

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

SUSCEPTIBILIDADE AO ESTRESSE, DESEMPENHO E  
QUALIDADE DE CARNE DE SUÍNOS DE DIFERENTES  
CATEGORIAS DE CASTRAÇÃO E NÍVEIS DE RACTOPAMINA

NATÁLIA BORTOLETO ATHAYDE

Tese apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia como  
parte das exigências para obtenção do  
Título de Doutor em Zootecnia.

BOTUCATU - SP

Junho - 2013

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

SUSCEPTIBILIDADE AO ESTRESSE, DESEMPENHO E  
QUALIDADE DE CARNE DE SUÍNOS DE DIFERENTES  
CATEGORIAS DE CASTRAÇÃO E NÍVEIS DE RACTOPAMINA

NATÁLIA BORTOLETO ATHAYDE  
Zootecnista

ORIENTADOR: PROF. DR. ROBERTO DE OLIVEIRA ROÇA  
CO-ORIENTADOR: DR. OSMAR ANTONIO DALLA COSTA

Tese apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia como  
parte das exigências para obtenção do  
Título de Doutor em Zootecnia.

BOTUCATU - SP  
Junho – 2013

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

Athayde, Natália Bortoleto, 1984-  
A865s      Susceptibilidade ao estresse, desempenho e qualidade de carne de suínos de diferentes categorias de castração e níveis de ractopamina / Natália Bortoleto Athayde. - Botucatu : [s.n.], 2013  
            xiii, 76 f. : il., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2013  
Orientador: Roberto de Oliveira Roça  
Coorientador: Osmar Antonio Dalla Costa  
Inclui bibliografia

1. Suíno. 2. Suíno - Imunologia. 3. Suíno - Carcaças. 4. Castração. 5. Carne. 6. Animais - Proteção. 7. Nutrição animal. 8. *Adrenergic beta agonists*. I. Roça, Roberto de Oliveira. II. Dalla Costa, Osmar Antonio. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. IV. Título.

*“Lute com determinação. Abrace a vida com paixão. Perca com classe e vença com ousadia. Porque o mundo pertence a quem se atreve e a vida é muito para ser insignificante.”*

*Charles Chaplin*

*“Insista, persista e não desista!”*

*Autor desconhecido*

*“Deus olha por todos. Mas em nós, ele foca!”*

*Autor desconhecido*

*Dedico este trabalho...*

*À pessoa que contribuiu de forma assídua e necessária,*

*À quem sempre me incentivou e apoiou;*

*À quem me motivou e efetivamente orientou;*

*À quem, em momento algum, deixou de acreditar na minha competência;*

*Aquele que começou como mestre e “terminou” como um grande amigo...*

*Roça, esta é para você!*

## Agradecimentos

Esta seção de agradecimentos tem valor especial para mim porque é o espaço que tenho para agradecer as tantas formas de apoio que recebi neste período de planejamento, realização do experimento, adaptações a novas cidades, novas casas, novas situações e desafios. Assim, gostaria de dar atenção minuciosa a cada um que me auxiliou, ensinou, motivou, abraçou e fez, direta ou indiretamente, esta tese acontecer.

Inicialmente, gostaria de registrar o meu eterno respeito aos suínos. Meus esforços e dedicação são voltados para que estes animais possam ter uma vida mais digna.

Ao meu Pai, Eduardo Athayde, pelas dicas preciosas, exemplo de vida, por ensinar que viver vale a pena e que não devo me deixar intimidar por pouca coisa.

À minha mãe, Wilza Margarete Bortoleto Athayde, pela incansável dedicação, amor, carinho e compreensão incondicional. Obrigada por ter dito naquelas noites insones: “Filha, pare um pouco e vá descansar!”.

Às minhas irmãs Clarissa Bortoleto Athayde de Medeiros e Marina Bortoleto Athayde e minha querida avó Maria Conceição Bortoleto pelo companheirismo e carinho.

À minha sobrinha Sofia Athayde de Medeiros, pelo inocente brilho no olhar que me faz querer viver mais.

Ao Prof. Roberto de Oliveira Roça, Mestre e amigo, pela confiança, pelo apoio incondicional, oportunidade e incansáveis orientações concedidas.

Ao Osmar Antonio Dalla Costa pela co-orientação desta tese.

Agradeço imensamente à excelente equipe multidisciplinar da Embrapa Suínos e Aves, formada por estagiários, assistentes, analistas e pesquisadores, a qual sempre esteve disposta a ajudar e fazer acontecer: ao pesquisador, mestre e amigo Antônio Lourenço Guidoni pelas tantas horas de planejamento, conversas filosóficas e pelos ensinamentos. À Letícia dos Santos Lopes apoio na parte estatística do projeto. Ao pesquisador e conselheiro Gustavo J. M. M. de Lima pelas lições de vida e apoio técnico durante todo o experimento. À grande pesquisadora e incentivadora Terezinha Marisa Bertol pelas preciosas dicas e apoio para a realização do estágio no Meat Science Laboratory da University of Illinois at Urbana-Champaign. Ao admirável jornalista Jean Carlos Porto Vilas Boas Souza, pelo apoio, ensinamentos e preciosa contribuição para redação dos trabalhos produtos desta tese. Ao Núcleo de Apoio

Técnico, Dirceu da Silva, Edio Luiz Klein, Neilor Manuel Armiliato, Luiz Carlos Ajala, Edison Roberto Bomm, Idair Pedro Piccinin por todo o esforço para que o experimento à campo saísse nos conformes e nas avaliações de qualidade de carne logo após o abate dos animais. Agradeço imensamente ao Adelar Kerber, Geordano Dalmédico, Darci Dambrós Júnior e Paulo da Silva Pinto Jr. pelas horas investidas com assistência na área de informática. Aos meninos da manutenção André Luiz da Silva, Agenor Ferreira, José Luiz Giordani, Ozair Deniz de Brito e Diomar Adimar Bender e ao Dilson Holdefer e Valdir José Hegler da área de apoio aos projetos pelo apoio na etapa experimental e pelos tantos sacos de ração carregados... Aos motoristas Claudino Darci Peters, Ronaldo Ivan Chaves e Eloi Pilonetto por sempre conduzirem os veículos com cuidado para entregar as rações na granja sempre fresquinhas. Ao pessoal da fábrica de rações Iles Pilonetto, Miguel H. Klassmann e Claudir M. Klassmann pelo profissionalismo na fabricação das rações experimentais.

