnes, pois atende as exigências dos consumidores que procuram carnes com menor teor de gordura. A maioria das carcaças enquadrou-se nas classes “S”, “E” e “U”, enquanto que nenhuma das carcaças foi classificada como “O” ou “P”, que são as piores classificadas.

3.3. Análise econômica

Não houve efeito da interação níveis de ractopamina x condição sexual para as variáveis avaliadas.

A Tabela 7 ilustra informações referentes à análise econômica do uso dos diferentes níveis de ractopamina na dieta de suínos.

Tabela 7. Médias e coeficientes de variação dos parâmetros utilizados para a análise econômica em função da suplementação com diversos níveis de ractopamina na dieta de suínos machos castrados e fêmeas

	<i>Ractopamina (ppm)</i>			Média	CV ¹ (%)
	0	5	10		
<i>Custos para aquisição de suínos (R\$/kg)</i>					
Fêmea	182,38	183,50	183,47	183,12 a	
Macho	181,29	181,84	181,49	181,54 b	
Média	181,83 A	182,67 A	182,48 A	182,33	0,68
<i>Custo com Ractopamina² (R\$)</i>					
Fêmea	0,00	1,68	3,30	1,66 a	
Macho	0,00	1,73	3,41	1,71 a	
Média	0,00 C	1,70 B	3,35 A	1,68	4,81
<i>Custo total da ração (R\$)</i>					
Fêmea	47,13	49,12	49,94	48,73 b	
Macho	48,00	50,70	51,64	50,12 a	
Média	47,57 B	49,91 A	50,79 A	49,42	3,20
<i>Índice de Bonificação</i>					
Fêmea	106,77	108,28	110,15	108,40 a	
Macho	105,17	106,93	108,75	106,95 b	
Média	105,97 C	107,61 B	109,45 A	107,68	0,90
<i>Receita líquida, com bonificação (R\$)</i>					
Fêmea	48,25	59,89	66,94	58,36 a	
Macho	47,42	57,40	63,63	56,15 a	
Média	47,83 C	58,65 B	65,29 A	57,26	8,74
<i>Margem bruta, com bonificação (R\$)</i>					
Fêmea	1,12	10,77	17,01	9,63 a	
Macho	-0,59	6,70	12,00	6,04 a	
Média	0,27 C	8,73 B	14,50 A	7,83	63,12

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na vertical (condição sexual) e maiúsculas na horizontal (níveis de ractopamina) diferem ($P < 0,05$) pelo teste T de Student. ¹- CV = coeficiente de variação; ²- Valor referente ao gasto com Ractopamina por animal no período de 28 dias.

Constata-se na Tabela 7 que apesar do custo total da ração aumentar em função da inclusão de ractopamina, tanto a receita líquida quanto a margem bruta por animal foram superiores nos animais suplementados com ractopamina, especialmente para o nível de 10 ppm. Isso foi possível em função da melhora da qualidade da carcaça dos suínos que receberam a suplementação de ractopamina na dieta e, conseqüentemente foram melhor bonificadas.

Para os resultados de viabilidade econômica, Cantarelli et al. (2009) observaram aumento na receita líquida (31,18%) para o grupo de animais que receberam ractopamina, quando comparados ao tratamento controle.

Resultados encontrados por Millar, Martin, Preckel & Schinckel (1990) e Kitts, Martin, Preckel & Schinckel (1991), mostram que o retorno econômico em função do aumento da produção de carne magra foi determinado pela inclusão de ractopamina e lisina na ração. Baseado nesse retorno, muitos produtores comerciais preferem utilizar de 5 a 10 ppm de ractopamina (Kitts et al., 1991). Segundo Trapp et al. (2002), suínos alimentados com ractopamina apresentaram valor total por animal maior do que os suínos do grupo controle (\$104.12 vs. \$98.07).

Brumatti & Kiefer (2010) realizaram a simulação técnico-econômica da inclusão de ractopamina em dietas de suínos em terminação e verificaram que o lucro máximo foi obtido com os níveis de 10 e 12 ppm de ractopamina, respectivamente, para os sistemas de receita por peso vivo e por bonificação. Esses mesmos autores evidenciaram que há melhor desempenho econômico da utilização da ractopamina, na dieta de suínos em terminação, pelo sistema de receita por bonificação, o que foi confirmado pelo presente estudo. Reese & Bitney (2001), também mencionaram que a viabilidade econômica da adição de ractopamina em dietas de suínos deve ser baseada na melhor bonificação das carcaças.

Esses resultados mostram que há vantagens econômicas no uso da ractopamina na dieta dos suínos, pois resultará na produção de carcaças de qualidade superior, com melhor bonificação.

4. Conclusão

A suplementação de ractopamina na dieta de suínos em terminação, durante os 28 dias pré-abate, promove melhorias no desempenho e nas características de carcaça. Em condições de produção comercial com tipificação de carcaças, a utilização de 10 ppm de ractopamina promove maior retorno econômico para o suinocultor.

5. Agradecimentos

À Embrapa Suínos e Aves, Cooperativa de Produção e Consumo Concórdia (COPÉRDIA) e Cooperativa Central Oeste Catarinense (Aurora Alimentos Ltda.), pela parceria e apoio para desenvolvimento deste projeto. À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo Auxílio à Pesquisa, processo 2009/09139-6, e pela Bolsa de Mestrado, processo 2008/01765-2.

6. Referências

- Aalhus, J. L., Jones, S. D. & Schaefer, S. D. M. (1990). The effect of ractopamine on performance, carcass composition and meat quality of finishing pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, Ottawa, 70(5), 943-952.
- Adeola, O., Darko, E. A., He, P. & Young, L.G. (1990). Manipulation of porcine carcass composition by ractopamine. *Journal of Animal Science*, Champaign, 68(11), 3633-3641.
- AMA (2001). *Agrarmarkt Austria Marketing GesmbH*. Categorization of beef cattle. Disponível em: <<http://www.fleisch-teilstuecke.at/en/galitaet/vermarktung/rind.html>>. Acesso em: 4 set. 2009.
- Armstrong, T. A., Ivers, D. J., Wagner, J. R., Anderson, D. B., Weldon, W. C. & Berg, E. P. (2004). The effects of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. *Journal of Animal Science*, Champaign, 82, 3245-3253.
- Bellaver, C., Lima, G. J. M. M., Ludke, J. & Zagury, F. T. R. (2002). Interrelationship between comercial swine lines and ractopamine dose in the diet. In: *Proceedings 17th International Pig Veterinary Society Congress*, (pp. 453), data evento, v.2, Ames, Iowa: IPVS, Estados Unidos.
- Brumatti, R. C. & Kiefer, C. (2010). Simulação técnico-econômica da inclusão de ractopamina em dietas de suínos em terminação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, 62 (1), 163-171.
- Budiño, F. E. L., Thomaz, M. C., Neme, R., Ruiz, U. S., Fraga, A. L., Huaynate, R. A. R., Cavalcanti Neto, A. & Santos, V. M. (2005). Desempenho e características de carcaça de suínos em terminação recebendo diferentes níveis e marcas comerciais de cloridrato de ractopamina. *Boletim da Indústria Animal*, 62(3), 245-250.
- Cantarelli, V. S. (2007). *Ractopamina em rações para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita*. 108 p. Tese (Doutorado em Zootecnia/Nutrição de Monogástricos)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- Cantarelli, V. S., Fialho, E. T. Almeida, E. C., Zangeronimo, M. G., Amaral, N. O. & Lima, J. A. F. (2009). Características da carcaça e viabilidade econômica do uso de cloridrato de ractopamina para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita. *Revista Ciência Rural*, Santa Maria, 39(3), 844-851, mai-jun.

- Carr, S. N., Rincker, P. J., Killefer, J., Baker, D. H., Ellis, M. & McKeith, F. K. (2005). Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, Champaign, 83, 223-230.
- Crome, P. K., McKeith, F. K., Carr, T. R., Jones, D. J., Mowrey, D. H. & Cannon, J. E. (1996). Effect of ractopamine on growth performance , carcass composition and cutting yields of pigs slaughtered at 107 kg and 125 kg. *Journal of Animal Science*, Champaign, 74, 709-716.
- Dunshea, F. R., King, R. H., Campbell, R. G., Sainz, R. D. & Kim, Y. S. (1993). Interrelationships between sex and Ractopamine on protein and lipid deposition in rapidly growing pigs. *Journal of Animal Science*, Champaign, 71, 2919-2930.
- Gu, Y., Schinckel, A. P., Forrest, J. C., Kuei, C. H. & Watkins, L. E. (1991). Effects of ractopamine, genotype and growth phase on finishing performance and carcass value in swine: II. Estimation of lean growth rate and lean feed efficiency. *Journal of Animal Science*, Champaign, 69, 2694-2702.
- Guidoni, A. L. (2000). Melhoria de processos para a tipificação e valorização de carcaças suínas no Brasil. In: *Anais da 1ª Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína*, pp. 221-224, Concórdia, SC.
- Haese, D. & Bünzen, S. Ractopamina (2005). *Revista Eletrônica Nutritime*, 2 (2), 176-182. Disponível em:
<www.nutritime.com.br/.../019V2N2P176_182_MAR2005.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2010.
- Kitts, K., Martin, M. A., Preckel, P. V. & Schinckel, A. P. (1991). Economic implications of alternative ractopamine dosages on hogs. *Purdue Agriculture Economic Report*, Purdue. Winter/Spring: p. 8-10. Disponível em:
<http://www.agecon.purdue.edu/extension/pubs/paer/pre_98/paerWinterSpring91.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2009.
- Marinho, P. C., Fontes, D. O., Oliveira, F. C., Silva, M. A., Pereira, F. A. & Arouca, C. L. C. (2007). Efeito dos níveis de lisina digestível e da ractopamina sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 36(6), 1791-1798.

- Millar, T. R., Martin, M. A., Preckel, P. V. & Schinckel, A. P. (1990). Impact of ractopamine use on hog slaughter weight, feeding period, and returns with a lean-value pricing system. *Purdue Agriculture Economic Report*, p. 5-8. Disponível em: <http://www.agecon.purdue.edu/extension/pubs/paer/pre_98/paerSummer90.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2009.
- Mimbs, K.J., Pringle, T. D., Azain, M. J., Meers, S. A. & Armstrong, T. A. (2005). Effects of ractopamine on performance and composition of pigs phenotypically sorted into fat and lean groups. *Journal of Animal Science*, Champaign, 83, 1361-1369.
- Patience, J. F., Shand, P., Pietrasik, Z., Merrill, J., Vessie, G., Ross, K. A. & Beaulieu, A. D. (2009). The effect of ractopamine supplementation at 5 ppm of swine finishing diets on growth performance, carcass composition and ultimate pork quality. *Canadian Journal of Animal Science*, Champaign, 89, 53-66.
- Pozza, P. C., Nunes, R.V., Santos, M.S., Oliveira, F. G., Richart, S., Debastiani, M. & Sestak, D. (2003a). Efeito da Ractopamina sobre o desempenho e características de carcaça de suínos machos castrados na fase de terminação. In: *Anais do 11º Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos - ABRAVES* - (pp. 289-290), 30 de setembro a 03 de outubro de 2003, Goiânia.
- Pozza, P. C., Santos, M. S., Nunes, R. V., Oelke, C. A., Souza, F. H., Petry, L. & Dunke, L. J. (2003b). Avaliação da suplementação de ractopamina sobre o desempenho e características de carcaça de suínos fêmeas na fase de terminação. In: *Anais do 11º Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos - ABRAVES* - (pp. 291-292), 30 de setembro a 03 de outubro de 2003, Goiânia.
- Reese, D. & Bitney, L. L. Economic value of ractopamine for finishing pigs. (2001). *Nebraska Swine Reports*, 2001. Disponível em: <http://digitalcommons.unl.edu/coopext_swine/101>. Acesso em: 21 abr. 2010.
- Rutz, F. & Xavier, E. G. (1998). Agentes repartidores de energia para aves e suínos. In: *Anais da 35ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, dia mês e ano, Botucatu: SBZ, (pp. 201-218), Botucatu.
- Sanches, J. F., Kiefer, C., Souza de Moura, M., Silva, C. M., Freitas da Luz, M. & Carrijo, A. S. (2010). Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação e mantidos sob conforto térmico. *Revista Ciência Rural*, Santa Maria, 40 (2), fev., 403-408.

- Sainz, R. D.; Kim, Y. S.; Dunshea, F. R.; Campbell, R. G. (1993). Effects of ractopamine in pig muscles: histology, calpains and β -adrenergic receptors. *Australian Journal of Agricultural Research*, Collingwood, 44, 1441-1448.
- SAS (2002). *System for Microsoft Windows*. Cary, NC: USA, Inst. Inc.
- See, M. T., Armstrong, T. A. & Weldon, W. C. (2004). Effect of a ractopamine feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. *Journal of Animal Science*, Champaign, 82, 2474-2480.
- Schinckel, A.P., Li, N., Richert, B.T., Preckel, P. V. & Einstein, M. E. (2003). Development of a model to describe the compositional growth and dietary lysine requirements of pigs fed ractopamine. *Journal of Animal Science*, Champaign, 81, 1106-1119.
- Smith, W. C., Purchas, R. W., Van Enkevort, A. & Pearson, G. (1995). Effects of ractopamine hydrochloride on the growth and carcass quality of entire male and female pigs fed ad libitum or at a restricted level. *Agriculture Research in the New Zealand Ministry of Agriculture and Fisheries*, 38, 373-380.
- Stites, C. R., McKeith, F. K., Singh, S. D., Bechtel, P. J., Mowrey, D. H & Jones, D. J. (1991). The effect of Ractopamine hydrochloride on the carcass cutting yields of finishing swine. *Journal of Animal Science*, Champaign, 69, 3094-3101.
- Stoller, G. M., Zerb, H. N., Moeller, S. J., Baas, T. J., Johnson, C. & Watkins, L. E. (2003). The effect of feeding ractopamine (Paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetic lines of swine. *Journal of Animal Science*, Champaign, 81, 1508-1516.
- Trapp, S. A., Rice, J. P., Kelly, D. T., Bundy, A., Schinckel, A. P. & Richert, B. T. (2002). Evaluation of Four Ractopamine Use Programs on Pig Growth and Carcass Characteristics. In: *Purdue University 2002 Swine Research Report*, Purdue, 62-71, 2002. Disponível em: <<http://www.ansc.purdue.edu/swine/swineday/sday02/9.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2009.
- Uttaro, B. E., Ball, R. O., Dick, P., Rae, W., Vessie, G. & Jeremia, L.E. (1993). Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield and meat quality characteristics of crossbred swine. *Journal of Animal Science*, Champaign, 71, 2439-2449.

- Watkins, L. E., Jones, D. J., Mowey, D. H., Anderson, D. B. & Veehuizen, E. L. (1990). The effect of various levels of ractopamine hydrochloride on the performance and carcass characteristics of finishing swine. *Journal of Animal Science*, Champaign, 68, 3588-3595.
- Weber, T.E., Richert, B. T., Belury, M. A., Gu, Y., Enright, K. & Schinckel, A. P. (2006). Evaluation of the effects of dietary fat, conjugated linoleic acid, and ractopamine on growth performance, pork quality, and fatty acid profiles in genetically lean gilts. *Journal of Animal Science*, Champaign, 84, 720-732.
- Williams, N. H., Cline, T. R., Schinckel, A. P. & Jones, D. J. (1994). The impact of ractopamine, energy intake, and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. *Journal of Animal Science*, Champaign, 72, 3152–3162.
- Xiao, R.J., Xu, Z.R. & Chen, H.L. (1999). Effects of ractopamine at different dietary protein levels on growth performance and carcass characteristics in finishing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, 79(1), 119-127.
- Xiong, Y. L., Gower, M. J., Li, C., Elmore, C. A., Cromwell, G. L. & Lindemann, M. D. (2006). Effect of dietary ractopamine on tenderness and postmortem protein degradation of pork muscle. *Meat Science*, Burking, 73, 600-604.
- Yen, J. T., Mersmann, H. J., Hill, D. A. & Pond, W. G. (1990). Effects of ractopamine on genetically obese and lean pigs. *Journal of Animal Science*, Champaign, 68(11), 3705-3712.
- Zagury, F. T. R. (2002). *Efeito da ractopamina na ração sobre o crescimento, composição da carcaça e qualidade de carne de suínos*. 46p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.

CAPÍTULO 3

O artigo a seguir está redigido de acordo com as exigências para publicação na revista *Meat Science*, com exceção do idioma.