Aos graduandos e futuros zootecnistas e médicos veterinários da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho e Universidade Estadual do Mato Grosso pela dedicação e auxílio em parte das avaliações de qualidade de carne: Renato Tonhá Alves Júnior, Haymora Faria Da Silva, Letícia de Fátima Carvalho, Érika Ramos Pivetta, Sâmea Fernandes Joaquim e Juliana Machado Homem.

Ao meu competente amigo Lúcio Vilela Carneiro Girão pelo apoio nas avaliações de qualidade de carne, discussões, pelos conselhos, dicas e por me auxiliar nos momentos de sufoco.

Aos meus companheiros do departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial: Hélio de Almeida Ricardo, Ernani Nery de Andrade, Giulianna Zilocchi Miguel, Marcelo Henrique de Faria, Quézia Pereira Borges da Costa, Carolina Toledo dos Santos, Nara Laiane Casagrande Delbem, Angelo Polizel Neto e Aurélia Pereira de Araújo, pela alegria do convívio diário, amizade, dicas e pelas tantas risadas.

Aos funcionários do departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial Wilson, Cecília, Nilton, João e Dona Cida pelo apoio desde o cafezinho nas horas de distração até o auxílio para correto funcionamento dos equipamentos no laboratório.

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.

Aos proprietários das 17 granjas de suínos na região centro-oeste de Santa Catarina onde os 1160 suínos foram selecionados para o experimento. Ao proprietário da granja situada em Seara, onde os suínos foram criados durante a fase de creche e

ao senhor Sérgio Rhoden e sua família pela confiança, ensinamentos e pela gentileza em abrir as porteiras da sua propriedade em Itá/SC para instalação do experimento desde a fase de crescimento até a terminação.

Às minhas irmãs de coração Cassiele Dalle Daste, Lorimar Pellizzaro, Juliana Spanguero Nakayama, Rosângela do Nascimento Fernandes, Namíbia Teixeira e Thaila Cristina Putarov pelos momentos de cumplicidade e amizade.

À Cooperativa de Produção e Consumo Concórdia (COPÉRDIA), em nome de Clênio Arboit, Cooperativa Central Oeste Catarinense (Aurora Alimentos Ltda.) e Pfizer Animal Health, 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 Bolsa de Doutorado concedida. Gostaria de ressaltar que esta fundação, por meio da Reserva Técnica da Bolsa de Doutorado, viabilizou a realização do estágio na área de qualidade de carne, no Meat Science Laboratory da University of Illinois at Urbana-Champaign, Illinois, EUA. Este estágio contribuiu imensamente para o meu aprimoramento nesta área.

À toda equipe do Meat Science Laboratory da University of Illinois at Urbana-Champaign, pelos ensinamentos, treinamentos e troca de experiências durante o estágio realizado em Illinois, EUA, especialmente aos pesquisadores Dr<sup>a</sup>. Anna Carol Dilger e Dr. Floyd McKeith; aos pós-graduandos Arica Baer, Bradley Kevin Lowe, Benjamin Cole Peterson, Daniel Clark, Diana Pezza, Hunter Galloway, Katelyn Jones-Hamlow, Marcos Tavares, Ryan Herrick e às graduandas Amanda Kazmierczak, Tonimarie Ebbola e Jackie McCarten.

Aos mestres Prof. Dr. Dirlei Antonio Berto, Prof. Dr. José Roberto Sartori, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Jacinta Diva Ferrugem Gomes e Prof. Dr. Marcelo Henrique Faria pelas sensatas e importantes contribuições na revisão desta tese.

À cada um de vocês, o meu MUITO OBRIGADA!!!



## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
CAPÍTULO 1.....	01
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	02
1. Introdução.....	02
2. Panorama da produção de carne suína.....	03
3. Imunocastração.....	03
3.1. Desempenho e características de carcaça de machos inteiros e castrados cirurgicamente.....	05
3.2. Legislação.....	05
4. Ractopamina.....	06
4.1. Estrutura.....	06
4.2. Mecanismo de ação.....	06
4.3. Benefícios do uso.....	07
4.4. Efeitos na qualidade de carne.....	08
pH.....	09
Cor.....	09
Perdas por exsudação e cocção.....	10
Força de cisalhamento.....	10
Marmorização.....	11
5. Uso de ractopamina para suínos imunocastrados.....	11
6. Referências.....	12
 CAPÍTULO 2.....	 20
EFEITOS DO USO DA RACTOPAMINA E DA CATEGORIA DE CASTRÇÃO DE SUÍNOS SOBRE O DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA	
Resumo.....	21
Introdução.....	22
Material e Métodos.....	24
Local, animais e manejo.....	24
Avaliação do desempenho.....	28
Manejo pré-abate.....	28
Avaliação das características de carcaça.....	28
Análise Estatística.....	29

Resultados.....	30
Discussão.....	35
Conclusão.....	40
Literatura Citada.....	41
CAPÍTULO 3.....	48
SUSCEPTIBILIDADE AO ESTRESSE E QUALIDADE DE CARNE DE SUÍNOS DE DIFERENTES CATEGORIAS DE CASTRAÇÃO E NÍVEIS DE RACTOPAMINA	
Resumo.....	49
Introdução.....	51
Material e métodos.....	52
Local, animais e manejo.....	52
Manejo pré-abate.....	56
Avaliações dos parâmetros fisiológicos do estresse.....	56
Avaliações de qualidade de carne.....	57
Análise Estatística.....	59
Resultados.....	60
Discussão.....	64
Conclusão.....	67
Literatura citada.....	67
CAPÍTULO 4.....	73
IMPLICAÇÕES.....	74
ANEXO.....	75