QUALIDADE DE CARNE DE SUÍNOS SUPLEMENTADOS COM RACTOPAMINA EM CONDIÇÕES DE PRODUÇÃO COMERCIAL

N. B. Athayde^{a,*}, O. A. Dalla Costa^b, R. O. Roça^c, A. L. Guidoni^b, C. B. Ludtke^d, A. P. Araújo^a

^a FMVZ, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP. Botucatu, SP.

^b Embrapa Suínos e Aves. BR-153, Km 10, Cx.P. 21, Distrito de Tamanduá, CEP. 89700-000, Concórdia, SC.

^c FCA, Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP. Departamento Gestão e Tecnologia Agroindustrial– Fazenda Experimental Lageado, Cx.P. 237, CEP 18603-970, Botucatu, SP.

^d Sociedade Mundial de Proteção Animal. Av. Princesa Isabel, 323, 8º andar, Copacabana, RJ.

Resumo

A ractopamina é um agonista β -adrenérgico que vem sendo utilizado como repartidor de energia em dietas de suínos na fase de terminação, contudo, pesquisas mostram que pode haver efeito deste aditivo sobre a qualidade da carne. Neste contexto, objetivou-se avaliar a influência de três níveis de inclusão de ractopamina (0, 5 e 10 ppm) na dieta de suínos comerciais (machos castrados e fêmeas, n=340), sobre a qualidade da carne. As avaliações de pH, temperatura, cor, padrão de marmorização e perda de água por exsudação foram realizadas em 90 suínos selecionados, nos músculos *Semimembranosus* (SM) e *Longissimus dorsi* (LD), enquanto que a perda de água por cocção, força de cisalhamento e gordura intramuscular foram determinadas no LD. Com a inclusão de ractopamina foi observada, no músculo SM, menor perda de água por exsudação, aumento da luminosidade e valores inferiores de a^* e b^* ; enquanto que no músculo LD foi observada menor perda de água por cocção, menor grau de marmorização, aumento da força de cisalhamento e coloração vermelho menos intensa. Porém, não foi verificada influência da RAC sobre os parâmetros de pH, temperatura (SM e LD), perda de água por exsudação e gordura intramuscular (LD). A maior parte das carcaças permaneceu concentrada na classe mais almejada (RFN - sigla inglesa de *Red, Firm, Non-exudative* – carne avermelhada, firme, não exsudativa). Conclui-se que, embora alguns parâmetros tenham sofrido influência de tratamento, não foi suficiente para prejudicar a qualidade da carne. O uso de 10 ppm de ractopamina na dieta favorece a melhoria da qualidade da carne suína, provenientes de animais criados em condições de produção comercial.

Palavras chave: agonista β -adrenérgico, carne, cor, marmorização, perda de água por exsudação, pH.

* Autor correspondente: Cel. (+55) 14 9778 0303, E-mail: nataliaathayde@yahoo.com.br

MEAT QUALITY OF SWINES SUPPLEMENTED WITH RACTOPAMINE UNDER COMMERCIAL PRODUCTION CONDITIONS

N. B. Athayde^{a,*}, O. A. Dalla Costa^b, R. O. Roça^c, A. L. Guidoni^b, C. B. Ludtke^d, A. P. Araújo^a

^a FMVZ, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP. Botucatu, SP.

^b Embrapa Suínos e Aves. BR-153, Km 10, Cx.P. 21, Distrito de Tamanduá, CEP. 89700-000, Concórdia, SC.

^c FCA, Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP. Departamento Gestão e Tecnologia Agroindustrial– Fazenda Experimental Lageado, Cx.P. 237, CEP 18603-970, Botucatu, SP.

^d Sociedade Mundial de Proteção Animal. Av. Princesa Isabel, 323, 8º andar, Copacabana, RJ.

Abstract

Three hundred and forty finishing pigs breeding (barrows and gilts, n=340) were assigned to evaluate the supplementation ractopamine (RAC) effect (0, 5 and 10 ppm) on meat quality. After 28 days on the feeding trial, pigs were slaughtered and assessments of pork meat quality were evaluated: pH, temperature, color, marbling, drip loss (on Semimembranosus (SM) and Longissimus dorsi (LD) muscle), and cooking loss, shear force and fat (LD), from a total of 90 pigs selected. There was effect of RAC feeding on parameters: lower drip loss, higher L* and lower values of a* and b* (SM) and lower cooking loss, lower marbling, increasing of shear force and lower red color (LD). However, there was no effect of RAC feeding on pH, temperature (SM and LD), drip loss and fat (LD). The meat of pigs that received ractopamine treatments were increase of RSE (*Red, Soft, Exudative*) and Pale meat, however, the majority of carcass stayed on better class (RFN - *Red, Firm, Non-exudative*), so, ractopamine didn't prejudice pork meat quality. Thus, although some parameters have been influenced by treatment, it was not prejudiced the quality of pork meat. The use of 10 ppm of ractopamine in the diet helps improves the quality of pork meat of pigs breeding on commercial conditions.

Keywords: *β-adrenergic agonist, color, drip loss, marbling, meat, pH.*

* Corresponding author: Cel. (+55) 14 9778 0303, E-mail address: nataliaathayde@yahoo.com.br

1. Introdução

A indústria de carne suína está constantemente buscando métodos economicamente viáveis, que visem aumento da eficiência na produção e qualidade da carne. Para atender estas exigências, algumas alternativas são estudadas. Dentre elas está a ractopamina, um agonista beta-adrenérgico adicionado à ração dos suínos na fase de terminação.

Pesquisas mostram que o uso da ractopamina promove melhora no desempenho (Zagury, 2002; Stoller, Zerb, Moeller, Bass, Johnson & Watkins, 2003; Armstrong, Ivers, Wagner, Anderson, Weldon & Berg, 2004; Weber, Richert, Belury, Gu, Enright & Schinckel, 2006; Marinho, Fontes, Oliveira, Silva, Pereira & Arouca, 2007; Sanches, Kiefer, Souza de Moura, Silva, Freitas da Luz & Carrijo, 2010), redução da quantidade de gordura (Rutz & Xavier, 1998) e aumento da quantidade de carne magra na carcaça (Williams, Cline, Schinckel & Jones, 1994; Stoller, et al., 2003).

No entanto, segundo Marchant-Forde, Lay, Pajor, Richert & Schinckel (2003), a suplementação com ractopamina pode ter efeito negativo sobre o bem-estar animal, refletindo na qualidade do produto final. Scott, Torrey, Stewart & Weaver (2000) demonstraram que suínos provenientes de linhagens para alta porcentagem de carne magra são mais difíceis de serem manejados, sendo mais susceptíveis ao estresse. Como as linhagens suínas comercializadas no Brasil geralmente apresentam elevadas porcentagens de carne magra, então a suplementação com ractopamina pode aumentar a suscetibilidade ao estresse destes animais aumentando a possibilidade de produção de carnes com qualidade inferior e baixo rendimento tecnológico nos processamentos.

Associando-se essas informações ao fato de que pesquisas brasileiras avaliando o uso da ractopamina foram realizadas somente em granjas experimentais, o presente estudo objetivou avaliar o efeito deste agonista β -adrenérgico sobre a qualidade de carne de suínos criados sob as condições de produção comercial brasileira.

2. Materiais e métodos

2.1. Local, animais e manejo na granja

O experimento foi realizado no período de inverno (22 de junho a 20 de julho de 2009) na propriedade do Sr. Claudemir Rettmann que é integrado da Cooperativa de Produção e Consumo Concórdia (COPÉRDIA), localizada no município de Alto

Bela Vista, SC, Linha Floresta. As temperaturas variaram de 8,8 a 20,5 °C, com média de 15 °C. As médias de umidade relativa do ar e de precipitação média diária foram de 83,5% e 5,7mm. O experimento foi desenvolvido de acordo com os princípios éticos na experimentação animal (protocolo nº 64/2008-CEEA), determinados pela Câmara de Ética em Experimentação Animal da Universidade Estadual Paulista (FMVZ), UNESP, Botucatu/SP, Brasil.

Foram utilizados 340 suínos em fase de terminação (machos castrados e fêmeas, com peso médio de 107,3 kg), provenientes de cruzamentos industriais, distribuídos em 30 baias. As baias mediam 3,40 metros de largura por 3,65 metros de comprimento, onde foram alojados 10 a 12 animais (1,03 a 1,24 m²/suíno) e tinham piso de concreto, sem cama, com lâmina de água, paredes de alvenaria, bebedouro do tipo chupeta e comedouro linear posicionado paralelamente ao corredor.

Todos os animais foram pesados e identificados com brincos na instalação do experimento calculando-se a média de peso dos animais de cada baia. A partir desses pesos, foram distribuídos os tratamentos permitindo que houvesse grupos de baias (blocos) com animais com média de pesos leve, médio e pesado em todos os tratamentos, totalizando 10 baias por tratamento. Foi considerada a baia como unidade experimental.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com arranjo fatorial dos tratamentos 2 x 3, sendo duas condições sexuais (machos castrados e fêmeas) e três níveis de suplementação de ractopamina na ração (0, 5 e 10 ppm).

2.2. Arraçoamento

A ração suplementada com ractopamina (5 e 10 ppm) foi fornecida de forma controlada, 28 dias antes do abate, dividida em três tratamentos diários (às 7h30, 13h00 e 17h00). O grupo controle recebeu ração com mesma composição que os demais, porém sem a suplementação da ractopamina. A dieta utilizada neste período foi uma ração convencional contendo 1% de lisina total.

Foram realizadas três misturas de ração (com mesma formulação) ao longo dos 28 dias de experimento, a fim de garantir a qualidade e palatabilidade das mesmas. Os componentes foram misturados (Misturador de Rações BMV-500E, tecnologia Bergazzi Máquinas e Equipamentos Ltda e Embrapa), na fábrica de rações da Embrapa Suínos e Aves e, posteriormente, as rações foram transportadas até a granja. Dois silos foram instalados ao lado do galpão para acondicionar as rações, sendo um com capacidade para 750 kg (ração sem ractopamina) e outro para 1500 kg

(dividido em dois compartimentos de 750 kg, um para armazenamento da ração contendo 5 ppm e o outro para o de 10 ppm de ractopamina).

2.3. Manejo pré-abate

Os animais foram pesados e submetidos ao jejum de aproximadamente quatro horas. Antes do embarque 30 suínos de cada tratamento (o mais leve, o com peso médio e o mais pesado de cada baia) receberam uma segunda identificação, a fim de destacar os animais selecionados para as avaliações de qualidade de carne. Em seguida, foram transportados até o frigorífico da Cooperativa Central Oeste Catarinense (Aurora Alimentos Ltda.), localizado na cidade de Chapecó/SC.

O manejo de embarque dos animais durou em média 31 minutos por caminhão, foi realizado por cinco pessoas e com o auxílio de tábuas de manejo para condução dos animais. Os suínos foram transportados em compartimentos separados no caminhão de carroceria dupla, totalizando 85 animais por caminhão.

A granja localizava-se a aproximadamente 134 km do frigorífico, sendo oito quilômetros de estrada não pavimentada e 126 km de asfalto. Com isso, a duração da viagem totalizou uma média de 3h57.

Ao chegarem ao frigorífico, os suínos permaneceram durante 6 horas nas baias de descanso até serem conduzidos ao insensibilizador. O período total de jejum, desde a retirada da ração na granja até o abate, foi de 14 horas. Os animais permaneceram sem acesso à alimentação, porém tiveram livre acesso à água na granja e durante a permanência nas baias de espera do frigorífico.

O sistema de condução até o insensibilizador, caracterizado por uma esteira rolante, transportou os suínos imobilizados e sustentados pelos flancos até os eletrodos metálicos que, em contato com o corpo dos animais conduziu a descarga elétrica na região temporal e cardíaca. O abate ocorreu por eletrocussão (700V e intensidade de corrente acima de 1,25 ampères - Valhalla, Stork RMS b.v., Lichtenvoorde, Holanda). Após essa etapa, os animais foram imediatamente sangrados na posição horizontal e suspensos ao fim da mesa de sangria na nória contínua da linha de abate. As carcaças dos suínos permaneceram em câmara fria submetidas a temperaturas variando entre 1°C a 4°C durante 24 horas.

2.4. Avaliações de qualidade de carne

2.4.1. pH e temperatura

Utilizou-se um medidor de pH (Hanna, HI 8314), com sistema de identificação digital, sensor de compensação de temperatura (Tec 530) e eletrodo de vidro apropriado para determinação de pH em profundidade. As medidas foram realizadas nos músculos *Semimembranosus* (SM) e *Longissimus dorsi* (LD) (entre a 13^a e 14^a costela), perpendicularmente à linha média da meia-carcaça e com uma profundidade média de 3,5 cm, nos períodos de 45 minutos (pH_i) e 24 horas *post-mortem* (pH_u).

2.4.2. Cor

A cor foi avaliada por meio dos métodos subjetivo e objetivo, 24 horas após o abate dos animais.

Pelo método subjetivo foi realizado por meio do Escore de Cor Padrão Japonês (AMSA, 2001) que utiliza um painel de cores onde se atribui notas que variaram numa escala numérica de 1 a 6.

Objetivamente, foi avaliado com o auxílio do colorímetro Konica Minolta (DL65, ângulo de visão de 0°, com iluminação difusa e componente especular, modelo CR 400, Minolta (Câmera Co., Ltd Osaka, Japan). As determinações de cor foram realizadas em triplicata no músculo LD na região compreendida entre a 6^a e 7^a vértebras torácicas e SM, após um período padronizado de exposição ao ar atmosférico de 30 minutos. Essas medidas foram analisadas, seguindo o sistema CIELAB, através de leituras de reflectância da luz em três dimensões: L*, a* e b*.

2.4.3. Perda de água por exsudação

Foram utilizadas amostras de 100 gramas (em duplicatas), dos músculos LD e SM, colhidas após 24 horas do abate. A gordura subcutânea foi retirada e as amostras (duplicatas) pesadas em balança semi-analítica com precisão. A análise de perda de água por exsudação foi determinada pelo método EZ-DripLoss (Rasmussen & Anderson, 1996), onde 10 das 100 gramas foram retiradas e colocadas em recipientes para suco de carne "*Meat juice containers*" ou "*Fleischsafttrichter*" (KABE Labortechnik, N € umbrecht-Elsenroth, Alemanha). Após 48 horas em câmara de resfriamento, cada amostra foi pesada novamente e a porcentagem de perda de água foi calculada através do resultado da diferença entre o peso inicial e o peso final da amostra dividido pelo peso inicial e multiplicado por 100 (Honikel, 1998). A perda de água por exsudação dos animais foi obtido por meio da média das duplicatas.

2.4.4. Perda de água por cocção

Foram utilizadas quatro amostras do músculo LD de cada suíno, de 2,5 cm de espessura e aproximadamente 250 g, retiradas da meia carcaça esquerda, entre a 10ª e 13ª costelas, em torno de 24 horas após o abate.

As amostras foram embaladas e armazenadas congeladas (- 20° C). Posteriormente, as amostras foram descongeladas em refrigerador a 5° C durante 24 horas. Em seguida, amostras de 100g ($\pm 0,05$ g), em duplicatas, foram embaladas à vácuo e cozidas em banho-maria (80°C durante 1 hora). Após essa etapa, foram colocadas sobre papel absorvente até chegarem à temperatura ambiente e então foram pesadas novamente para determinação da perda de peso após o cozimento (Honikel, 1987).

2.4.5. Força de cisalhamento

Para a avaliação da maciez foi utilizado o texturômetro TA XT-Plus Texture Analyser 2i, equipado com dispositivo Warner-Bratzler. A velocidade de descida do dispositivo foi de 200mm/min (AMSA, 1995). Foram utilizadas as amostras usadas para determinação da perda de água por cocção. Foram retirados cinco cubos com 1x1x2cm, os quais foram colocados com as fibras orientadas no sentido perpendicular às lâminas do aparelho Warner-Blatzler.

2.4.6. Marmorização

A marmorização foi avaliada no músculo LD da meia-carcaça esquerda dos suínos, por meio dos métodos subjetivo e objetivo.

O método subjetivo foi realizado por meio do guia padrão de fotos "*Pork Quality Standards*" (escala de valores numéricos com a seguinte variação: 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 10).

Objetivamente, a marmorização foi realizada por meio da análise de porcentagem de gordura intramuscular (extrato etéreo). Para tanto, amostras do músculo LD, in natura e em duplicatas, foram descongeladas sob refrigeração, trituradas em micro-processador e acondicionadas em placas de petri, conforme procedimentos descritos pela AOAC (2007).

2.4.7. Classificação qualitativa da distribuição de carnes em função do pHu e L*.

A classificação das carnes foi realizada por meio da adaptação da metodologia citada por Van Heugten (2001) e modificada por Araújo (2009). As carnes foram

categorizadas em PSE (sigla inglesa de *Pale, Soft, Exudative* - pálida, flácida e exsudativa), RSE (sigla inglesa de *Red, Soft, Exudative* - vermelha, flácida, exsudativa), RFN (sigla inglesa de *Red, Firm, Non-exudative* - vermelha, firme e não exsudativa), DFD (sigla inglesa de *Dark, Firm, Dry* - escura, firme e seca) ou Pálida (nova classe sugerida por Araújo, 2009), de acordo com o padrão descrito na Tabela 1. As amostras que não se enquadraram nessas categorias foram consideradas como não classificadas (NC).

Tabela 1. Classificação da qualidade de carne suína por meio do pH_u e luminosidade (L^*):

<i>Classificação</i> [†]	pH_u	L^*
PSE	< 5,5	> 50
RSE	< 5,5	≤ 50
RFN	5,5 – 6,1	≤ 50
DFD	> 6,1	≤ 38
Pálida	5,5 – 6,1	> 50
NC	> 6,1	> 38

[†] PSE - pálida, flácida e exsudativa, RSE - vermelha, flácida, exsudativa, RFN - vermelha, firme e não exsudativa, DFD - escura, firme e seca e NC – não classificada em nenhuma categoria.

Os tratamentos foram comparados pelo teste de qui-quadrado, a fim de verificar se a distribuição de carnes pelos sistemas de classificação é a mesma em todos os níveis de ractopamina ensaiados. Além disso, foram comparados os níveis de ractopamina dentro de cada classe de carne e as classes dentro de cada nível de ractopamina.

2.5. Análise estatística

Para as variáveis analisadas foi gerada uma média para cada baia, totalizando no experimento 30 unidades experimentais, distribuídas em cinco blocos envolvendo fatorial duas condições sexuais x três níveis de ractopamina (0, 5 e 10 ppm).

Para todas essas variáveis, foi aplicado um modelo de análise de variância dado por:

$Y_{ijk} = \mu + b_j + t_i + s_k + (ts)_{ik} + e_{jik}$; com $j=1, 2, \dots, 5$ blocos; $i= 1, 2, 3$ níveis de inclusão de ractopamina; $k= 1, 2$ condições sexuais. Em que:

Y_{ijk} é a observação da resposta pertencente ao bloco j , nível de inclusão de ractopamina i , condição sexual k ;

μ é a média geral da resposta no experimento;

b_j é o efeito do bloco j ;

t_i efeito do nível de inclusão de ractopamina i ;

s_k é o efeito da condição sexual k ;

$(ts)_{ik}$ é o efeito da interação nível de inclusão de ractopamina e condição sexual;

e_{ijk} é o erro aleatório não observável suposto seguir a distribuição normal de média zero e variância constante σ^2 , e este é o denominador apropriado para calcular o teste F das fontes de variação envolvidas.

O critério para tomada de decisão adotada foi 5% de probabilidade. As comparações das médias foram realizadas através do teste T de Student, protegido pela significância do teste F. Foi utilizado o programa Statistical Analysis System (SAS, 2002).

3. Resultados e discussão

Não houve efeito da interação níveis de ractopamina x condição sexual para as variáveis de qualidade de carne avaliadas.

Há escassez de trabalhos na literatura envolvendo o uso do músculo *Semimembranosus* porque o padrão para análise de qualidade de carne suína é utilizar o músculo *Longíssimus dorsi*. Com o objetivo de avaliar a condição sexual e a ação da ractopamina em diferentes músculos, foi colhido, além do músculo *Longíssimus dorsi*, o *Semimembranosus*. Porém, somente foram realizadas neste segundo músculo as seguintes avaliações: pH e temperatura (inicial e final), perda de água por exsudação e cor pelo sistema CIELAB.

Os parâmetros de qualidade de carne, avaliados nos músculos *Longíssimus dorsi* (Tabelas 2, 3 e 5) e *Semimembranosus* (Tabela 4), de suínos em função da condição sexual e dos diferentes níveis de ractopamina na dieta estão descritos a seguir.

Tabela 2. Médias e coeficientes de variação dos valores de pH e temperatura (inicial e final), perda de água (por exsudação e cocção) e força de cisalhamento - avaliados no músculo *Longíssimus dorsi* de suínos machos castrados e fêmeas suplementados com diferentes níveis de ractopamina na dieta

	<i>Ractopamina (ppm)</i>			Média	CV ¹ (%)
	0	5	10		
<i>pH_i</i>					
Fêmea	6,0	6,1	6,0	6,0 a	
Macho	6,1	6,1	6,0	6,1 a	
Média	6,1 A	6,1 A	6,0 A	6,06	1,6
<i>Temperatura_i (°C)</i>					
Fêmea	31,4	31,7	31,5	31,5 a	
Macho	31,1	30,9	31,6	31,2 a	
Média	31,3 A	31,3 A	31,5 A	31,36	2,4
<i>pH_u</i>					
Fêmea	5,7	5,7	5,7	5,7 a	
Macho	5,7	5,7	5,7	5,7 a	
Média	5,7 A	5,7 A	5,7 A	5,69	1,1
<i>Temperatura_u (°C)</i>					
Fêmea	2,4	2,5	2,5	2,4 a	
Macho	2,5	2,5	2,7	2,6 a	
Média	2,4 A	2,5 A	2,6 A	2,51	16,3
<i>Perda de água por exsudação (%)</i>					
Fêmea	2,7	3,6	3,4	3,2 a	
Macho	3,0	2,6	2,8	2,8 a	
Média	2,8 A	3,1 A	3,1 A	3,02	37,2
<i>Perda de água por cocção (%)</i>					
Fêmea	38,43	38,66	37,96	38,30 a	
Macho	38,67	38,67	37,40	38,25 a	
Média	38,55 AB	38,67 A	37,70 B	38,31	2,47
<i>Força de cisalhamento (Kg)</i>					
Fêmea	5,01	4,86	5,75	5,20 a	
Macho	4,11	5,19	6,06	5,12 a	
Média	4,56 B	5,04 B	5,90 A	5,17	16,11

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na vertical (condição sexual) e maiúsculas na horizontal (níveis de ractopamina) diferem ($P < 0,05$) pelo teste T de Student. pH_i e $Temperatura_i$ – mensurados 45 minutos após o abate. pH_u e $Temperatura_u$ – mensurados 24 horas após o abate. ¹- CV = coeficiente de variação.

Tabela 3. Médias e coeficientes de variação dos escores de cor (CIELAB e Padrão Japonês), marmorização e porcentagem de gordura intramuscular - avaliados no músculo *Longíssimus dorsi* de suínos machos castrados e fêmeas suplementados com diferentes níveis de ractopamina na dieta

	<i>Ractopamina (ppm)</i>			Média	CV ¹ (%)
	0	5	10		
<i>Escore de Cor CIELAB</i>					
<i>L*</i>					
Fêmea	43,2	44,5	43,8	43,9 a	
Macho	43,0	42,8	44,5	43,4 a	
Média	43,1 A	43,7 A	44,1 A	43,64	4,9
<i>a*</i>					
Fêmea	6,4	5,9	5,8	6,1 a	
Macho	6,3	5,9	5,3	5,8 a	
Média	6,4 A	5,9 AB	5,5 B	5,93	11,3
<i>b*</i>					
Fêmea	0,31	0,38	0,52	0,41 a	
Macho	0,14	0,05	-0,07	0,04 a	
Média	0,23 A	0,22 A	0,23 A	0,22	289,5
<i>Escore de Cor Padrão Japonês</i>					
Fêmea	3,57	3,67	3,37	3,53 a	
Macho	3,47	3,60	3,33	3,47 a	
Média	3,52 AB	3,63 A	3,35 B	3,50	6,3
<i>Marmorização</i>					
Escore de Marmoreio (parâmetro visual)					
Fêmea	1,37	1,07	1,07	1,17 a	
Macho	1,20	1,27	1,07	1,18 a	
Média	1,28 A	1,17 AB	1,07 B	1,17	19,5
Extrato Etéreo (% de gordura intramuscular)					
Fêmea	1,65	1,19	1,32	1,39 a	
Macho	1,46	1,35	1,31	1,37 a	
Média	1,56 A	1,27 A	1,31 A	1,38	33,8

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na vertical (condição sexual) e maiúsculas na horizontal (níveis de ractopamina) diferem ($P < 0,05$) pelo teste T de Student. ¹- CV = coeficiente de variação.

Tabela 4. Médias e coeficientes de variação dos parâmetros de qualidade de carne, avaliados no músculo *Semimembranosus* de suínos machos castrados e fêmeas suplementados com diferentes níveis de ractopamina na dieta

	<i>Ractopamina (ppm)</i>				CV ¹ (%)
	0	5	10	Média	
<i>pH_i</i>					
Fêmea	6,1	6,1	6,0	6,1 a	
Macho	6,1	6,1	6,1	6,1 a	
Média	6,1 A	6,1 A	6,1 A	6,1	2,0
<i>Temperatura_i (°C)</i>					
Fêmea	31,6	32,0	31,6	31,8 a	
Macho	31,3	31,3	31,8	31,5 a	
Média	31,4 A	31,7 A	31,7 A	31,6	1,7
<i>pH_u</i>					
Fêmea	5,7	5,8	5,7	5,7 a	
Macho	5,7	5,8	5,8	5,8 a	
Média	5,7 A	5,8 A	5,8 A	5,7	2,1
<i>Temperatura_u (°C)</i>					
Fêmea	2,2	2,3	2,5	2,3 a	
Macho	2,4	2,4	2,5	2,5 a	
Média	2,3 A	2,4 A	2,5 A	2,4	15,2
<i>Perda de água por exsudação (%)</i>					
Fêmea	2,7	1,7	2,2	2,2 a	
Macho	2,4	1,4	1,3	1,7 a	
Média	2,6 A	1,5 B	1,8 B	1,9	40,1
<i>Escore de Cor CIELAB</i>					
<i>L*</i>					
Fêmea	43,8	41,4	43,3	42,8 a	
Macho	42,8	43,1	43,6	43,1 a	
Média	43,3 AB	42,2 B	43,4 A	43,0	2,9
<i>a*</i>					
Fêmea	7,5	7,5	6,1	7,0 a	
Macho	7,1	6,9	6,4	6,8 a	
Média	7,3 A	7,2 A	6,3 B	6,9	8,6
<i>b*</i>					
Fêmea	0,62	0,24	0,06	0,31 a	
Macho	0,49	0,28	-0,16	0,20 a	
Média	0,56 A	0,26 AB	-0,05 B	0,26	163,4

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na vertical (condição sexual) e maiúsculas na horizontal (níveis de ractopamina) diferem ($P < 0,05$) pelo teste T de Student. pH_i e $Temperatura_i$ – mensurados 45 minutos após o abate. pH_u e $Temperatura_u$ – mensurados 24 horas após o abate. ¹- CV = coeficiente de variação.

3. 1. pH e temperatura

Todos os valores encontrados para pH ficaram dentro da faixa desejada para carne suína: de 6,0 a 6,5 para pH_i e de 5,5 a 5,8 para pH_u (Dalla Costa, 2005).

Demonstra-se nas Tabelas 2 e 4 que não foram observadas diferenças significativas no pH_i e no pH_u , nem nas temperaturas dos músculos *Longíssimus dorsi* e *Semimembranosus*, em função da suplementação de ractopamina. Resultados similares foram encontrados por Xiong, Gower, Elmore, Cromwell & Lindemann (2006) e Bridi, Oliveira, Fonseca, Shimokomaki, Coutinho & Silva (2006). Os resultados encontrados para os valores de pH_i estão de acordo com os obtidos por Warriss, Brown, Rodolph & Kestin (1990a); Møller, Bertelsen & Olsen (1992); Zagury et al. (2002) e Stoller et al. (2003). Em relação ao pH_u , Stoller et al. (2003) e Patience, Shand, Pietrasik, Merrill, Vessie, Ross & Beaulieu (2009), também não encontraram diferenças quando compararam os músculos *Longíssimus dorsi* de suínos controle e alimentados com ração contendo ractopamina. Todavia, Warriss et al. (1990a), Møller et al. (1992) e Wood, Wiseman & Cole (1994) verificaram que o pH_u da carne de suínos tratados com ractopamina foi mais elevado porque os agonistas β -adrenérgicos consomem o glicogênio muscular, resultando em menor produção e acúmulo de ácido láctico na carcaça pós-abate.

3. 2. Perda de água por exsudação

Em relação à perda de água por exsudação, observa-se que houve uma menor porcentagem de perda nos animais tratados com 5 ou 10 ppm de ractopamina, quando a avaliação foi realizada no músculo *Semimembranosus* (Tabela 4). Isso ocorreu, provavelmente, em função deste músculo possuir mais fibras vermelhas (com metabolismo oxidativo abundante e metabolismo glicolítico escasso), que resulta num pH mais alto, em aumento da capacidade de retenção de água e conseqüentemente uma menor perda de água por exsudação (Aberle, Forrest, Gerrard & Mills, 1994). Porém, não foi observada diferença significativa para perda de água por exsudação para o músculo *Longíssimus dorsi* (Tabela 2). Os resultados encontrados para o músculo *Longíssimus dorsi* concordam com os relatados por diversos autores (Aalhus, Jones & Schaefer, 1990; Warriss et al., 1990a; Møller et al., 1992; Uttaro, Ball, Dick, Rae, Vessie & Jeremia, 1993; Zagury, 2002; Bridi et al., 2006; Patience et al., 2009), os quais também constataram que a porcentagem de perda de água por exsudação não foi afetada ($P > 0,05$) pela adição de ractopamina na dieta.

3. 3. Perda de água por cocção

Durante a cocção da carne ocorre perda de água devido às altas temperaturas envolvidas no processo que causam desnaturação das proteínas e diminuição considerável da capacidade de retenção de água (Aberle et al., 1994). No presente estudo, foi observada diferença entre as porcentagens de perda de água por cocção relativas aos níveis de inclusão de 5 e 10 ppm de ractopamina na ração, sendo que a menor porcentagem de perda foi observada no maior nível de inclusão. Contudo, Ramos & Silveira (2002) relataram que a maior perda de água por cocção de carnes provenientes de suínos suplementados com agonistas β -adrenérgicos, o que foi atribuído ao aumento na quantidade de água na carne destes animais. Porém, Rincker, Killefer, Matzat, Carr & McKeith, (2009), verificaram que a porcentagem de perda de água por cocção não foi afetada pela suplementação de 5ppm de ractopamina na ração.

3. 4. Força de cisalhamento

Foi verificado aumento na força de cisalhamento do músculo *Longíssimus dorsi* dos suínos que receberam 10 ppm de ractopamina na ração. Esse resultado condiz com os encontrados por diversos autores (Jones, Easter, McKeith, Dalrymple, Maddock & Bechetel, 1985; Walker, Johnson, Brendemuhl, Dalrymple & Combs, 1989; Warriss, Nute, Rodolph, Brown & Kestin, 1991; Xiong et al. 2006). Porém, Rincker et al. (2009), concluíram que a força de cisalhamento não foi afetada pela suplementação de 5 ppm de ractopamina na ração.

O aumento na força de cisalhamento da carne de suínos alimentados com ração contendo ractopamina foi constatado por diversos autores e os principais argumentos utilizados para explicá-lo são: a ractopamina é responsável pelo aumento do diâmetro da fibra muscular (Warriss et al., 1990a; Wood et al., 1994; Carr, Rincker, Killefer, Baker, Ellis & McKeith, 2005) e possivelmente pela redução da atividade da enzima proteolítica calpaína (Warriss et al., 1990b; Wood et al., 1994). Segundo Xiong et al. (2006), a redução da maciez é explicada pela redução na degradação de proteína e quebra de miofibrilas nos músculos de suínos alimentados com ração contendo ractopamina.

Outros estudos que argumentam sobre as ações dos agonistas- β -adrenérgicos na maciez da carne em geral como os efeitos da rápida refrigeração (Williams, 1987; Fernandes, 1995) e a redução da proteólise *post-mortem* (Gwartney, Calkins & Jones, 1992; Berge, Culioli, Ouali & Parat, 1993; Koohmaraie, Chackelford & Wheeler, 1996),

que possuem dependência direta da dose, sendo que quanto maior for mais dura será a carne (Walker et al., 1989).

3. 5. Cor

Os resultados encontrados para L^* (em ambos os músculos, Tabelas 3 e 4) e índice de cor Padrão Japonês (no músculo *Longíssimus dorsi*, Tabela 3), enquadraram-se no padrão de carnes com luminosidade e coloração características de carnes normais ou classicamente chamadas de RFN.