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIMBOLOS E SIGLAS

**µg** - microgramas

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

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

**AC** - enzima adelinato ciclase

**AGPIC** - linhagem comercial de suíno reprodutor desenvolvida pela empresa AGROCERES

**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<sub>j</sub>** - é o efeito de faixa de peso (fator blocagem);

**c<sub>i</sub>** - é o efeito da categoria de castração;

**CA** - conversão alimentar

**CEUA** - Câmara de Ética no Uso de Animais

**CGI** - Coordenação Geral de Inspeção

**CIELAB** - sistema mais utilizado para avaliações de cor em alimentos

**cm** - centímetros

**COPERDIA** - Cooperativa de Produção e Consumo Concórdia

**CTC** - Centro de Tecnologia de Carnes

**CRD** - consumo de ração diário

**dL** - decilítros

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

**DICS** - Divisão de Inspeção de Carnes e Derivados se Suínos

**DIPOA** - Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal

**DNA** - sigla inglesa de *deoxyribonucleic acid* - ácido desoxirribonucleico

**e<sub>ijk</sub>** - é o erro aleatório não observável suposto seguir a distribuição normal de média zero e variância constante  $\sigma^2$

**EM** - energia metabolizável

**EPO4** - enzima fosforilada

**ET** - espessura de toucinho

**et<sub>ik</sub>** - é o efeito da interação castração x ractopamina;

- FAPESP** - Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo
- FDA** - *Food and Drugs Administration*, Administração de drogas e alimentos
- FMVZ** - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
- g** - gramas
- GnRH** - hormônio liberador de gonadotrofina
- GPD** - ganho de peso diário
- ITAL** - Instituto de Tecnologia de Alimentos
- kg** - quilogramas
- L** - litros
- L\*** - luminosidade, brilho ou reflectância
- LD** - músculo *Longissimus dorsi*
- Ltda.** - Limitada
- m<sup>2</sup>** - metros quadrados
- MAPA** - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
- Mb** - mioglobina
- MC** - macho castrado
- MI** - macho imunocastrado
- ml** - mililitros
- mmol** - milimol
- n** - amostragem
- NPPC** - *National Pork Production Council*, Conselho Nacional de Produção de Carne Suína
- °C** - Graus Celsius
- PB** – proteína bruta
- PCQ** - peso de carcaça quente
- pH** - potencial hidrogênio iônico
- pH<sub>i</sub>** - pH inicial, avaliado 45 minutos após o abate
- pH<sub>u</sub>** - pH final, avaliado 24 horas após o abate
- PM** - profundidade de músculo
- ppm** - partes por milhão
- PSE** - sigla inglesa de *Pale, Soft, Exudative* - carne pálida, flácida, exsudativa
- r<sub>k</sub>** - é o efeito de nível de ractopamina;
- rpm** - rotações por minuto
- SAS** - *Statistical Analysis System*, Sistema de Análise Estatística
- SC** - Santa Catarina

**SDA** - Secretaria de Defesa Agropecuária

**SEM** - maior erro-padrão encontrado

**UI** – Unidades Internacionais

**UNESP** - Universidade Estadual Paulista

**V** - voltz

$y_{ijk}$  - é a observação da resposta pertencente à faixa de peso  $j$ , categoria de castração  $i$  e nível de ractopamina  $k$ ;

$\beta$  - beta

**$\beta$ AR** - receptor  $\beta$ -adrenérgico

% - porcentagem

**%CM** - porcentagem de carne magra

® - marca registrada

## LISTA DE TABELA

	<b>Página</b>
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>Tabela 1</b> - Categorização dos suínos em função dos pesos.....	25
<b>Tabela 2</b> - Composições centesimal e calculada das dietas experimentais fornecidas 28 dias antes do abate.....	27
<b>Tabela 3</b> - Efeito das categorias de castração de suínos (machos castrados - MC ou imunocastrados - MI) sobre o desempenho na fase de creche (27 a 60 dias).....	31
<b>Tabela 4</b> - Efeito das categorias de castração (machos castrados - MC ou inteiros/imunocastrados - MI) e da suplementação de ractopamina (Rac) na ração, e suas interações sobre o desempenho dos suínos nos períodos dos 60 aos 135 dias, 136 aos 164 dias e dos 60 aos 164 dias de idade.....	32
<b>Tabela 5</b> - Efeito das categorias de castração (machos castrados - MC ou imunocastrados - MI), suplementação de ractopamina (Rac) na ração, e suas interações sobre as características de carcaça de suínos.....	34
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>Tabela 1</b> - Categorização dos suínos em função dos pesos.....	53
<b>Tabela 2</b> - Composições centesimal e calculada das dietas experimentais fornecidas 28 dias antes do abate.....	55
<b>Tabela 3</b> - Efeito da suplementação de ractopamina na ração, categorias de castração e suas interações sobre os parâmetros de qualidade da carne do músculo <i>Longísimus dorsi</i> de suínos.....	62
<b>Tabela 4</b> - Efeito da suplementação de ractopamina na ração, imunocastração e suas interações sobre as os parâmetros fisiológicos do estresse de suínos.....	63

## LISTA DE FIGURA

	<b>Página</b>
CAPITULO 1	
<b>Figura 1</b> - Mecanismo de ação dos agonistas $\beta$ -adrenérgicos.....	07
CAPÍTULO 2	
<b>Figura 1</b> - Cronologia do experimento.....	26
CAPÍTULO 3	
<b>Figura 1</b> - Cronologia do experimento.....	54
ANEXO.....	76
<b>Anexo 1</b> - 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).....	77

## CAPÍTULO 1



## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

### 1. Introdução

O mercado consumidor está cada vez mais exigente com relação à qualidade dos produtos cárneos que devem conter propriedades que determinem sua utilidade para o comerciante, a atração para o consumidor e a adequação para processamento posterior. Neste sentido, são importantes as características de retenção de água, cor, textura, sabor e aroma. 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 o desempenho, sem prejudicar o bem-estar dos animais. Dentre as alternativas estão a imunocastração e a ractopamina.

A imunocastração é uma técnica inovadora que visa a castração de suínos machos, feita através de uma vacina que atua inibindo a função testicular. A castração de suínos é uma prática de manejo necessária para controlar o odor de macho inteiro, odor e sabor desagradáveis perceptíveis ao cozinhar carne de suínos machos não castrados, causado principalmente pelo acúmulo de androstenona e escatol no tecido adiposo. No Brasil, é uma medida obrigatória conforme consta no artigo 121 do RIISPOA, Decreto 30.691 de 29/03/1952, alterado pelo Decreto 1255 de 25/06/1962. Entretanto, os machos castrados cirurgicamente crescem mais lentamente, consomem mais ração, apresentam carcaças com mais teor de gordura e têm maior índice de mortalidade ainda na maternidade.