Considerando a avaliação no músculo *Longíssimus dorsi*, constata-se que não houve diferença para os valores de L^* e b^* em função da suplementação de ractopamina. No entanto, comparando os valores de a^* encontrou-se diferença entre as carnes dos animais controle e aqueles que receberam 10 ppm de ractopamina, onde as últimas apresentaram valores menores, ou seja, mostraram-se menos avermelhadas que as do grupo controle. Xiong et al. (2006) avaliando o uso da ractopamina, não encontraram diferenças nem para L^* nem para a^* . Carr et al. (2005) avaliando também o músculo *Longíssimus dorsi* de suínos suplementados com 10 ppm de ractopamina, encontraram resultados similares para L^* e a^* , porém observaram diminuição para os valores de b^* , indicando menos coloração amarela na carne.

Na avaliação do músculo *Semimembranosus*, houve diferença marcante entre os suínos que receberam 5 e 10 ppm de ractopamina para luminosidade. Porém isso não foi suficiente para prejudicar a qualidade da carne. Os valores encontrados para a^* e b^* foram significativamente menores nos animais que receberam 10 ppm de ractopamina, indicando menor cor vermelha e tendência a cor azul, respectivamente. Foi constatado que em ambos os músculos a ractopamina age diminuindo o valor de a^* . Observou-se ainda, que as médias de a^* do músculo *Semimembranosus* foram superiores, independente de tratamento, aos do *Longíssimus dorsi*. Isso pode ser explicado em função de cada músculo possuir características metabólicas próprias, de acordo com a função no organismo. Enquanto o músculo *Semimembranosus* possui mais fibras vermelhas com metabolismo oxidativo abundante e metabolismo glicolítico escasso, o *Longíssimus dorsi* possui mais fibras brancas com metabolismo oxidativo escasso e metabolismo glicolítico abundante.

3. 6. Marmorização

Os resultados encontrados na avaliação do escore visual de marmorização no músculo *Longíssimus dorsi* (Tabela 3) mostram que todas as carnes enquadraram-se no padrão de marmorização para a carne suína (pouco marmorizada). Houve uma diminuição do escore visual de marmorização com a inclusão de ractopamina, houve diferença somente entre os animais do grupo controle e aqueles que receberam 10 ppm de ractopamina. Isto contradiz os resultados encontrados por Crome, McKeith, Carr, Jones, Mowrey & Cannon (1996); Stites, McKeith, Singh, Bechtel, Mowrey & Jones (1991) e Stoller et al. (2003), que não encontraram efeito da ractopamina sobre o escore de marmorização do músculo *Longíssimus dorsi*. Porém muitos autores (Watkins, Jones, Mowrey, Anderson & Veehuizen, 1990, Crome et al., 1996 e Patience et al., 2009) concordam que a suplementação de 10 ppm de ractopamina não afeta a qualidade nem a palatabilidade da carne. Isto sugere que mesmo tendo uma diminuição no escore de marmorização da carne, não é suficiente para prejudicar a qualidade da carne.

Não houve diferença no teor de gordura intramuscular (extrato etéreo) das carnes dos suínos que receberam 5 ou 10 ppm de ractopamina. Esses resultados concordam com os encontrados por Stoller et al. (2003) que avaliaram as porcentagens de gordura intramuscular avaliadas no músculo *Longíssimus dorsi* de suínos suplementados ou não com ractopamina. Entretanto, considerando linhagens genéticas diferentes de suínos, esses mesmos autores constataram que suínos High-lean tiveram menor porcentagem de gordura intramuscular quando comparado aos suínos Berkshire ou Duroc.

3. 7. Classificação qualitativa da distribuição de carcaças

A necessidade da maior produção de carne magra em suínos tem causado modificações nas características bioquímicas do músculo levando ao desenvolvimento das anomalias nas suas cores e pH, as denominadas carnes PSE e DFD. Estas carnes por apresentarem alterações de suas propriedades funcionais, são consideradas problemas de qualidade e resultam em grandes perdas econômicas (Maganhini, M. B., Mariano, B., Soares, A. L., Guarnieri, P. D., Shimokomaki, M. & Ida, E. L., 2007).

Observa-se na Tabela 5, que nenhuma amostra de *Longíssimus dorsi* avaliada, independente do nível de inclusão de ractopamina, apresentou o defeito de qualidade intitulado PSE. Warriss et al. (1990a) analisando salbutamol, um outro agonista β -

adrenérgico, constataram que não houve aumento da incidência de carnes PSE nos suínos tratados em relação aos animais controle, concordando com resultados prévios com salbutamol (Cole, D.J.A., Wood, J. D. & Kilpatrick, M. I., 1987, Warriss et al., 1990b). Resultados semelhantes também foram observados com o uso de outros agonistas β -adrenérgicos (Bakaert, H., Casteels, N. & Buysse, F. X., 1987, Van Weerden, 1987, Bridi et al., 2006).

Segundo relatos de Ramos & Silveira (2002) em sua revisão sobre os agonistas β -adrenérgicos, a carne de animais tratados tende a ter o aspecto DFD em função da limitação normal da acidificação *post-mortem*. No entanto, no presente estudo, somente 3,45% das amostras dos suínos que receberam suplementação de 5 ppm de ractopamina na ração, foram classificadas como DFD e, segundo Warriss, et al. (1990b), a frequência de ocorrência do defeito de qualidade DFD em suínos que receberam ractopamina é baixa.

Avaliando as amostras dos suínos em todos os níveis de inclusão de ractopamina ensaiados, visualiza-se que a maioria foi classificada em RFN (92,59%, 79,31% e 90,00%, para os níveis de inclusão de ractopamina 0, 5 e 10 ppm, respectivamente), que é a classe mais almejada pela indústria em função de reunir características que tornam a carne apropriada para processamento.

Tabela 5. Porcentagem e número de amostras do músculo *Longíssimus dorsi* em cada nível de ractopamina incluído na dieta de suínos, dentro de cada classe, de acordo com a classificação qualitativa da distribuição de carcaças

Classificação ¹	Ractopamina (ppm)		
	0	5	10
PSE	.	.	.
RSE	7,41 (02) b	10,34 (03) b	3,33 (01) b
RFN	92,59 (25) a	79,31 (23) a	90,00 (27) a
DFD	.	3,45 (01) b	.
Pálida	.	6,90 (02) b	6,67 (02) b
NC	.	.	.
<i>Total (%)</i>	100	100	100

Letras minúsculas indicam comparação entre categorias (vertical), dentro de cada nível de ractopamina.

¹A classificação das carnes foi baseada nos valores obtidos para pH_u e L* no músculo *Longíssimus dorsi*, onde: PSE - pálida, flácida e exsudativa (pH_u < 5,5 e L* > 50), RSE - vermelha, flácida, exsudativa (pH_u < 5,5 e L* ≤ 50), RFN - vermelha, firme e não exsudativa (pH_u entre 5,5 - 6,1 e L* ≤ 50), DFD - escura, firme e seca (pH_u > 6,1 e L* ≤ 38), Pálida (pH_u entre 5,5 - 6,1 e L* > 50) e NC - não classificada em nenhuma categoria (pH_u > 6,1 e L* > 38),

Apesar de ter sido constatado aparecimento de carnes na classe Pálida, com a inclusão de 5 ou 10 ppm de ractopamina, a maior parte das carcaças permaneceu concentrada na classe mais almejada (RFN), assim, infere-se que a ractopamina não prejudica a qualidade da carne.

4. Conclusão

A suplementação de ractopamina na ração de suínos na fase de terminação causa impacto mínimo sobre a qualidade da carne. O uso de níveis maiores de ractopamina na dieta (10 ppm) promove melhorias na qualidade da carne suína.

5. Agradecimentos

À Embrapa Suínos e Aves, Cooperativa de Produção e Consumo Concórdia (COPÉRDIA) e Cooperativa Central Oeste Catarinense (Aurora Alimentos Ltda.), pela parceria e apoio para desenvolvimento deste projeto. À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo Auxílio à Pesquisa, processo 2009/09139-6, e pela Bolsa de Mestrado, processo 2008/01765-2.

6. Referências

- Aalhus, J. L., Jones, S. D. & Schaefer, S. D. M. (1990). The effect of ractopamine on performance, carcass composition and meat quality of finishing pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, Champaign, 70(5), 943-952.
- Aberle, E. D., Forrest, J. C., Gerrard, D. E. & Mills, E. W. (1994). Properties of Fresh Meat. In: _____. *Principles of meat science*. Dubuque : Kend All: Hunt Publishing, Fourth Edition, chapter 6, p. 109-110.
- AMSA (1995). *American Meat Science Association*. Research guidelines for cookery sensory and instrumental tenderness measurement of fresh meat. Chicago, 1995. 48 p.
- AMSA (2001). *American Meat Science Association*. Meat evaluation handbook. Savoy: AMSA, 83-116.
- Araújo, A. P. *Manejo pré-abate e bem-estar dos suínos em frigoríficos brasileiros*. Botucatu, 2009, p. 123, Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

- Armstrong, T. A., Ivers, D. J., Wagner, J. R., Anderson, D. B., Weldon, W. C. & Berg, E. P. (2004). The effects of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. *Journal of Animal Science*, Champaign, 82, 3245-3253.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). *Official methods of analysis. Of AOAC International*. 18th ed., Arlington, V.A., 2007.
- Bakaert, H., Casteels, N. & Buysse, F. X. (1987). The effects of a beta-agonist cimaterol on performance, carcass and meat quality of growing-finishing pigs of the Belgian Lanmacc. In: J. P. Hanrahan (Ed.) *Beta-agonists and their effects on animal growth and carcass quality*. Elsevier Applied Science, London and New York, 127-136.
- Berge, Ph., Culioli, J., Ouali, A. & Parat, M.F. (1993). Performance muscle composition and meat texture in veal calves administered a β -agonist (clenbuterol). *Meat Science*, Barking, 33, 191-206.
- Bridi, A. M., Oliveira, A. R., Fonseca, N. A. N., Shimokomaki, M., Coutinho, L. L. & Silva, C. A. (2006). Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 35(5), 2027-2033.
- Carr, S. N., Rincker, P. J., Killefer, J., Baker, D. H., Ellis, M. & McKeith, F. K. (2005). Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, Champaign, 83, 223-230.
- Cole, D.J.A., Wood, J. D. & Kilpatrick, M. I. (1987). Effects of the beta-agonist GAH/o34 on growth, carcass quality and meat quality in pigs. In: J. P. Hanrahan (Ed.) *Beta-agonists and their effects on animal growth and carcass quality*. Elsevier Applied Science, London and New York, 137-142.
- Crome, P. K., McKeith, F. K., Carr, T. R., Jones, D. J., Mowrey, D. H. & Cannon, J. E. (1996). Effect of ractopamine on growth performance , carcass composition and cutting yields of pigs slaughtered at 107 kg and 125 kg. *Journal of Animal Science*, Champaign, 74, 709-716.
- Dalla Costa, O. A. (2005). *Efeitos do manejo pré-abate no bem-estar e na qualidade de carne de suínos. 162p*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2005.

- Fernandes, T. (1995). Utilização de beta-agonistas como estimuladores do crescimento em animais destinados à produção de carne. In: Instituto de Proteção da Produção Agro-Alimentar - Utilização dos promotores de crescimento (beta-agonistas) em animais destinados à produção de carne, nº do evento, 1995, Lisboa. *Proceedings...* Lisboa: IPPA, 39-49.
- Gwartney, B. L., Calkins, C. R. & Jones, S. J. (1991). The effect of cimaterol and its withdrawal on carcass composition and meat tenderness of broiler chickens. *Journal of Animal Science*, Champaign, 69, 1551-1558.
- Honikel K. O. (1987). Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In: TARRANT, P. V.; EIKELENBOOM, G.; MONIN, G. (Eds.). *Evaluation and control of meat quality in pigs*. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 273-283.
- Honikel, K. O. (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, Barking, 49, 447-457.
- Jones, R. W., Easter, R. A., Mckeith, F. K., Dalrymple, R. H., Maddock, H. M. & Bechetel, P. J. (1985). Effect of the β -adrenergic agonist cimaterol (CL 283,780) on the growth and carcass characteristics of finishing swine. *Journal of Animal Science*, Champaign, 61, 905-913.
- Koohmaraie, M., Shackelford, S. D. & Wheeler, T. L. (1996). Effects of a β -adrenergic agonist (L-644,969) and male sex condition on muscle growth and meat quality of callipyge lambs. *Journal of Animal Science*, Champaign, 74, 70-79.
- Maganhini, M. B., Mariano, B., Soares, A. L., Guarnieri, P. D., Shimokomaki, M. & Ida, E. L. (2007). Carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) e DFD Dark, Firm, Dry) em lombo suíno numa linha de abate industrial. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Campinas, 27(supl.1), 69-72, ago.
- Marchant-Forde, J. N., Lay, D. C. Jr., Pajor, E. A., Richert, B. T. & Schinckel, A. P. (2003). The effects os ractopamine on the behavior and physiology of finishing pigs. *Journal of Animal Science*, Champaign, 81, 416-422.
- Marinho, P. C., Fontes, D. O., Oliveira, F. C., Silva, M. A., Pereira, F. A. & Arouca, C. L. C. (2007). Efeito dos níveis de lisina digestível e da ractopamina sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 36(6), 1791-1798.

- MØller, A. J., Bertelsen, G. & Olsen, A. (1992). Processed pork technological parameters related to type of raw material – review. In: Puolanne, E., Demeyer, D.I., Ruusunen, M. et al. (Eds.) *Pork quality: genetic and metabolic factors*. Wallingford: Redwood Books, p. 225.
- Patience, J. F., Shand, P., Pietrasik, Z., Merrill, J., Vessie, G., Ross, K. A. & Beaulieu, A. D. (2009). The effect of ractopamine supplementation at 5 ppm of swine finishing diets on growth performance, carcass composition and ultimate pork quality. *Canadian Journal of Animal Science*, Ottawa, 89, 53-66.
- Ramos, F. & Silveira, M. I. N. (2002). Agonistas adrenérgicos β_2 e produção animal: III - Efeitos zootécnicos e qualidade da carne. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, Lisboa, 97, 51-62.
- Rasmussen, A. J., & Anderson, M. (1996). New method for determination of drip loss in pork muscles. In: *Proceedings of 42nd International Congress of Meat Science and Technology*, Lillehammer, Noeway. Lillehammer, 1–6 September p. 286–287.
- Rincker, P. J., Killefer, J., Matzat, P.D., Carr, S.N. & Mckeith, F.K (2009). The effect of ractopamine and intramuscular fat content on sensory attributes of pork from pigs of similar genetics. *Journal of Muscle Foods*, 20, 79-88.
- Rutz, F. & Xavier, E. G. (1998). Agentes repartidores de energia para aves e suínos. In: *Anais da 35ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia* (pp. 201-218), Botucatu.
- Sanches, J. F., Kiefer, C., Souza de Moura, M., Silva, C. M., Freitas da Luz, M. & Carrijo, A. S. (2010). Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação e mantidos sob conforto térmico. *Revista Ciência Rural*, Santa áriaa, 40, n.2, fev., 403-408.
- SAS (2002). *System for Microsoft Windows*. Cary, NC: USA, Inst. Inc.
- Scott, K. A., Torrey, S., Stewart, T. & Weaver, S. A. (2000). Pigs selected for high lean growth exhibit increased anxiety response to humans. In: *Proceedings of 30th Annual Meetings of Society for Neurociences's*. 4-9 November 2000. New Orleans, LA, EUA, p. 177.
- Stites, C. R., McKeith, F. K., Singh, S. D., Bechtel, P. J., Mowrey, D. H & Jones, D. J. (1991). The effect of Ractopamine hydrochloride on the carcass cutting yields of finishing swine. *Journal of Animal Science*, Champaign, 69, 3094-3101.

- Stoller, G. M., Zerb, H. N., Moeller, S. J., Baas, T. J., Johnson, C. & Watkins, L. E. (2003). The effect of feeding ractopamine (Paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetic lines of swine. *Journal of Animal Science*, Champaign, 81, 1508-1516.
- Uttaro, B. E., Ball, R. O., Dick, P., Rae, W., Vessie, G. & Jeremia, L.E. (1993). Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield and meat quality characteristics of crossbred swine. *Journal of Animal Science*, Champaign, 71, 2439-2449.
- Van Heugten, E. Understanding pork quality. *Swine News*, v. 24, n. 3, 2001.
- Van Weerden, E. J. (1987). Effects of clenbuterol on deposition and mass composition in castrated male pigs. In: J. P. Hanrahan (Ed.) *Beta-agonists and their effects on animal growth and carcass quality*. Elsevier Applied Science, London and New York, 152-162.
- Walker, W. R., Johnson, D. D., Brendemuhl, J. H., Dalrymple, R. H. & Combs, G. E. (1989). Evaluation of cimaterol for finishing swine including a drug withdrawal period. *Journal of Animal Science*, Champaign, 67, 168-176.
- Watkins, L. E., Jones, D. J., Mowey, D. H., Anderson, D. B. & Veehuizen, E. L. (1990). The effect of various levels of ractopamine hydrochloride on the performance and carcass characteristics of finishing swine. *Journal of Animal Science*, Champaign, 68, 3588-3595.
- Warriss, P. D., Brown, S. N., Rodolph, T. P. & Kestin, S. C. (1990a). Interactions between the beta-adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. *Journal of Animal Science*, Champaign, 68, 3669 – 3676.
- Warriss, P. D., Kestin, S. C., Rolph, T. P. & Brown, S. N. (1990b). The effects of the beta-adrenergic agonist Salbutamol on meat quality in pigs. *Journal of Animal Science*, Champaign, 68, p.128-136.
- Warriss, P. D.; Nute, G. R.; Rolph, T. P.; Brown, S. N. & Kestin, S. C. (1991). Eating quality of meat from pigs given the beta-adrenergic agonist salbutamol. *Meat Science*, Barking, 30, 75-80.
- Weber, T. E., Richert, B. T., Belury, M. A., Gu, Y., Enright, K. & Schinckel, A. P. (2006). Evaluation of the effects of dietary fat, conjugated linoleic acid, and ractopamine on growth performance, pork quality, and fatty acid profiles in genetically lean gilts. *Journal of Animal Science*, Champaign, 84, 720-732.

- Williams, P. E. V. (1987). The use of β -agonists as a means of altering body composition in livestock species. *Nutrition Abstracts and Reviews*. Série B - Livestock feeds and feeding, Farnham Royal, 57, 453 – 464.
- Williams, N. H., Cline, T. R., Schinckel, A. P. & Jones, D. J. (1994). The impact of ractopamine, energy intake, and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. *Journal of Animal Science*, Champaign, 72, 3152–3162.
- Wood, J. D., Wiseman, J. & Cole, D. J. A. (1994). Control and manipulation of meat quality. In: Cole, D.J.A., Wiseman, J. & Varley, M.A. (Eds.) *Principles of pig science*, London: Nottingham University Press, p. 446-448.
- Xiong, Y. L., Gower, M. J., Li, C., Elmore, C. A., Cromwell, G. L. & Lindemann, M. D. (2006). Effect of dietary ractopamine on tenderness and postmortem protein degradation of pork muscle. *Meat Science*, Burking, 73, 600-604.
- Zagury, F. T. R. (2002). *Efeito da ractopamina na ração sobre o crescimento, composição da carcaça e qualidade de carne de suínos*. 46p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.

CAPÍTULO 4

O artigo a seguir está redigido de acordo com as exigências para publicação na *Journal of Animal Science*, com exceção do idioma.

Susceptibilidade ao estresse de suínos suplementados com ractopamina em condições de produção comercial¹

N. B. Athayde,^{*2} O. A. Dalla Costa,[§] R. O. Roça,[#] A. L. Guidoni,[§] C. B. Ludtke,[¶] Oba, E.,^{||}
Takahira, R. K.[‡]

* FMVZ, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP. Botucatu, SP.

§ Embrapa Suínos e Aves. BR-153, Km 10, Cx.P. 21, Distrito de Tamanduá, CEP. 89700-000, Concórdia, SC.

FCA, Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP. Departamento Gestão e Tecnologia Agroindustrial– Fazenda Experimental Lageado, Cx.P. 237, CEP 18603-970, Botucatu, SP.

¶ Sociedade Mundial de Proteção Animal. Av. Princesa Isabel, 323, 8º andar, Copacabana, RJ.

|| FMVZ, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP. Departamento de Reprodução Animal e Radiologia Veterinária – Distrito de Rubião Júnior, s/n, CEP. 18618-970, Botucatu, SP.

‡ FMVZ, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP. Departamento de Clínica Veterinária - Distrito de Rubião Júnior, s/n, CEP. 18618-970, Botucatu, SP.

Resumo

A ractopamina é um agonista β -adrenérgico utilizado como repartidor de energia em dietas de suínos em terminação. A maioria dos trabalhos realizados se restringe na avaliação do desempenho, características de carcaça e qualidade de carne, mas há poucas informações mostrando os efeitos deste aditivo sobre o comportamento e bem-estar dos suínos. Neste contexto, objetivou-se avaliar a influência de três níveis de inclusão deste aditivo (0, 5 e 10 ppm) na dieta de suínos (machos castrados e fêmeas, n=340) durante 28 dias pré abate, sobre a susceptibilidade ao estresse. Foram avaliados o comportamento, número de lesões de pele e carcaça e parâmetros fisiológicos do estresse (concentração de lactato, cortisol e creatina fosfoquinase). Não houve efeito da ractopamina sobre o comportamento dos suínos, número total de lesões de pele e carcaça, nem sobre a concentração de cortisol e lactato. Porém, houve aumento nas concentrações da enzima creatina fosfoquinase (CPK) nos suínos que receberam suplementação de ractopamina na ração, mostrando que, de alguma forma, a ractopamina causa alteração fisiológica nos animais que consomem ração contendo este aditivo.

Palavras chave: agonista β -adrenérgico, comportamento, creatina fosfoquinase, cortisol, lactato, lesões de pele.

¹ Essa pesquisa foi financiada pela Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e Embrapa Suínos e Aves. Agradeço à Cooperativa de Produção e Consumo Concórdia (COPÉRDIA) e Cooperativa Central Oeste Catarinense (Aurora Alimentos Ltda.), pela parceria e apoio para desenvolvimento deste projeto.

² Autor correspondente: Cel. (+55) 14 9778 0303, E-mail: nataliaathayde@yahoo.com.br

Susceptibility to stress in pigs supplemented with ractopamine under commercial production conditions¹

N. B. Athayde,^{*2} O. A. Dalla Costa,[§] R. O. Roça,[#] A. L. Guidoni,[§] C. B. Ludtke,[¶] Oba, E.,^{||}
Takahira, R. K.[‡]

^{*} FMVZ, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP. Botucatu, SP.

[§] Embrapa Suínos e Aves. BR-153, Km 10, Cx.P. 21, Distrito de Tamanduá, CEP. 89700-000, Concórdia, SC.

[#] FCA, Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP. Departamento Gestão e Tecnologia Agroindustrial– Fazenda Experimental Lageado, Cx.P. 237, CEP 18603-970, Botucatu, SP.

[¶] Sociedade Mundial de Proteção Animal. Av. Princesa Isabel, 323, 8º andar, Copacabana, RJ.

^{||} FMVZ, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP. Departamento de Reprodução Animal e Radiologia Veterinária – Distrito de Rubião Júnior, s/n, CEP. 18618-970, Botucatu, SP.

[‡] FMVZ, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP. Departamento de Clínica Veterinária - Distrito de Rubião Júnior, s/n, CEP. 18618-970, Botucatu, SP.

Abstract

The ractopamine is a β -adrenergic agonist used as a divider of energy in diets for finishing pigs. Most of the researches are limited to evaluate the performance, carcass characteristics and meat quality, but there are little information showing the effects of this additive on the behavior and welfare of pigs. In this context, the aim of this research was to evaluate the influence of three levels of inclusion of ractopamine (0, 5 and 10 ppm) in diet of finishing pigs (barrows and gilts, n=340), during 28 days pre-slaughter, on the susceptibility to stress. Assessments of behavior, number of skin damages and skin carcass and physiological stress (plasma lactate, plasma cortisol and serum creatine phosphokinase) were evaluated. There was no effect of ractopamine on behavior of the pigs, the total number of skin damages and skin carcass or plasma cortisol and lactate. However, increased serum CPK in pigs supplemented with ractopamine in the diet, showing that, somehow, ractopamine cause physiological disorder in animals that consume feed containing this additive.

Keywords: *β -adrenergic agonist, behavior, creatine kinase, cortisol, lactate, skin damage.*

¹ This research was sponsored by São Paulo Research Foundation (FAPESP) and Embrapa Swine and Poultry. We thank Cooperative of Production and Consumption Concórdia (COPÉRDIA) and Cooperative of West of Santa Catarina (Aurora Alimentos Ltda.) for assistance in practical part of this research.

² Corresponding author: Cel. (+55) 14 9778 0303, E-mail address: nataliaathayde@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A ractopamina, um agonista β -adrenérgico utilizado como repartidor de energia em dietas de suínos em terminação, tem sido amplamente estudado nos últimos anos em suínos (Watkins et al., 1990; Zagury, 2002; Marinho et al., 2007; Sanches et al., 2010) e também em outras espécies como ovinos (Baker et al., 1984) e bovinos (Ricks et al., 1984).

A maioria dos trabalhos realizados na área de suínos se restringe na avaliação do desempenho (Zagury, 2002; Stoller et al., 2003; Armstrong et al., 2004; Weber et al., 2006; Marinho et al., 2007; Sanches et al., 2010), características de carcaça (Adeola et al., 1990; Crome et al., 1996; Trapp et al., 2002; Carr et al., 2005; Cantarelli, et al., 2009) e qualidade de carne (Jones et al., 1985; Warriss et al., 1990a, Wood et al., 1994; Uttaro et al., 1993; Xiong et al., 2006; Patience et al., 2009). No entanto, há poucas informações na literatura mostrando os efeitos deste aditivo sobre o comportamento e bem-estar dos suínos.

O estresse é o principal parâmetro utilizado para avaliar o bem-estar animal. Grandin (1998), Moberg (2000) e Machado Filho & Hotzel (2000), descrevem que o estresse não é causa e sim consequência. Segundo esses autores, o estresse é indicativo de que os animais desenvolvem mecanismos de respostas quando sua homeostasia esta ameaçada, necessitando de ajustes fisiológicos ou comportamentais para se adaptarem à situação adversa. Essa adaptação envolve respostas neuroendócrinas e comportamentais que visam manter equilíbrio das funções vitais (Von-Borell, 1995).

Há pelo menos dois métodos para avaliar o estresse: por meio da resposta comportamental e pela avaliação das funções biológicas (endócrinas e enzimáticas) nos fluidos ou tecidos de animais vivos. A fadiga e o estresse podem ser avaliados por meio de análises bioquímicas no plasma (adrenalina, noradrenalina, cortisol), bem como por avaliações visuais por meio da incidência de lesões na carcaça.

Pesquisa realizada por Schaefer et al. (1992) mostram que há pequeno efeito da ractopamina sobre o comportamento de suínos em terminação e que nenhum comportamento anormal, estereotipado ou agressivo foi observado. Esses autores mostram que os animais que foram suplementados com o aditivo permaneceram deitados aglomerados com maior frequência, mas que esse fato não causa mudanças marcantes no comportamento dos animais.

Porém, Marchant-Forde et al. (2003), avaliaram os efeitos da ractopamina no comportamento e na fisiologia de suínos durante o manejo e o transporte e concluíram que a ractopamina afetou o comportamento, a frequência cardíaca, e perfil de catecolaminas de suínos em terminação, tornando-os mais difíceis de manejar.

Associando-se essas informações ao fato de que são escassas as pesquisas brasileiras avaliando o uso da ractopamina sobre o comportamento e bem-estar dos suínos em terminação, o presente estudo objetivou avaliar os efeitos da administração de diferentes níveis de ractopamina sobre a suscetibilidade ao estresse de suínos machos castrados e fêmeas criados em condições de produção comercial.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local, animais e manejo na granja

O experimento foi realizado no período de inverno na propriedade do Sr. Claudemir Rettmann que é integrado da Cooperativa de Produção e Consumo Concórdia (COPÉRDIA), localizada no município de Alto Bela Vista, SC, Linha Floresta. As temperaturas variaram de 8,8 a 20,5°C, com média de 15°C. As médias de umidade relativa do ar e de precipitação média diária foram de 83,5% e 5,7mm. O experimento foi desenvolvido de acordo com os princípios éticos na experimentação animal (protocolo nº 64/2008-CEEA), determinados pela Câmara de Ética em Experimentação Animal da Universidade Estadual Paulista (FMVZ), UNESP, Botucatu/SP, Brasil.

Foram utilizados 340 suínos em fase de terminação (machos castrados e fêmeas, com peso médio de 107,3 kg), provenientes de cruzamentos industriais, distribuídos em 30 baias. As baias mediam 3,40 metros de largura por 3,65 metros de comprimento, onde foram alojados 10 a 12 animais (1,03 a 1,24 m²/suíno) e tinham piso de concreto, sem cama, com lâmina de água, paredes de alvenaria, bebedouro do tipo chupeta e comedouro linear posicionado paralelamente ao corredor.

Todos os animais foram pesados e identificados com brincos na instalação do experimento calculando-se a média de peso dos animais de cada baia. A partir desses pesos, foram distribuídos os tratamentos permitindo que houvesse grupos de baias (blocos) com animais com média de pesos leve, médio e pesado em todos os tratamentos, totalizando 10 baias por tratamento. Foi considerada a baia como unidade experimental.

Arraçoamento

A ração suplementada com ractopamina (5 e 10 ppm) foi fornecida de forma controlada, 28 dias antes do abate, dividida em três tratos diários (às 7h30, 13h00 e 17h00). O grupo controle recebeu ração com mesma composição que os demais, porém sem a suplementação da ractopamina. A dieta utilizada neste período foi uma ração convencional contendo 1% de lisina total.

Foram realizadas três misturas de ração (com mesma formulação) ao longo dos 28 dias de experimento, a fim de garantir a qualidade e palatabilidade das mesmas. Os componentes foram misturados (Misturador de Rações BMV-500E, tecnologia Bergazzi Máquinas e Equipamentos Ltda. e Embrapa), na fábrica de rações da Embrapa Suínos e Aves e, posteriormente, as rações foram transportadas até a granja. Dois silos foram instalados ao lado do galpão para acondicionar as rações, sendo um com capacidade para 750 kg (ração sem ractopamina) e outro para 1500 kg (dividido em dois compartimentos de 750 kg, um para armazenamento da ração contendo 5 ppm e o outro para o de 10 ppm de ractopamina).

Manejo pré-abate

Os animais foram pesados e submetidos ao jejum de aproximadamente quatro horas. Antes do embarque 30 suínos de cada tratamento (o mais leve, o com peso médio e o mais pesado de cada baia) receberam uma segunda identificação, a fim de destacar os animais selecionados para as avaliações dos parâmetros fisiológicos do estresse. Em seguida, foram transportados até o frigorífico da Cooperativa Central Oeste Catarinense (Aurora Alimentos Ltda.), localizado na cidade de Chapecó/SC.

O manejo de embarque dos animais durou em média 31 minutos por caminhão, foi realizado por cinco pessoas e com o auxílio de tábuas de manejo para condução dos animais. Os suínos foram transportados em compartimentos separados no caminhão de carroceria dupla, totalizando 85 animais por caminhão.

A granja localizava-se a aproximadamente 134 km do frigorífico, sendo oito quilômetros de estrada não pavimentada e 126 km de asfalto. Com isso, a duração da viagem foi em média de 3h57.

Ao chegarem ao frigorífico, os suínos permaneceram durante 6 horas nas baias de descanso até serem conduzidos ao insensibilizador. O período total de jejum, desde a retirada da ração na granja até o abate, foi de 14 horas. Os animais permaneceram sem acesso à alimentação, porém tiveram livre acesso à água na granja e durante a permanência nas baias de espera do frigorífico.

O sistema de condução até o insensibilizador, caracterizado por uma esteira rolante, transportou os suínos imobilizados e sustentados pelos flancos até os eletrodos metálicos que, em contato com o corpo dos animais conduziu a descarga elétrica na região temporal e cardíaca. O abate ocorreu por eletrocussão (700V e intensidade de corrente acima de 1,25 ampères - Valhalla, Stork RMS b.v., Lichtenvoorde, Holanda). Após essa etapa, os animais foram imediatamente sangrados na posição horizontal e suspensos ao fim da mesa de sangria na nória contínua da linha de abate. As carcaças dos suínos permaneceram em câmara fria em temperaturas variando entre 1 °C a 4 °C durante 24 horas.

Avaliação do estresse

Comportamento e bem-estar. Foi utilizado o método de varredura (*scan sampling*, Altmann, 1974), com algumas adaptações, uma semana antes da administração de ractopamina e semanalmente (segundas, quartas e sextas-feiras) durante todo período do experimento, totalizando 15 dias de avaliação. As observações foram realizadas seguindo um sistema 5x3x6 (cinco semanas de duração x três vezes por semana x seis repetições por dia).