A ractopamina é um agonista  $\beta$ -adrenérgico que vem sendo utilizado como repartidor de energia em dietas de suínos na fase de terminação. Segundo as pesquisas, o uso da ractopamina promove melhora no desempenho zootécnico (STOLLER et al., 2003; MARINHO et al., 2007; SANCHES et al., 2010), redução da quantidade de gordura subcutânea (RUTZ & XAVIER, 1998) e aumento da quantidade de carne magra na carcaça (WILLIAMS et al., 1994; STOLLER et al., 2003), sem alterar a qualidade da carne (PATIENCE et al., 2009).

Porém, alguns autores encontraram efeitos negativos da ractopamina sobre vários aspectos como alteração do comportamento, aumento da frequência cardíaca, e perfil das catecolaminas epinefrina e norepinefrina de suínos em terminação, o que os tornou mais difíceis de manejar (MARCHANT-FORDE et al., 2003).

Além disso, Scott et al. (2000) demonstraram que suínos de linhagens para elevada deposição de carne magra são mais difíceis de serem manejados. 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 carne PSE (pálida, flácida e exsudativa) e baixo rendimento tecnológico nos processamentos.

## **2. 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. Segundo Roppa (2009), 39,5% da carne consumida no mundo é suína. A União Européia é maior consumidora desta carne, 42,68 kg/pessoa/ano (ROPPA, 2009), e no Brasil, segundo projeção do ABIPECS (2012a), o consumo chegou a 15,10 kg/pessoa/ano em 2011.

A produção mundial de carne suína chegou a 101 milhões e 127 mil toneladas, em 2011 (ABIPECS, 2012b), sendo os maiores produtores a China (48,95%), União Européia (22,28%) e Estados Unidos (10,16%) (ABIPECS, 2012b). Em 2011, o Brasil realizou o abate fiscalizado de 30.807.512 cabeças de suínos (ABIPECS, 2012c) e continua na posição de 4º maior produtor mundial (3,23%), com mais de 3 milhões e 227 mil toneladas de carne. A região Sul detém 65,02% da produção nacional de carne suína, sendo o estado de Santa Catarina o maior produtor com 782,1 mil toneladas (ABIPECS, 2012d).

Segundo informações da ABIPECS (2012e), as exportações brasileiras de carne suína em 2011 chegaram a 582 mil toneladas, totalizando 18,04% do total produzido. Os restantes 81,96% foram consumidos no mercado interno. Em janeiro de 2013, o Brasil exportou 40 mil e 118 toneladas de carne suína, sendo que os principais destinos das exportações brasileiras de carne suína foram Rússia (29,76%) Hong Kong (21,11%), Ucrânia (16,50%), Angola (7,73%), Cingapura (5,05%), Argentina (3,89%), Uruguai (3,62%), Geórgia (2,33%), Emirados Árabes Unidos (1,47%), Camarões (1,35%) e outros (7,19%) (ABIPECS, 2012f).

## **3. Imunocastração**

O odor sexual presente na carne suína, causado principalmente pelo acúmulo de androstenona e escatol no tecido adiposo, é um problema significativo na qualidade da carne oriunda de suínos machos inteiros. A androstenona é um ferormônio esteróide produzido nos testículos e o escatol é um subproduto da degradação do

triptofano pelas bactérias lácticas no trato digestivo que cairá na corrente sanguínea, será absorvido pelo tecido adiposo e eliminado nas fezes e na urina. Ambas as substâncias, altamente lipofílicas, são seqüestradas pelo tecido adiposo dos suínos e devido à alta volatilidade, são liberadas durante aquecimento e o cozimento, liberando odor e sabor indesejáveis.

Há, basicamente, duas soluções para este problema: o abate antes da maturidade sexual e, mais comumente, a castração cirúrgica comumente realizada antes do desmame. Porém, essas práticas possuem inconvenientes. O abate de suínos leves leva a perdas de rendimento e produção, enquanto a castração de suínos jovens, apesar de impedir a produção endógena de esteróides masculinos que dão origem ao acúmulo de androstenona e escatol, provoca aumento da gordura na carcaça, menor rendimento de carne magra, além da redução na eficiência de crescimento. Outra desvantagem do método cirúrgico (que consiste em fazer a extração dos testículos, na maioria das vezes sem anestesia), é causar impacto na saúde e bem-estar dos animais.

A preocupação com o bem-estar animal segue uma trajetória ascendente e já foi transformada em barreira comercial por muitos países. Na União Européia, por exemplo, até 2018, não será mais permitida a castração cirúrgica. Neste contexto, há uma busca por alternativas ao método cirúrgico de castração, como a imunocastração.

A vacina (Improvac<sup>®</sup>/Vivax<sup>®</sup>; Pfizer Saúde Animal) age estimulando a produção de anticorpos contra o fator de liberação de gonadotrofinas endógenas (GnRF). O GnRF endógeno estimula o eixo hipófise-gonadal, que nos machos inteiros resultam na síntese de esteróides, incluindo testosterona e androstenona. A supressão da síntese de esteróides testiculares, não apenas previne a produção de androstenona, como também acelera a degradação de escatol. Assim, o efeito de induzir anticorpos contra GnRF circulante é a inibição da função testicular e a redução de androstenona e escatol a níveis inferiores à detecção do consumidor.

Hennessy et al. (2006) avaliaram os atributos sensoriais e a aceitabilidade da carne suína oriunda de machos imunocastrados com Improvac<sup>®</sup>, fêmeas e machos castrados cirurgicamente e constataram que a carne dos suínos imunocastrados foram aceitas tão bem quanto a dos outros tipos analisados. Esses mesmos autores também verificaram melhor desempenho e qualidade de carcaça dos imunocastrados comparadas aos machos castrados cirurgicamente.

### **3.1. Desempenho e características de carcaça de machos inteiros e castrados cirurgicamente**

Em relação ao desempenho, há superioridade dos machos inteiros em relação aos castrados e isso tem sido constatado na maioria dos trabalhos científicos encontrados na literatura (XUE et al., 1997 e FAVERO, 2000). Xue et al. (1997) também encontraram um número significativo de referências comprovando as vantagens dos machos inteiros sobre os castrados em relação às características de carcaça.

Porém, há algumas limitações na produção e abate de machos inteiros em função da possibilidade do tecido gorduroso desses animais apresentarem odor e sabor desagradáveis. A literatura mostra que os teores de androstenona na gordura de machos inteiros variam de 0,0 a 5,0 ppm, dependendo, principalmente, do peso, maturidade sexual ou idade e genótipo (CLAUS et al., 1994; ANDERSON et al., 1997 e BONNEAU et al., 1997). Já os teores de escatol variam de 0 a 0,8 ppm (XUE et al., 1995 e BONNEAU et al., 1997). Os limites de rejeição para o escatol na gordura variam de 0,20 a 0,25 ppm e o limite máximo para androstenona é de 0,5 ppm (BONNEAU et al., 1992; XUE et al., 1995; ANNOR-FREMPONG et al., 1997a,b e OLIVEIRA et al., 1999).

### **3.2. Legislação**

A vacina está em processo de registro nos Estados Unidos, Ásia e América Latina, e é comercializada na Austrália e Nova Zelândia desde 1998. Na União Europeia a vacina foi aprovada em 2009 (SKRLEP et al. 2010).

No Brasil, o registro já foi aprovado, após testes realizados pelo Centro de Tecnologia de Carnes do Instituto de Tecnologia de Alimentos (CTC/ITAL) e estão sendo feitos testes comerciais em grande escala com as sete maiores empresas de carne do País. Nestes testes, os suínos imunocastrados com testículos maiores que 110 mm são amostrados, por meio da remoção de gordura costo-lombar, para realização do teste de cocção por agentes da Inspeção Federal, sob supervisão do médico veterinário responsável pela empresa de abate. Mesmo não apresentando o odor sexual por meio do teste de cocção, amostras destes mesmos animais são embaladas a vácuo e enviadas para avaliação química do escatol e androstenona no laboratório de Físico Química do CTC – ITAL, Campinas/SP.

O abate brasileiro de suínos imunocastrados por meio de vacina está aprovado, dentro das condições e critérios constantes na Informação/Diversa Nº

061/2007/DICS/CGI/DIPOA, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)/Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA)/Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA)/Coordenação Geral de Inspeção (CGI)/Divisão de Inspeção de Carnes e Derivados de Suínos (DICS), de acordo com a Circular Nº 001/2007/DICS/CGI/DIPOA de 03 de maio de 2007.

#### **4. Ractopamina**

##### **4.1. Estrutura**

A ractopamina é um agonista  $\beta$ -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  $\alpha$  e  $\beta$ -adrenérgicos e são caracterizados pela presença de um anel aromático, uma cadeia lateral da etanolamina e o nitrogênio alifático (CANTARELLI, 2007).

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.

##### **4.2. Mecanismo de ação**

O mecanismo de ação mais sugerido aponta para a membrana celular, onde um receptor é estimulado pelo agonista  $\beta$ -adrenérgico (CANTARELLI, 2007). Segundo Moody et al. (2000) o complexo  $\beta$ -adrenérgico/receptor ( $\beta$ 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 (APO<sub>4</sub>), 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 (Figura 1).

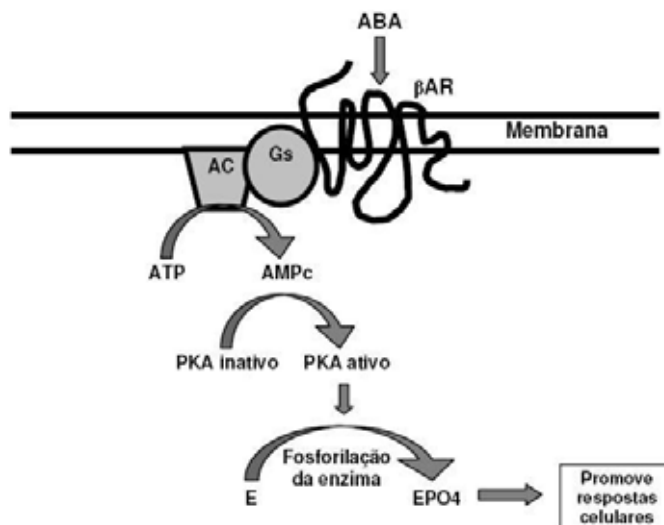


Figura 1 - Mecanismo de ação dos agonistas  $\beta$ -adrenérgicos. ABA - agonista  $\beta$ -adrenérgicos;  $\beta$ AR – receptor  $\beta$ -adrenérgicos; Gs – proteína ativa; AC - enzima adelinato ciclase; ATP – trifosfato de adenosina; AMPc – monofosfato cíclico de adenosina; PKA – proteína quinase A; E – enzima; EPO4 – enzima fosforilada. (Moddy et al., 2000, adaptado por Cantarelli, 2007).

#### 4.3. Benefícios do uso

A ractopamina faz parte do grupo dos agonistas  $\beta$ -adrenérgicos que foram autorizados para uso na indústria suinícola pelo *Food and Drugs Administration* (FDA) em 1999. Esse aditivo há muito vem sendo estudado 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  $\beta$ -adrenérgicos serem eliminados, sobretudo pela urina e pelas fezes, não prejudica a qualidade do solo ou da água.

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 profundidade de músculo.

Page et al. (2004) demonstraram que agonistas  $\beta$ -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 zootécnico dos animais, 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 a mesma pode acarretar algumas alterações em qualidade de carne (STOLLER et al., 2003).

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 m<sup>2</sup>/suíno) durante a etapa de terminação.

Várias pesquisas têm avaliado o efeito da ractopamina em suínos machos castrados cirurgicamente e marrãs (UTTARO et al., 1993; WILLIAMS et al., 1994; ELANCO, 1999), mas poucos estudos têm sido realizados com marrãs.

#### **4.4. Efeitos na 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. A qualidade da carne 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).

### **pH**

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  $\beta$ -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 (WILLIAMS, 1987; WARRISS et al., 1989). Porém, muitos estudos não encontraram diferenças nos valores de  $pH_u$  para suínos alimentados com rações contendo ractopamina, em relação aos animais controle (AALHUS et al., 1990; DUNSHEA et al., 1993; STITES et al., 1994; STOLLER et al., 2003).

### **Cor**

A coloração da carne de suínos é uma importante característica de impacto na percepção dos consumidores (BREWER & MCKEITH, 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  $\beta$ -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 que não receberam ractopamina na dieta.