As leituras foram efetuadas a cada hora, nos seguintes horários: 9, 10, 11, 13, 14 e 15h00, onde cada animal foi classificado em uma das 13 categorias mutuamente exclusivas: bebendo água, deitado só, deitados aglomerados, em pé, fuçando outro, sentado, alimentando-se, mordendo outro (Figura 1), caminhando, explorando, fugindo, brincando e montando.



Figura 1. Parte dos comportamentos avaliados com o método *scan*: a) bebendo água, b) deitado só, c) deitados aglomerados, d) em pé, e) fuçando outro, f) sentado, g) alimentando-se e h) mordendo outro.

Em função dos 13 comportamentos descritos, foi calculado o número de animais calmos (soma do número de animais deitados aglomerados, deitado só, em pé e sentado), movimentando-se (fuçando outro, mordendo outro, caminhando, explorando, fugindo, brincando e montando) e alimentando-se (consumindo ração e bebendo água). Em seguida, calculou-se em cada baia a porcentagem de animais em cada uma dessas três categorias. A categorização dos 13 comportamentos foi realizada com o objetivo de identificar alguma alteração na atividade dos suínos, em função da inclusão de ractopamina na dieta.

Os dados submetidos à análise estatística foram obtidos através de sumarização média em relação aos 15 dias de avaliação. Foi criado um fator de blocagem combinando-se as cinco categorias de peso inicial dos animais combinados com duas categorias de condição sexual.

Para todas essas variáveis, foi aplicado um modelo de análise de variância dado por:

$Y_{jik} = \mu + b_j + t_i + h_k + (th)_{ik} + e_{jik}$; com $j=1, 2, \dots, 10$ blocos; $i= 1, 2, 3$, níveis de ractopamina; $k= 1, 2, \dots, 6$ horários de avaliação. Em que:

Y_{jik} é a observação da resposta pertencente ao bloco j , nível de ractopamina i , hora k ;

μ é a média geral da resposta no experimento;

b_j é o efeito do bloco j ;

t_i efeito de nível de ractopamina i ;

h_k é o efeito da hora de avaliação k ;

$(th)_{ik}$ é o efeito da interação nível de ractopamina, hora

e_{jik} é o erro aleatório não observável suposto seguir a distribuição normal de média zero e variância constante σ^2 , e este é o denominador apropriado para calcular o teste F das fontes de variação envolvidas;

O critério para tomada de decisão adotada foi 5% de probabilidade como taxa de erro e as comparações das médias foram realizadas através do teste T de Student, protegido pela significância do teste F. Foi utilizado o programa Statistical Analysis System (SAS, 2002).

Lesões de pele e carcaça. A incidência de lesões na pele foi avaliada em três locais (paleta, lombo e pernil) do lado esquerdo dos suínos, sendo registrada através de avaliação visual pela contagem do número de lesões. Esta avaliação foi realizada em três momentos: antes do embarque dos animais, após o desembarque e após o período de descanso nas baias do frigorífico.

Posteriormente, 24 horas após o abate, foi registrado número de lesões na meia carcaça esquerda e então calculada a frequência de lesões de pele e carcaça. As lesões foram classificadas de acordo com a origem: manejo, densidade e briga, seguindo a metodologia descrita por ITP (1996).

Parâmetros fisiológicos do estresse. A avaliação dos parâmetros fisiológicos do estresse foi realizada através da dosagem do hormônio cortisol e atividade das enzimas lactato-oxidase e creatina-quinase.

Imediatamente após o processo de eletrocussão, amostras de sangue (10 ml) foram colhidas a partir do corte da sangria com auxílio de copo plástico descartável,

transferidas para dois tubos de centrífuga. Um desses tubos continham 10 gotas de heparina sódica (25000 UI / 5 ml) para colheita de plasma e o outro sem heparina sódica para colheita do soro. Todas as amostras foram posteriormente, homogeneizadas lentamente. As amostras foram submetidas a uma centrifugação a 3500 rpm / 10 minutos em temperatura ambiente, utilizando-se uma centrífuga portátil modelo Excelsa Baby II da marca Fanem.

Após a centrifugação, alíquotas de 2 ml do plasma obtido foram transferidas para tubos criogênicos e armazenadas em ultra-freezer (-80° C) até a execução das análises.

Cortisol. Amostras do plasma foram usadas para análise de cortisol utilizando o método de radio-imunoensaio (Coat-A-Count® Cortisol Kit, Siemens, Los Angeles, USA). A dosagem de cortisol foi realizada em contador gama (Gama Count Cobra II-PackardTM).

Lactato e creatina fosfoquinase. Amostras de plasma foram utilizadas para a análise de lactato (Lactato KATAL) e de soro para as análises de creatina fosfoquinase (Kit CK-Total e CK-MB KATAL). A atividade enzimática da lactato-oxidase e da creatina fosfoquinase (CPK) foram mensuradas por comprimento de onda (546 nm e 340 nm, respectivamente), utilizando espectrofotômetro (RA_XTTM, Technicon).

Para as variáveis de lesões de pele, lesão de carcaça e parâmetros fisiológicos do estresse, foi gerada uma média para cada baía, totalizando 30 unidades experimentais, distribuídas em cinco blocos envolvendo arranjo fatorial duas condições sexuais (machos castrados e fêmeas) x três níveis de ractopamina (0, 5 e 10 ppm).

Para essas variáveis, foi aplicado um modelo de análise de variância dado por:

$Y_{jik} = \mu + b_j + t_i + s_k + (ts)_{ik} + e_{jik}$; com $j=1, 2, \dots, 5$ blocos; $i= 1, 2, 3$ níveis de ractopamina; $k= 1, 2$ condições sexuais. Em que:

Y_{jik} é a observação da resposta pertencente ao bloco j , nível de ractopamina i , condição sexual k ;

μ é a média geral da resposta no experimento;

b_j é o efeito do bloco j ;

t_i efeito do nível de ractopamina i ;
 s_k é o efeito da condição sexual k ;
 $(ts)_{ik}$ é o efeito da interação nível de ractopamina e condição sexual;
 e_{jik} é o erro aleatório não observável suposto seguir a distribuição normal de média zero e variância constante σ^2 , e este é o denominador apropriado para calcular o teste F das fontes de variação envolvidas.

O critério para tomada de decisão adotada foi 5% de probabilidade. As comparações das médias foram realizadas através do teste T de Student, protegido pela significância do teste F. Foi utilizado o programa Statistical Analysis System (SAS, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comportamento e bem-estar

Não houve interação entre níveis de ractopamina e horário de avaliação as variáveis de comportamento e bem-estar avaliadas.

Os animais têm reações comportamentais ao serem expostos a estímulos estressantes, na tentativa de escapar ou aliviar-se do estressor (Moberg, 2000).

Observa-se na Tabela 1 que não houve efeito da inclusão de ractopamina na ração, quando os 13 comportamentos foram categorizados em animais calmos, movimentando-se e alimentando-se. Esta mesma tabela ilustra a dinâmica da rotina dos suínos ao longo do experimento considerando seis avaliações diárias.

Nota-se que os comportamentos dos animais ocorreram, em função dos horários dos fornecimentos de ração. Os suínos permaneceram mais calmos, em sua maioria (71,13%), até o momento do próximo fornecimento de ração (Tabela 1). Isto foi verificado, principalmente, nas avaliações das 9 às 11 e das 15h00, sendo que esse comportamento tornou-se menos intenso das 13 às 14h00.

No momento do segundo fornecimento da ração (13h00), foi observado que todos os suínos se levantavam e se dirigiam para os comedouros. Logo após a ingestão da ração, a maioria dos animais bebia água.

Observa-se, ainda na Tabela 1, que a movimentação dos animais foi constatada com menor frequência (14,86%) às 10h00.

Tabela 1. Médias e coeficientes de variação da porcentagem de ocorrência das categorias de comportamentos dos suínos (calmos, movimentando-se e alimentando-se), em função da suplementação com diferentes níveis de ractopamina na dieta, avaliadas em seis horários diários

	<i>Ractopamina (ppm)</i>			Média	CV ¹ (%)
	0	5	10		
<i>Calmos (%)</i>					
09h	77,10	75,36	77,15	76,54 ab	
10h	78,92	81,16	79,05	79,71 a	
11h	80,89	76,98	80,30	79,39 a	
13h	36,54	38,47	33,65	36,22 c	
14h	76,21	72,90	77,15	75,42 b	
15h	78,60	77,89	82,07	79,52 a	
Média	71,38 A	70,46 A	71,56 A	71,13	9,81
<i>Movimentando-se (%)</i>					
09h	17,19	17,52	18,36	17,69 c	
10h	15,26	14,46	14,86	14,86 d	
11h	16,96	19,52	17,82	18,10 bc	
13h	18,96	22,45	21,67	21,03 a	
14h	20,59	22,99	18,77	20,79 ab	
15h	19,98	20,42	16,13	18,85 abc	
Média	18,16 A	19,56 A	17,94 A	18,56	28,67
<i>Alimentando-se (%)</i>					
09h	5,71	7,12	4,48	5,77 b	
10h	5,82	4,38	6,09	5,43 bc	
11h	2,14	3,50	1,88	2,51 cd	
13h	44,50	39,07	44,68	42,75 a	
14h	3,20	4,11	4,08	3,80 bcd	
15h	1,42	1,68	1,80	1,63 d	
Média	10,46 A	9,98 A	10,50 A	10,31	57,44

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na vertical (horário de avaliação) e maiúsculas na horizontal (níveis de ractopamina) diferem ($P < 0,05$) pelo teste T de Student. ¹- CV = coeficiente de variação.

Entre os 13 comportamentos avaliados, somente quatro (em pé, fuçando outro, brincando e bebendo água) foram influenciados pela suplementação de ractopamina na dieta. A Tabela 2 mostra as médias e os coeficientes de variação desses quatro comportamentos.

Tabela 2. Médias e coeficientes de variação dos quatro comportamentos dos suínos que foram influenciados pela suplementação com diferentes níveis de ractopamina na dieta, avaliados em seis horários diários

	<i>Ractopamina (ppm)</i>			Média	CV ¹ (%)
	0	5	10		
<i>Em pé (%)</i>					
09h	1,32	1,72	2,86	1,97 a	
10h	0,63	0,91	1,13	0,89 bc	
11h	0,69	0,46	0,90	0,68 c	
13h	1,05	0,54	2,10	1,23 b	
14h	0,69	0,58	1,02	0,76 bc	
15h	0,73	0,46	0,35	0,51 c	
Média	0,85 B	0,78 B	1,39 A	1,01	105,25
<i>Fuçando outro (%)</i>					
09h	6,79	7,26	8,15	7,40 a	
10h	5,27	5,67	5,26	5,40 cd	
11h	5,93	7,31	5,88	6,37 abc	
13h	3,97	5,80	4,65	4,81 d	
14h	6,25	7,38	6,47	6,70 ab	
15h	5,51	6,97	4,91	5,80 bcd	
Média	5,62 B	6,73 A	5,89 B	6,08	36,14
<i>Brincando (%)</i>					
09h	0,48	0,12	0,12	0,24 ab	
10h	0,00	0,00	0,11	0,04 b	
11h	0,23	0,00	0,00	0,08 b	
13h	0,55	0,00	0,40	0,32 a	
14h	0,31	0,00	0,46	0,26 ab	
15h	0,00	0,24	0,00	0,08 b	
Média	0,26 A	0,06 B	0,18 AB	0,17	262,92
<i>Bebendo água (%)</i>					
09h	1,27	1,40	1,19	1,29 b	
10h	1,70	1,65	1,72	1,69 b	
11h	1,16	1,62	1,31	1,36 b	
13h	2,03	3,20	3,44	2,89 a	
14h	1,91	2,82	2,17	2,30 a	
15h	1,42	1,68	1,80	1,63 b	
Média	1,58 B	2,06 A	1,94 AB	1,86	63,38

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na vertical (horário de avaliação) e maiúsculas na horizontal (níveis de ractopamina) diferem ($P < 0,05$) pelo teste T de Student. ¹- CV = coeficiente de variação.

Foi verificado aumento na porcentagem de animais em pé, com a inclusão de 10 ppm de ractopamina na ração. Esse comportamento ocorreu com maior frequência quando avaliado às 9h00.

Com a inclusão de 5 ppm de ractopamina, verificou-se aumento da porcentagem de suínos fuçando outro. No entanto, Schaefer et al. (1992) não verificaram diferença desta variável em suínos que receberam ractopamina na ração.

A média da porcentagem de suínos brincando foi maior nos animais do grupo controle (0,26%), em relação aos que receberam 5 ppm de ractopamina na ração (0,06%).

Houve diferença na porcentagem de suínos bebendo água apenas entre os suínos do grupo controle (1,58%) e os que receberam 5 ppm de ractopamina na ração (2,06%).

Essas informações sugerem que foi encontrado pequeno efeito da ractopamina no comportamento dos animais. Schaefer et al. (1992) também encontraram resultados semelhantes investigando o efeito da suplementação de ractopamina (0, 10, 15 e 20 ppm) no comportamento de suínos. Esses autores informaram que, após seis semanas de administração de ractopamina, os suínos passaram mais tempo deitados aglomerados e menos tempo andando. Porém, não constataram comportamento anormal, esteriotipado, agonístico ou agressivo e sugeriram que a ractopamina não causa mudanças expressivas no comportamento desses animais. Entretanto, Marchant-Forde et al. (2003) encontraram resultados que contradizem as informações encontradas no presente estudo. Esses autores avaliaram os efeitos da ractopamina (0 e 10 ppm) no comportamento e na fisiologia de suínos durante o manejo e transporte, e verificaram que os suínos que receberam ractopamina, passaram mais tempo ativos, mais alerta e menos tempo em decúbito lateral. Ainda segundo esses autores, no início das avaliações, não houve diferenças nas respostas comportamentais, mas a partir da quarta semana, os suínos mostraram-se mais difíceis de manejar, concluindo que a ractopamina afeta o comportamento. Segundo Stella (2007), raça, sexo e nível de ractopamina podem interagir para alterar o comportamento de suínos em teste de campo aberto.

Marchant-Forde et al. (2003) referenciam alguns autores, atentando ao fato de que os benefícios na produção, oriundos da alimentação de suínos com um nível constante de ractopamina, são minimizados na quinta semana de administração (Schinckel et al., 2002a,b) e que a nível celular, há uma regulação dos receptores β -adrenérgicos (Liu et al., 1994; Mills, 2001). Por isso, segundo Marchant-Forde et al. (2003), é provável que as observações realizadas no estudo de Schaefer et al. (1992) ocorreram em momento inoportuno para responder às questões que foram colocadas. Apesar de terem sido constatadas diferenças em alguns dos comportamentos

avaliados (Tabela 2), não se pode afirmar que os animais que consomem ractopamina são mais ou menos reativos que os do grupo controle e, portanto, infere-se que não há efeito da ractopamina sobre os suínos.

Lesões de pele e carcaça

Os danos localizados na superfície da pele e detectados após o abate na carcaça podem prejudicar a classificação das carcaças e conseqüentemente o seu valor.

A Tabela 3 mostra as médias e os coeficientes de variação do número total de lesões de pele e carcaça avaliadas na paleta, lombo e pernil dos suínos durante o período total de avaliação (embarque, desembarque, área de espera do frigorífico e 24 horas após o abate), em função da suplementação com diversos níveis de ractopamina.

Não houve interação entre níveis de ractopamina e condição sexual para as variáveis avaliadas, bem como não foi observado diferença no número total de lesões de pele e carcaça avaliadas nos suínos que receberam ractopamina em relação ao grupo controle.

Porém, há diversos trabalhos que constataram aumento do número de lesões de pele e carcaça de animais de diferentes espécies, em função de situações estressantes. Gallo et al. (1998) encontraram maior número de lesões em bovinos transportados de forma contínua durante 36 horas. Barton-Gade & Christensen (1996), afirmaram que há correlação entre os escores de lesões e procedimentos de manejo inadequado em carcaças suínas. Dalla Costa (2005) avaliou a presença de lesões na pele e carcaça de suínos, durante o manejo pré-abate e constatou alta incidência de lesões, antes do embarque na granja (56,8%), embarque (78,1%), desembarque (89,1%) e área de descanso no frigorífico (95,8%).