Entretanto, os mesmos autores avaliando presunto curado, demonstraram que os animais que receberam ractopamina tiveram valores de  $L^*$  menores do que os do grupo que não receberam, mas não foram observadas diferenças nos valores de cor  $a^*$  e  $b^*$ . Stites et al. (1994) não verificaram diferenças no escore de cor da carne de suínos alimentados com dietas contendo 0, 4,5, 9 e 18 ppm de ractopamina.

### **Perdas por exsudação e cocção**

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

Carter et al. (1991) e Cardoso & Stock (1996) verificaram, que a diminuição da gordura da carcaça é acompanhada pelo 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 nos animais controle.

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

O aumento na quantidade de água nas carnes provenientes de animais suplementados com agonistas  $\beta$ -adrenérgicos refletiu em maior perda de água por cocção (RAMOS & SILVEIRA, 2002).

### **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 importantes 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  $\beta$ -adrenérgicos em suínos leva à obtenção de 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 a carne de suínos alimentados com ração contendo ractopamina tiveram no geral menos 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 e menor perda de água por cocção em relação ao Duroc.

### **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, enquanto a avaliação objetiva consiste na análise química do músculo.

Stites et al. (1991) e Crome et al. (1996) não observaram diferenças 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, 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 na marmorização dos músculos avaliados no grupo controle e no alimentado com dieta contendo ractopamina.

## **5. Uso de ractopamina para suínos imunocastrados**

Moore et al. (2006) avaliaram o efeito de dois níveis de ractopamina na dieta sobre o desempenho e qualidade da carcaça de machos inteiros e imunocastrados

com Improvac<sup>®</sup> constatando que os machos imunocastrados tiveram maior ganho de peso diário e maior consumo do que os inteiros. Segundo esses mesmos autores, a inclusão de ractopamina promoveu melhora na conversão alimentar bem como no ganho de peso diário, porém, não houve diferenças entre os tratamentos para porcentagem de gordura e consumo de ração.

Há escassez de informações tecnológicas e científicas a respeito do uso da imunocastração e da ractopamina, bem como o efeito de ambos sobre o bem-estar e qualidade de carne suína. Por isso, a importância de estudarmos o efeito desses componentes combinadamente.

Desse modo, objetivou-se com o presente estudo avaliar a susceptibilidade ao estresse, desempenho e qualidade de carne de suínos de diferentes categorias de castração e níveis de ractopamina.

Os Capítulos 2 e 3, intitulados “Efeitos do uso da ractopamina e da categoria de castração de suínos sobre o desempenho e características de carcaça” e “Susceptibilidade ao estresse e qualidade de suínos de diferentes categorias de castração e níveis de ractopamina”, respectivamente, estão com redação provisória de acordo com as normas para publicação do *Journal of Animal Science*.

## 6. Referências

AALHUS, J. L. et al. The effect of ractopamine on performance, carcass composition and meat quality of finishing swine. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.70, p. 943-952, 1990.

ABIPECS. Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. **Relatório 2011/2012**. São Paulo, 2012a. Disponível em: <[http://www.abipecs.org.br/uploads/relatorios/relatorios-associados/ABIPECS\\_relatorio\\_2011\\_pt.pdf](http://www.abipecs.org.br/uploads/relatorios/relatorios-associados/ABIPECS_relatorio_2011_pt.pdf)>. Acesso em: 07 abr. 2013.

ABIPECS. Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. **Estatísticas: Mercado mundial de carne suína - Produção mundial de carne suína 2003-2011**. São Paulo, 2012b. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/pt/estatisticas/mundial/producao-2.html>>. Acesso em: 07 abr. 2013.

ABIEPCS. Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. **Estatísticas: Mercado interno de carne suína - Abate de suínos com SIF no Brasil de 2006-2011**. São Paulo, 2012c. Disponível em: <[http://www.abiepcs.org.br/uploads/relatorios/mercado-interno/abate/abate\\_2006\\_2011.pdf](http://www.abiepcs.org.br/uploads/relatorios/mercado-interno/abate/abate_2006_2011.pdf)>. Acesso em: 07 abr. 2013.

ABIEPCS. Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. **Estatísticas: Mercado interno de carne suína - Produção brasileira de carne suína 2006-2011**. São Paulo, 2012d. Disponível em: <[http://www.abiepcs.org.br/uploads/relatorios/mercado-interno/producao/producao\\_2011.pdf](http://www.abiepcs.org.br/uploads/relatorios/mercado-interno/producao/producao_2011.pdf)>. Acesso em: 07 abr. 2013.

ABIEPCS. Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. **Estatísticas: Mercado mundial de carne suína - Exportação Mundial de carne suína 2003-2011**. São Paulo, 2012e. Disponível em: <<http://www.abiepcs.org.br/pt/estatisticas/mundial/exportacao.html>>. Acesso em: 07 abr. 2013.

ABIEPCS. Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. **Estatísticas: Mercado externo de carne suína - Principais destinos da carne suína Jan/2013**. São Paulo, 2012f. Disponível em: <[http://www.abiepcs.org.br/uploads/relatorios/mercado-externo/destinos/dados-anuais/01\\_JANEIRO\\_13.pdf](http://www.abiepcs.org.br/uploads/relatorios/mercado-externo/destinos/dados-anuais/01_JANEIRO_13.pdf)>. Acesso em: 07 abr. 2013.

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

ANDERSON, K. et al. The effects of feeding system, lysine level and gilt contact on performance, skatole levels and economy of entire male pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.51, p. 131–140, 1997.

ANNOR-FREMPONG, I. E. et al. The problem of taint in pork: 1. Detection thresholds and odour profiles of androstenone and skatole in a model system. **Meat Science**, Burking, v. 46, p. 45–55, 1997a.

ANNOR-FREMPONG, I. E. et al. The problem of taint in pork: 3. Odour profile of pork fat and the interrelationships between androstenone, skatole and indole concentrations. **Meat Science**, Burking, v. 47, p. 63–76, 1997b.

ARMSTRONG, T. A. et al. 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.

BARK, L. J. et al. Influence of genetic capacity for lean tissue growth rate and efficiency of tissue accretion in pig fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, p. 3391-3400, 1992.

BELLAVER, C. et al. 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, P. H. et al. Performance muscle composition and meat texture in veal calves administered a  $\beta$ -agonist (clenbuterol). **Meat Science**, Barking, 33, 191-206, 1993.