Tabela 3. Médias e coeficientes de variação do número total de lesões de pele e carcaça avaliadas na paleta, lombo e pernil dos suínos durante o período total de avaliação (embarque, desembarque, área de espera do frigorífico e 24 horas após o abate), em função da suplementação com diversos níveis de ractopamina na dieta

	<i>Ractopamina (ppm)</i>			Média	CV ¹ (%)
	0	5	10		
<i>Lesões de pele</i>					
<i>Paleta</i>					
Fêmea	2,13	1,67	4,07	2,62 a	
Macho	2,80	3,93	3,00	3,24 a	
Média	2,47 A	2,80 A	3,53 A	2,93	67,39
<i>Lombo</i>					
Fêmea	0,63	0,40	2,60	1,21 a	
Macho	3,40	3,23	1,40	2,68 a	
Média	2,02 A	1,82 A	2,00 A	1,95	121,34
<i>Pernil</i>					
Fêmea	0,77	0,80	2,33	1,30 a	
Macho	3,13	2,17	1,13	2,14 a	
Média	1,95 A	1,48 A	1,73 A	1,72	137,30
<i>Lesões de carcaça</i>					
<i>Paleta</i>					
Fêmea	2,07	1,27	3,40	2,24 a	
Macho	2,13	2,60	2,67	2,47 a	
Média	2,10 A	1,93 A	3,03 A	2,35	100,42
<i>Lombo</i>					
Fêmea	4,27	4,03	5,67	4,66 a	
Macho	5,40	6,53	5,07	5,67 a	
Média	4,83 A	5,28 A	5,37 A	5,16	
<i>Pernil</i>					
Fêmea	2,67	2,40	3,27	2,78 a	
Macho	3,47	4,27	2,73	3,49 a	
Média	3,07 A	3,33 A	3,00 A	3,13	55,63

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na vertical (condição sexual) e maiúsculas na horizontal (tratamento) diferem ($P < 0,05$) pelo teste T de Student. ¹- CV = coeficiente de variação.

Parâmetros fisiológicos do estresse

Não houve efeito da interação níveis de ractopamina x condição sexual para nenhum dos parâmetros fisiológicos do estresse avaliados.

Os resultados encontrados para concentração de lactato, cortisol e creatina fosfoquinase (total e fração MB) estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4. Médias, desvios-padrão e coeficientes de variação dos parâmetros fisiológicos do estresse de suínos machos castrados e fêmeas, em função da suplementação com diversos níveis de ractopamina na dieta

	<i>Ractopamina (ppm)</i>			Média	CV ¹ (%)
	0	5	10		
<i>Lactato (mmol/L)</i>					
Fêmea	42,16 ± 3,64	40,95 ± 3,54	34,40 ± 2,47	39,17 ± 1,97 a	
Macho	38,48 ± 5,34	40,60 ± 2,96	45,16 ± 3,37	41,41 ± 2,28 a	
Média	40,32 ± 3,11 A	40,77 ± 2,18 A	39,78 ± 2,66 A	40,29	20,31
<i>Cortisol (µg/dL)</i>					
Fêmea	5,97 ± 0,78	9,51 ± 1,46	7,80 ± 0,76	7,76 ± 0,68 a	
Macho	6,73 ± 0,55	6,54 ± 0,59	7,52 ± 1,33	6,93 ± 0,49 a	
Média	6,35 ± 0,47 A	8,02 ± 0,89 A	7,66 ± 0,72 A	7,34	41,00
<i>Creatina fosfoquinase</i>					
<i>CK-MB (U/L)</i>					
Fêmea	2473,17 ± 130,77	3996,20 ± 641,23	4138,93 ± 948,10	3536,10 ± 408,65 a	
Macho	2208,97 ± 229,10	4724,97 ± 943,71	4881,93 ± 1044,47	3938,62 ± 548,50 a	
Média	2341,07 ± 131,92 B	4360,58 ± 551,39 A	4510,43 ± 676,40 A	3737,36	73,73
<i>CK-Total (U/L)</i>					
Fêmea	7196,82 ± 2222,09	12917,18 ± 1936,01	11062,10 ± 2479,99	10392,03 ± 1348,54 a	
Macho	4424,63 ± 974,84	11955,30 ± 3783,44	10352,37 ± 1373,54	8910,77 ± 1543,64 a	
Média	5810,73 ± 1233,66 B	12436,24 ± 2009,88 A	10707,23 ± 1341,64 A	9651,14	50,46

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na vertical (condição sexual) e maiúsculas na horizontal (tratamento) diferem ($P < 0,05$) pelo teste T de Student. ¹- CV = coeficiente de variação.

Lactato. Situações de estresse intenso podem levar à exaustão muscular. Neste caso, haverá degradação intensa do glicogênio muscular, formando grandes quantidades de ácido láctico que será liberado na corrente sanguínea (Shaw & Tume, 1992). No presente estudo, não houve efeito dos níveis de ractopamina ensaiados para esse parâmetro (média de 40,29 mmol/L, Tabela 4).

Porém, Warriss et al. (1990b) constataram aumento nos níveis de lactato para os suínos que receberam Salbutamol (outro agonista β -adrenérgico utilizado na ração de suínos). Vários trabalhos têm mostrado aumento da concentração de lactato em função de situações estressantes: Warriss et al. (1998) avaliando suínos abatidos em condições de estresse e mínimo estresse; Gispert et al. (2000) avaliando suínos que possuíam escores altos de lesões de pele; Warriss et al. (1998) e Pèrez et al. (2002), estudando diferentes tempos de transporte e Ludtke et al. (2006), avaliando manejo com e sem bastão elétrico no manejo pré-abate de suínos.

Cortisol. Os animais elevam os níveis plasmáticos de cortisol em resposta ao estresse psicológico sofrido, que prepara seu organismo com suprimento extra de energia, permitindo a “reação de luta ou fuga” (Moberg, 2000).

Há vários trabalhos publicados que comprovam essa informação, mostrando que animais que foram submetidos a situações estressantes durante o manejo pré-abate, obtiveram aumento no cortisol circulante: Grandin (1994) observou que em situações de extremo estresse, os valores de cortisol podem dobrar ou quadruplicar. Shaw & Trout (1995) avaliaram a concentração de cortisol plasmático em suínos estressados que desenvolveram carne PSE, encontrando valores elevados (16,63 $\mu\text{g/dL}$). Brown et al. (1998) estabeleceram para os suínos abatidos em condições estressantes valores médios do cortisol de 17,02 $\mu\text{g/dL}$ e em situações de manejo normal, valores próximos a 7,62 $\mu\text{g/dL}$. Ludtke et al. (2006), avaliaram o bem-estar animal no manejo pré-abate e sua influência sobre a qualidade da carne suína e concluíram que os suínos manejados com bastão elétrico apresentaram maiores valores de cortisol, sendo que o valor médio de cortisol, no grupo manejado com bastão quase dobrou ($16,32 \pm 5,50 \mu\text{g/dL}$), quando comparado ao grupo manejado com prancha ($10,76 \pm 5,76 \mu\text{g/dL}$). Averos et al. (2007), avaliaram parâmetros fisiológicos do estresse em suínos transportados ao frigorífico em diferentes estações do ano e notaram que a concentração de cortisol aumentou durante o transporte e diminuiu durante a espera nas baias de descanso ($P < 0,001$), com valores de $3,47 \pm 0,19$, $8,52 \pm 0,28$ e $6,96 \pm 0,18 \mu\text{g/dL}$ no embarque, desembarque e sangria,

respectivamente. Esses autores também concluíram que o transporte no inverno foi mais estressante para os suínos. Santana et al. (2009), realizaram a dosagem da concentração de cortisol sanguíneo de suínos em terminação em descanso (grupo 1) e em suínos submetidos ao manejo e insensibilização elétrica pré-abate (grupo 2) e encontraram que a média da concentração para os animais do grupo 1 foi de 2,17 µg/dL enquanto que para os animais do grupo 2 foi de 7,45 µg/dL, havendo diferença ($p < 0,001$) sugerindo que esses animais se encontravam sob condições de estresse.

Porém, no presente estudo, foi avaliada a concentração de cortisol circulante após a insensibilização dos suínos, durante a sangria, e foi constatado que não houve efeito da ractopamina sobre esse parâmetro (média de 7,34 µg/dL, Tabela 4).

Esse resultado concorda com o encontrado por Marchant-Forde et al. (2003), que avaliaram a concentração de cortisol de suínos em terminação que receberam ração suplementada com ractopamina. Esses autores avaliaram a concentração de cortisol circulante antes e após o transporte de suínos e concluíram que não houve diferença deste parâmetro entre os tratamentos nem antes nem após o transporte. Porém, encontraram no final da quarta semana, que os suínos que foram suplementados com ractopamina apresentaram maior concentração de catecolaminas circulantes, concluindo que a ractopamina interfere no comportamento dos suínos, causando maior susceptibilidade ao manejo e estresse no transporte.

Creatina fosfoquinase. A enzima comumente utilizada para avaliação de lesões musculares é a creatina-fosfoquinase (CPK), que está envolvida no processo metabólico de obtenção de energia (Warriss et al., 1998). Esta enzima possui quatro isoenzimas. A CK-MM está presente nos músculos esquelético e cardíaco, a CK-BB está presente no cérebro e a CK-MB é uma isoenzima encontrada principalmente no coração. A quarta isoenzima é a CK-Mt que é uma enzima mitocondrial que responde por até 15% da atividade da CPK cardíaca (Kramer & Hoffmann, 1997).

No presente estudo foram mensuradas a CK-total e CK-MB. Constatou-se que não só houve aumento, como dobrou a concentração de CK-total e da isoenzima CK-MB nos animais alimentados com ração contendo ractopamina. Observa-se que houve grande variação no desvio padrão das amostras analisadas em função dos níveis de inclusão de ractopamina na dieta. Warriss et al. (1990a,b) também constataram aumento nos níveis de CPK para os suínos que receberam Salbutamol na ração.

A variação da atividade enzimática tecidual está normalmente associada ao aumento da síntese da enzima no tecido de origem, à diminuição do catabolismo ou à

proliferação celular (Gella, 1994). Isso pode ocorrer por causas fisiológicas, patológicas ou terapêuticas (Scheffer & González, 2003). Segundo relatos desses mesmos autores, a elevação de CPK pode ocorrer por várias causas, entre elas a aplicação de injeção levando à irritação tecidual, crise convulsiva na qual o animal se debata e traumatize os músculos esqueléticos e possibilidade de indução enzimática por uso de drogas.

Doizé et al. (1989) determinaram a atividade do músculo esquelético e as concentrações de enzimas após o exercício de suínos Landrace e constataram que houve um aumento das concentrações da CK-total e suas isoformas CK-MM e CK-BB imediatamente após o exercício, seguido de progressiva redução. Tadich et al. (2000), verificaram aumento de CPK em bovinos transportados por longos períodos. Esses autores relatam que durante o transporte, os animais são submetidos a um esforço físico para manter a postura no veículo em movimento, o que causa uma grande fadiga muscular e, em alguns casos, lesões. Resultados semelhantes foram obtidos por Warriss et al. (1995), Knowles et al. (1999) e Pèrez et al. (2002). O esforço do parto também é um fator de aumento da CPK (Morais et al., 2000), assim como o exercício de cavalos de pentatlon (Balogh et al., 2001).

A atividade da creatina fosfoquinase pode variar em função da condição sexual, massa muscular, atividade física e raça (Katirji & Al-Jaberi, 2001). Segundo Watkins et al. (1990), Uttaro et al. (1993) e Sanches et al. (2010), há aumento da profundidade de músculo de suínos que receberam ractopamina na ração, sendo que esse aumento na profundidade de músculo é causado por meio da ligação dos β -receptores da ractopamina aos receptores da membrana (que causa o disparo de uma série de eventos bioquímicos) que levará ao aumento no diâmetro das fibras musculares, mais especificamente das fibras brancas e intermediárias (Aalhus et al., 1990). Também é verificado aumento da concentração de CK em algumas doenças causadas pela ruptura de fibras musculares.

Considerando esses fatos, sugere-se que o aumento na concentração da enzima CPK nos suínos que receberam ractopamina no presente estudo, pode ter ocorrido em função da ação isolada ou associada de dois fatores. O primeiro seria baseado no aumento do diâmetro das fibras musculares, causado pela ação dos agonistas β -adrenérgicos, pois para ocorrer o aumento do diâmetro das fibras, são causadas micro-lesões o que pode ter estimulado a liberação e a atividade da enzima CPK. O segundo fator seria a suposição de que os animais que receberam ractopamina terem maior susceptibilidade ao estresse, pois segundo Schimidt et al.

(1974), somente uma extrema susceptibilidade ao estresse causa aumento nos níveis de CPK em suínos. Com isso, os suínos que receberam ractopamina no presente estudo, podem ter sofrido maior estresse e fadiga muscular durante o transporte, resultando no aumento da permeabilidade da membrana, liberação de CPK na circulação deste tecido muscular e conseqüente aumento da atividade plasmática desta enzima.

Além de escassos, os trabalhos que foram publicados avaliando os efeitos da suplementação de ractopamina na ração de suínos em terminação sobre o comportamento e parâmetros fisiológicos do estresse, os resultados são controversos. Portanto, novas pesquisas são necessárias para que sejam verificados com exatidão os efeitos da ractopamina sobre o bem-estar dos suínos em terminação.

CONCLUSÃO

A suplementação de ractopamina na dieta de suínos na fase de terminação, não altera o comportamento, incidência de lesões de pele nem a concentração de cortisol e lactato, porém, causa alteração fisiológica nos animais que consomem ração contendo este aditivo.

LITERATURA CITADA

- Aalhus, J. L., S. D. Jones and S. D. M. Schaefer. 1990. The effect of ractopamine on performance, carcass composition and meat quality of finishing pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, Ottawa, 70(5):943-952.
- Adeola, O., E. A. Darko, P. He and L. G. Young. 1990. Manipulation of porcine carcass composition by ractopamine. *J. Anim. Sci.*, Champaign, 68(11):3633-3641.
- Altmann, J. 1974. Observational study of behavior: Sampling methods. *Behavior*, 49:227-267.
- Armstrong, T. A., D. J. Ivers, J. R. Wagner, D. B. Anderson, W. C. Weldon AND E. P. Berg, E. P. 2004. The effects of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, Champaign, 82:3245-3253.
- Averos, X., A. Herranz, R. Sanchez, J. X. Comella and L. F. Gosalvez. 2007. Serum stress parameters in pigs transported to slaughter under commercial conditions in different seasons. *Veterinari Medicina*, 52 (8):333–342.

- Baker, P. K., R. H. Dalrymple, D. L. Ingle and C. A. Rincks. 1984. Use of β -adrenergic agonist to alter muscle and fat deposition in lambs. *J. Anim. Sci.* 59:1256-1261.
- Balogh, N. 2001. Biochemical and antioxidant changes in plasma and erythrocytes of pentathlon horses before and after exercise. *Vet. Clin.Pathology*, 30(4):214-218.
- Barton Gade, P., P. D. Warris, S. N. Brown and E. Lambooij. 1996. Methods of improving pig welfare and meat quality by reducing stress and discomfort before slaughter- methods of accessing meat quality. *Proceedings... Seminar "New Information on Welfare and Meat Quality of Pigs as Related to Handling Transport and Lairage Conditions"*. Mariensee, Germany, 23-34.
- Brown, S.N.; P. D. Warriss, G. R. Nute, J. E. Edwards and T. G. Knowles. 1998. Meat quality in pigs subjected to minimal pre-slaughter stress. *Meat Science*, Burking, 49:257-265.
- Cantarelli, V. S., E. T. Fialho, E. C. Almeida, M. G. Zangeronimo, N. O. Amaral and J. A. F. Lima. 2009. Características da carcaça e viabilidade econômica do uso de cloridrato de ractopamina para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita. *Ciência Rural*, Santa Maria, 39(3):844-851, mai-jun.
- Carr, S. N., P. J. Rincker, J. Killefer, D. H. Baker, M. Ellis and F. K. McKeith. 2005. Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, Champaign, 83:223-230.
- Crome, P. K., F. K. McKeith, T. R. Carr, D. J. Jones, D. H. Mowrey, and J. E. Cannon. 1996. Effect of ractopamine on growth performance , carcass composition and cutting yields of pigs slaughtered at 107 kg and 125 kg. *J. Anim. Sci.*, Champaign, 74:709-716.
- Dalla Costa, O. A. (2005). Efeitos do manejo pré-abate no bem-estar e na qualidade de carne de suínos. 2005. 162p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.
- Doizé, F., Laporte, R. and Deroth, L. 1989. Effects of exercise on skeletal muscle and serum enzyme activities in pigs. *Veterinary Research Communications*, 13:341-327.
- Gallo, C., M. Espinoza, J. Cid, J. Gasic. 1998. Pérdidas de peso y características de la canal en bovinos transportados por carretera durante 36 horas, con o sin abrevaje. *Resúmenes de la XXIII REUNIÓN ANUAL DE LA SOCIEDAD CHILENA DE PRODUCCIÓN ANIMAL*: 175-176. Chillán, Chile.