BONNEAU, M. et al. Contributions of fat androstenone and skatole to boar taint: I. Sensory attributes of fat and pork meat. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.32, pp. 63-80, 1992.

BONNEAU, M.; LUNDSTRÖM, K.; MALMFÖRMS, B. (Editores) Boar taint in entire male pigs. In: MEETING OF THE EUROPEAN ASSOCIATION OF ANIMAL PRODUCTION (EAAP) WORKING GROUP "PRODUCTION AND UTILIZATION OF MEAT FROM ENTIRE MALE PIGS", 1, 1997, Wageningen Pers. **Proceedings...** Wageningen Pers: EAAP, 1997.

BREWER, M.S. & MCKEITH, F.K. Consumer-rated quality characteristics as related to purchase intent of fresh pork. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 64, nº. 1, p. 171-174. 1999.

BROWN, S. N. et al. 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. et al. 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.

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.

CARR, S. N. et al. 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.

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.

CARTER, W. J. et al. 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.

CLAUS, R.; WEILER, U.; HERZOG, A. Physiological aspects of androstenone and skatole formation in the boar – A review with experimental data. **Meat Science**. Barking, v. 38, p. 289–305, 1994.

CROME, P. K. et al. Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition and cutting yields of pig slaughtered at 107 and 125 kilograms. **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**. 162p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2005.

DUNSHEA, F. R. et al. 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.

ELANCO. **Paylean Swine Nutrition Guide for Industry Professionals**. Elanco Animal Health. Indianapolis, IN. 1999.

FAVERO, J. A. Abate de suínos machos inteiros – Visão Brasileira. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1, 2000, Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000, p.212-220.

HENNESSY, D.H.; BERNAL, G.; HODGE, A. Growth performance and carcass quality in male pigs given the boar taint vaccine Improvac® compared to surgical castrates. In: INTERNATIONAL PIG VETERINARY SOCIETY CONGRESS, 19, 2006, Copenhagen. **Proceedings...** Copenhagen: IPVS, 2006, v. 1, p. 292.

JIANG, S. T. Contribution of muscle proteinases to meat tenderization. In: NATIONAL SCIENCE COUNCIL ROC, 1, 1998, Taipei. **Proceedings...** Taipei: NSCR, 1998, part B - Life Science, v. 22, p. 97-107.

JONES, R. W. et al. Effect of the  $\beta$ -adrenergic agonist cimaterol (CL 283,780) on the growth and carcass characteristics of finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, 61, 905-913, 1985.

KRETCHMAR, D. H. et al. Alterations in postmortem degradation of myofibrillar proteins in muscle of lambs fed a  $\beta$ -adrenergic agonist. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 1760-1772, 1990.

MARCHANT-FORDE, J. N. et al. The effects of ractopamine on the behavior and physiology of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 416-422, 2003.

MARINHO, P. C. et al. 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, v. 36, n. 6, p. 1791-1798, 2007.

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.

MOORE, K. L. et al. Additive effects of paylean® and improvac® on the growth performance of entire boars. In: INTERNATIONAL PIG VETERINARY SOCIETY CONGRESS, 19, 2006, Copenhagen. **Proceedings...** Copenhagen: IPVS, 2006, v. 2, p.595.

NANNI COSTA, L. et al. 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.

NPPC. **Procedures to Evaluate Market Hogs** (3rd edition). National Pork Production Council, Des Moines, IA. 1991.

NPPC. **Pork Quality Standards**. National Pork Production Council, Des Moines, IA. 1999.

OLIVEIRA, J. J. V.; SILVEIRA, E. T. F.; VIANA, A. G. Determinação de escatol e androstenona em toucinho costal-lombar e glândula salivar submaxilar de suínos. **Revista Brasileira de Análise de Alimentos**, Campinas, v.5, pp. 12–20, 1999.

PAGE, K. A. et al.  $\beta$ -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  $\beta_2$ -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.

PATIENCE, J. F. et al. 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, 2009.

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, 1, 2001, Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001, v.2., p. 385-392.

RAMOS, F.; SILVEIRA, M. I. N. Agonistas adrenérgicos  $\beta_2$  e produção animal: III - Efeitos zootécnicos e qualidade da carne. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, 97, 51-62, 2002.

ROPPA, L. **Perspectivas da produção Mundial de carnes, 2007 a 2015. 2009.** Disponível em: <<http://pt.engormix.com/MA-pecuaria-corte/artigos/perspectivas-producao-mundial-carnes-t140/p0.htm>>. Acesso em: 25 março. 2012.

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, 1998, p. 201-218.

SANCHES, J. F. et al. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação e mantidos sob conforto térmico. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, 40, n.2, fev., 403-408, 2010.



- SCHAEFER, A. L. et al. The effect of feeding the beta-adrenergic agonist ractopamine on the behaviour of market weight pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 72, p. 15-21, 1992.
- SCOTT, K. A. et al. Pigs selected for high lean growth exhibit increased anxiety response to humans. In: SOCIETY FOR NEUROSCIENCES'S ANNUAL MEETING, 30, 2000, New Orleans. **Proceedings...** New Orleans: SFN, 2000, p.177.
- SKRLEP, M. et al. Effect of immunocastration (Improvac<sup>®</sup>) in fattening pigs II: Carcass traits and meat quality. **Slovenian Veterinary Research**, Georgetown, v. 47, p. 65-72, 2010.
- STITES, C. R. et al. 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. et al. 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. et al. 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.
- UTTARO, B. E. et al. 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.
- WALKER, W. R. et al. Evaluation of cimaterol for finishing swine including a drug withdrawal period. **Journal of Animal Science**, Champaign, 67, 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. et al. The effects of the beta-adrenergic agonist Salbutamol on meat quality in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, 68, p.128-136, 1990.
- WARRISS, P. D. et al. Eating quality of meat from pigs given the beta-adrenergic agonist salbutamol. **Meat Science**, Barking, 30, 75-80, 1991.

- WATKINS, L. E. et al. 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. et al. 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, 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  $\beta$ -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, 1987.
- WILLIAMS, N. H. et al. 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.
- XUE, J. L. et al. Evaluation of growth, carcass, and compound concentrations related to boar taint in boars and barrows. **Swine Health Production**, v. 3, p. 155–160. 1995.
- XUE, J. L.; DIAL, G. D.; PETTIGREW, J. E. Performance, carcass and meat quality advantages of boars over barrows: A literature review. **Swine Health Production**, v.1, p. 21–28. 1997.