- Gella, J. Enzimologia Clínica. In: SASTRE, F. G. (Ed.). Bioquímica clínica. Barcelona: Barcanova, 1994. 113-124.
- Gispert, M.; Faucitano, L.; Guàrdia, M. D.; Oliver, M. A.; Coll, C.; Signes, K.; Harvey, K.; Diestre, A. 2000. A survey on pre-slaughter conditions, halothane gene frequency, and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs. *Meat Science*, Barking, v. 55, p. 97-106.
- Grandin, T. 1994. Farm animal welfare during handling, transport, and slaughter. *Journal American Veterinary Medical Association*, Schaumburg, 204:372-376.
- Grandin, T. 1998. The feasibility of using vocalization scoring as an indicator of poor welfare during cattle slaughter. *Applied Animal Behaviour Science*, Amsterdam, v. 56, p. 121-128.
- ITP. 1996. Institut Technique du Porc. Notation des hématomes sur couenne: porcs vivant ou carcasses. *Le Rheu*, 45 p.
- Jones, R. W., R. A. Easter, F. K. McKeith, R. H. 1985. Dalrymple, H. M. Maddock and P. J. Bechetel. 1985. Effect of the β -adrenergic agonist cimaterol (CL 283,780) on the growth and carcass characteristics of finishing swine. *J. Anim. Sci.*, Champaign, 61:905-913.
- Katirji, B. M. D. & M. A. M. D, Mohamed. 2001. Creatine Kinase Revisited. *Review. J. Clin. Neuromusc. Dis.* 2:158-163.
- Knowles, T.G. (1999). A review of road transport. *Veterinary Record*, 144:197- 201.
- Kramer, J. W. & Hoffmann, W. E. Clinical enzymology. In: KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. (Ed.) *Clinical biochemistry of domestic animals*. 5th. Ed. San Diego: Academic Press, cap. 12, p. 303-325, 1997.
- Liu, C. Y., A. L. Grant, K. H. Kim, S. Q. Ji, D. L. Hancock, D. B. Anderson, and S. E. Mills. 1994. Limitations of ractopamine to affect adipose-tissue metabolism in swine. *J. Anim. Sci.* 72:62–67.
- Ludtke, C. B., R. O. Roça, T. F. Silveira, J. D. S. Germano. 2006. Bem estar animal no manejo pré-abate e sua influência sobre a qualidade da carne suína. IN: V SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS – AveSui, 2006. Curso de Manejo, Pré-abate, Qualidade da Carcaça Suína, Tipificação e Cortes para o Mercado Interno e Externo, abr. 2005 - Florianópolis – SC.
- Machado Filho, L. C. P. and M. J. Hötzel. 2000. Bem-Estar dos Suínos. In: 5º SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 2000, São Paulo. Anais... Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 5:70-82.

- Marchant-Forde, J. N., D. C. Jr. Lay, E. A. Pajor, B. T. Richert and A. P. Schinckel. 2003. The effects of ractopamine on the behavior and physiology of finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, Champaign, 81:416-422.
- Marinho, P. C., D. O. Fontes, F. C. Oliveira, M. A. Silva, F. A. Pereira and C. L. C. Arouca. 2007. Efeito dos níveis de lisina digestível e da ractopamina sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. *Rev. Bras. de Zootecnia*, Viçosa, 36(6):1791-1798.
- Mills, S. E. 2001. Biological basis of the ractopamine response. *J. Anim. Sci.* 79(Suppl. 1):238 (Abstr.).
- Moberg, G. P. 2000. Biological response to stress: implications for animal welfare. In: Moberg, G. and Mench, J. A. *The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare*. Davis: University of California, 1-22.
- Morais, M. G., J. M. Rangel, J. S. Madureira and A. C. Silveira. 2000. Variação sazonal da bioquímica clínica de vacas aneladas sob pastejo contínuo de *Brachiaria decumbens*. *Arq. Bras. Med. Vet. e Zootecnia*, Belo Horizonte, 52(2):98-104, Apr.
- Patience, J. F., P. Shand, Z. Pietrasik, J. Merrill, G. Vessie, K. A. Ross and A. D. Beaulieu. 2009. The effect of ractopamine supplementation at 5 ppm of swine finishing diets on growth performance, carcass composition and ultimate pork quality. *Can. J. Anim. Sci.*, Ottawa, 89:53-66.
- Pérez, M. P., J. Palacio, M. P. Santolaria, M. C. Aceña, G. Chacón, J. H. Gascón, J. H. Calvo, P. Zaragoza, J. A. Beltran and S. Garcia-Belenguer. 2002. Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs. *Meat Science*, Burking, 61:425-433.
- Ricks, C. A., R. H. Dalrymple, P. K. Baker and D. L. Ingle. 1984. Use of β -adrenergic agonist to alter fat and muscle deposition in steers. *J. Anim. Sci.* 59:1247-1255.
- Sanches, J. F., C. Kiefer, M. Souza de Moura, C. M. Silva, M. Freitas da Luz and A. S. Carrijo. 2010. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação e mantidos sob conforto térmico. *Revista Ciência Rural*, Santa Maria, 40(2):403-408, fev.
- Santana, A.P, L.S. Murata, C.P. McManus, F.E.M. Bernal. 2009. Dosagem de cortisol sanguíneo em suínos submetidos ao manejo pré-abate e insensibilização elétrica. *Arch. Zootec.* 58 (221): 149-152.
- SAS. 2002. *System for Microsoft Windows*. Cary, NC: USA, Inst. Inc.

- Schaefer, A. L., S. D. M. Jones, A. K. W. Tong, A. M. B. DePassile, J. Rushen and J. K. Merrill. 1992. The effect of feeding the beta-adrenergic agonist ractopamine on the behavior of market-weight pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, Ottawa, 72:15-21.
- Scheffer, J. F. and F. H.D. González. 2003. Enzimologia clínica em medicina veterinária. In: Seminário de Bioquímica Clínica. Faculdade de Veterinária, UFRGS, 2003. Disponível em: http://www6.ufrgs.br/favet/lacvet/outras_publicacoes.php?tipo=4&id_publicacao=73. Acesso em: 19/03/2010.
- Schmidt, D. W., D. W. Crist and J. E. Wax. 1974. Muscle g-6-p and serum CPK as related to pork quality. *Journal of Animal Science*, 38:295-303.
- Schinckel, A. P., C. T. Herr, D. C. Kendall, K. A. Bowers, S. L. Hankins, and B. T. Richert. 2002a. Effect of a step-up or step-down ractopamine sequence on carcass primal cut weights. *J. Anim. Sci.* 80(Suppl. 2):55 (Abstr.).
- Schinckel, A. P., C. T. Herr, D. C. Kendall, J. C. Forrest, and B. T. Richert. 2002b. Effect of nutritional level while feeding ractopamine to late-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 80(Suppl. 2):79 (Abstr.).
- Shaw, F. D. and R. K. Tume. 1992. The Assessment of Pre-slaughter and Slaughter Treatments of Livestock by Measurement of Plasma Constituents – A Review of Recent Work. *Meat Science*, Barking, 32:311-329.
- Shaw, F. D. and G. R. Trout. 1995. Plasma and Muscle Cortisol Measurements as Indicators of Meat Quality and Stress in Pigs. *Meat Science*, Barking, 39:237-246.
- Stella, I. L. 2007. Comportamento suíno, interações com ractopamina e suas possíveis implicações na qualidade da carne. 53p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Ciência Animal e Pastagens)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.
- Stoller, G. M., H. N. Zerb, S. J. Moeller, T. J. Baas, C. Johnson and L. E. Watkins. 2003. The effect of feeding ractopamine (Paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetic lines of swine. *J. Anim. Sci.*, Champaign, 81:1508-1516.
- Tadich, N., G. Mendez, F. Wittwer and K. Meyer. 2000. Valores bioquímicos sanguíneos de equinos que tiran carretones en la ciudad de Valdivia (Chile). *Arch. Med. Vet.*, Valdivia, 29(1):171-183.

- Trapp, S. A., J. P. Rice, D. T. Kelly, A. Bundy, A. P. Schinckel and B. T. 2002. Evaluation of Four Ractopamine Use Programs on Pig Growth and Carcass Characteristics. In: Purdue University 2002 Swine Research Report, Purdue, 62-71, 2002. Disponível em: <<http://www.ansc.purdue.edu/swine/swineday/sday02/9.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2009.
- Uttaro, B. E., R. O. Ball, P. Dick, W. Rae, G. Vessie and L. E. Jeremia. 1993. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield and meat quality characteristics of crossbred swine. *J. Anim. Sci.*, Champaign, 71:2439-2449.
- Von-Borell, E. 1995. Neuroendocrine integration of stress and significance of stress for the performance of farm animals. *Appl. Anim. Behavior. Sci.*, Amsterdam, 44:219-227.
- Warriss, P. D., S. C. Kestin, T. P. Rolph and S. N. Brown. 1990a. The effects of the beta-adrenergic agonist Salbutamol on meat quality in pigs. *J. Anim. Sci.*, Champaign, 68:128-136.
- Warriss, P. D., S. N. Brown, T. P. Rodolph, and S. C. Kestin. 1990b. Interactions between the beta-adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. *J. Anim. Sci.*, Champaign, 68:3669 – 3676.
- Warriss, P.D., S. N. Brown, T. G. Knowles, S. C. Kestin, J. E. Edwards, S. K. Dolan and A. J. Phillips. 1995. Effects on cattle of transport by road for up to 15 hours. *Veterinary Record*, 136:319-323.
- Warriss, P. D., S. N. Brown, P. Barton-Gade, C. Santos, L. Nanni Costa, E. Lambooj, and R. Geers. 1998. An analysis of data relating to pig carcass quality indices of stress collect in the European Union. *Meat Science*, Barking, 49:137-144.
- Watkins, L. E., D. J. Jones, D. H. Mowey, D. B. Anderson and E. L. Veehuizen. 1990. The effect of various levels of ractopamine hydrochloride on the performance and carcass characteristics of finishing swine. *Journal of Animal Science*, Champaign, 68:3588-3595.
- Weber, T. E., B. T. Richert, M. A. Belury, Y. Gu, K. Enright and A. P. Schinckel, A. P. 2006. Evaluation of the effects of dietary fat, conjugated linoleic acid, and ractopamine on growth performance, pork quality, and fatty acid profiles in genetically lean gilts. *J. Anim. Sci.*, Champaign, 84:720-732.

- Wood, J. D., J. Wiseman and D. J. A. Cole. 1994. Control and manipulation of meat quality. In: Cole, D. J. A., J. Wiseman and M. A. Varley (Eds.). Principles of pig science, London: Nottingham University Press, 446-448.
- Xiong, Y. L., M. J. Gower, C. Li, C. A. Elmore, G. L. Cromwell and M. D. Lindemann. 2006. Effect of dietary ractopamine on tenderness and postmortem protein degradation of pork muscle. *Meat Science*, Burking, 73:600-604.
- Zagury, F. T. R. 2002. Efeito da ractopamina na ração sobre o crescimento, composição da carcaça e qualidade de carne de suínos. 46p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.

CAPÍTULO 5

IMPLICAÇÕES

O bem-estar animal na suinocultura brasileira, juntamente com as questões de sanidade, segurança alimentar e meio ambiente serão os grandes desafios nos próximos anos. Os sistemas de produção de suínos deverão ser adequados visando atender as exigências do mercado, que busca tanto qualidade quanto quantidade do produto final.

Neste contexto, a ractopamina apresenta-se como uma alternativa por promover melhorias no desempenho e nas características de carcaça, sem prejudicar a qualidade da carne suína. Porém, há uma preocupação emergente com a questão do bem-estar animal, que já reflete em barreiras comerciais impostas por diversos países. Assim, a tendência é o direcionamento da produção visando uma “qualidade ética” do produto, onde a carne suína, além de conter os atributos de qualidade atuais, deverá ser oriunda de animais que foram criados, manejados e abatidos (abate humanitário) de forma que se enquadre nos padrões de bem-estar animal e criados no sistema de produção sustentável do ponto de vista ambiental.

Considerando esses fatos, a avaliação da susceptibilidade ao estresse de suínos suplementados ractopamina em condições de produção comercial, torna-se uma ferramenta importante para verificar se esses suínos se enquadram nos padrões de bem-estar exigidos para que sejam futuramente comercializados no mercado mais exigente.

Há escassez de estudos avaliando o comportamento de suínos que receberam dietas suplementadas com ractopamina, avaliando a toxicidade e resíduos presentes nas carnes provenientes desses animais e também seu impacto ambiental. Assim, o uso da ractopamina na suinocultura industrial deve ser incansavelmente investigado, a fim de verificar todos os efeitos e reflexos, sejam eles no comportamento do animal, nos resíduos na carne, no ambiente e nos consumidores dessa carne.

ANEXOS

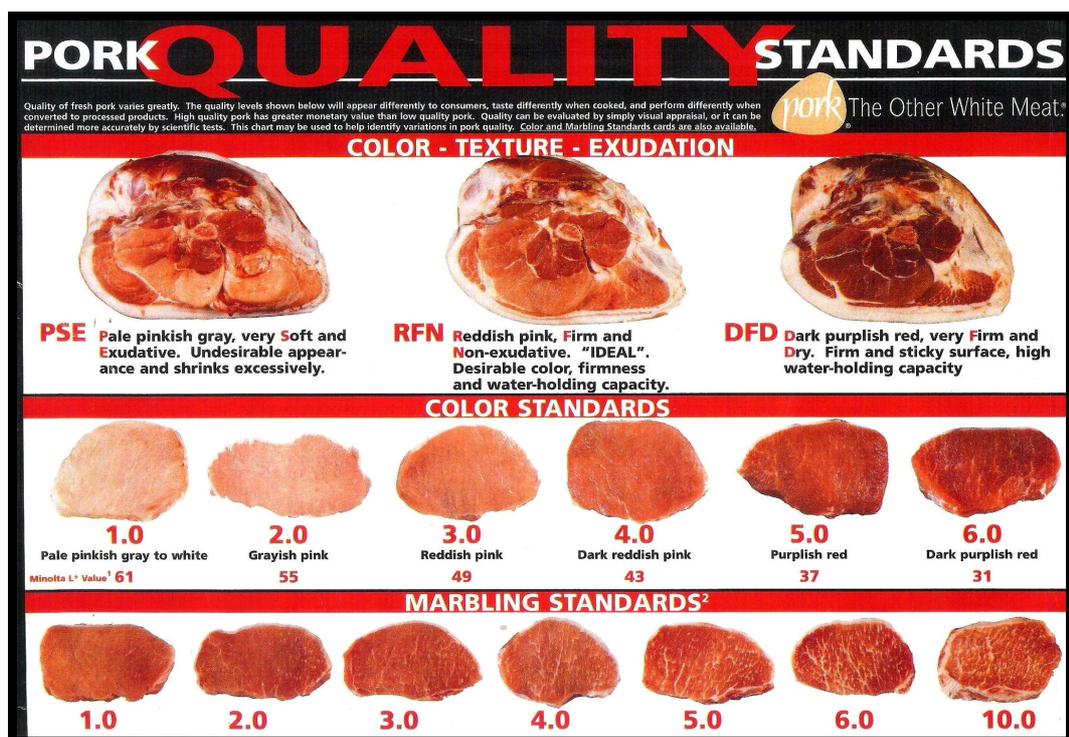


Figura 1. Padrão da Qualidade de Carne Suína: painel de cores utilizado para mensurar coloração da carne – método subjetivo (Padrão Japonês) e objetivo (Kônica Minolta), e escala de grau de marmoreio da carne suína (AMSA, 2001)



Figura 2. Balança utilizada para pesagem dos suínos na instalação do experimento e no dia do embarque dos animais



Figura 3. a) Misturador de Rações BMV-500E. b) Silos utilizados para armazenamento das rações do experimento. c) Interior do galpão, destaque para os reservatórios de ração.



Figura 4. “Meat juice containers” ou “Fleischsafttrichter”.

Tabela 1. Médias e coeficientes de variação do consumo de ração por baía durante o período total do experimento (28 dias)

	<i>Ractopamina (ppm)</i>			Média	CV ¹ (%)
	0	5	10		
<i>Consumo de ração por baía² (kg)</i>					
Fêmea	843,5	848,5	805,1	832,4 a	
Macho	843,7	876,1	863,9	861,2 a	
Média	843,6 A	862,3 A	834,5 A	846,8	5,2

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na vertical (condição sexual) e maiúsculas na horizontal (tratamento) diferem ($P < 0,05$) pelo teste T de Student. ¹- CV = coeficiente de variação; ²- Valor avaliado durante os 28 dias do experimento.