## CAPÍTULO 2

**Efeitos do uso da ractopamina e da categoria de castração de suínos sobre o desempenho e características de carcaça**

**RESUMO:**

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de quatro níveis de ractopamina (RAC - 0, 5, 10 e 15 mg/kg de ração) e de duas categorias de castração (MC-machos castrados e MI-machos imunocastrados) sobre o desempenho zootécnico dos 27 aos 60, 60 aos 136 e dos 136 aos 164 dias de idade, e características de carcaça dos suínos, abatidos aos 164 dias de idade. Foram selecionados 1160 leitões machos, de acordo com peso ao nascimento. As castrações cirúrgicas foram realizadas em metade dos leitões e os demais foram mantidos inteiros para posteriormente serem imunocastrados. A dieta suplementada com ractopamina foi fornecida de forma controlada, 28 dias antes do abate. Até os 136 dias de idade dos suínos, o modelo de variância foi aplicado para um delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos (MC e MI), e a partir daí foi considerado um delineamento em blocos casualizados em arranjo fatorial (dois níveis de castração x quatro níveis de ractopamina). Constatou-se que não houve interação entre categorias de castração e níveis de ractopamina para nenhuma variável de desempenho e de carcaça avaliadas. Na fase de 60 a 136 dias, houve menor consumo de ração diário ( $P = 0,016$ ), maior ganho diário de peso ( $P < 0,001$ ) e melhora na conversão alimentar ( $P < 0,001$ ) dos suínos imunocastrados. Na fase de 136 a 164 dias a suplementação de ractopamina na dieta de suínos promoveu aumento do ganho diário de peso ( $P < 0,001$ ) e melhorou a conversão alimentar ( $P < 0,001$ ), sem influenciar o consumo de ração diário dos animais. Na fase de 60 aos 164 dias a inclusão de ractopamina na dieta e a categoria de castração influenciaram de forma benéfica o

ganho de peso diário ( $P = 0,001$  e  $P < 0,001$ , respectivamente), a conversão alimentar ( $P = 0,009$  e  $P < 0,001$ , respectivamente) e o peso de abate dos suínos ( $P = 0,011$  e  $P < 0,001$ , respectivamente), sem afetar o consumo de ração neste período. Os maiores pesos dos suínos ao abate, pesos de carcaça quente e porcentagens de carne magra foram encontrados nos machos imunocastrados e com a inclusão de ractopamina. No entanto, o rendimento de carcaça foi maior nos machos castrados ( $P < 0,001$ ) e naqueles que consumiram 10 e 15 mg/kg de ractopamina na dieta ( $P < 0,001$ ). A profundidade de músculo sofreu influência apenas da ractopamina ( $P = 0,003$ ), sendo os melhores valores encontrados com a inclusão deste aditivo. A espessura de gordura foi influenciada apenas pela categoria de castração ( $P < 0,001$ ), sendo os menores valores encontrados nos machos imunocastrados. Conclui-se que os efeitos positivos da inclusão de ractopamina na dieta e da castração imunológica no desempenho de suínos refletem no aumento de carne e redução da porcentagem de gordura na carcaça, valorizando este produto no mercado.

**Palavras-chave:** agonista  $\beta$ -adrenérgico, crescimento, conversão alimentar, imunocastração, suínos.

## INTRODUÇÃO

O mercado dos produtos cárneos exige a produção de carnes em quantidade, com alto valor nutritivo, baixo teor de gordura, com adequada suculência e atrativa aos consumidores mais exigentes. O desafio atual inclui também a produção de carne dentro dos princípios éticos de bem-estar animal, com custo acessível e que promova retorno econômico satisfatório à essa atividade econômica. Para atender esses objetivos, novas

tecnologias estão sendo utilizadas, dentre as quais estão a imunocastração e o uso de ractopamina.

A imunocastração é uma técnica inovadora que visa à castração, por meio de uma vacina que inibe a função testicular. A castração de suínos é uma prática de manejo necessária para controlar o odor e sabor de macho inteiro, causado principalmente pela presença da androstenona, que é um feromônio, e do escatol, que é um subproduto da degradação do triptofano no intestino delgado do animal. No Brasil a castração é um procedimento obrigatório, conforme consta no artigo 121 do RIISPOA, Decreto 30.691 de 29.03.1952, alterado pelo Decreto 1255 de 25.06.1962. Entretanto, os machos castrados cirurgicamente crescem mais lentamente do que os inteiros consomem mais ração e apresentam maior porcentagem de gordura na carcaça (FAVERO, 2000). Assim, as principais vantagens da imunocastração são eliminação do manejo estressante da castração cirúrgica nos leitões, que apresentarão nas fases subseqüentes maior ganho de peso (Moore et al., 2006) e menor deposição de gordura (Rikard-Bell et al., 2009).

A ractopamina é um agonista  $\beta$ -adrenérgico utilizado como repartidor de energia em dietas de suínos na fase de terminação e promove melhora no desempenho zootécnico (Stoller et al., 2003; Marinho et al., 2007; Sanches et al., 2010), redução da quantidade de gordura (Rutz e Xavier, 1998) e aumento da quantidade de carne magra na carcaça (Williams et al., 1994; Stoller et al., 2003), sem alterar a qualidade da carne (Patience et al., 2009).

Apesar dos resultados de desempenho e qualidade de carne de suínos imunocastrados serem positivos, é necessário o investimento com duas doses da vacina, aplicadas nos animais oito e quatro semanas antes do abate. Nesse panorama a

utilização da ractopamina pode potencializar os benefícios da imunocastração e tornar a atividade mais economicamente viável.

Este estudo consistiu em avaliar os efeitos da inclusão de ractopamina na ração (0, 5, 10 e 15 mg/kg de ração) e das categorias de castração (machos castrados e imunocastrados) de suínos provenientes de cruzamentos industriais sobre o desempenho e características de carcaça.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Todos os procedimentos utilizados neste experimento foram desenvolvidos de acordo com os princípios éticos na experimentação animal, protocolo nº 99/2010-CEUA, determinados pela Câmara de Ética no Uso de Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Univ. Estadual Paulista, Câmpus de Botucatu/SP, Brasil.

### ***Local, animais e manejo***

O experimento foi realizado na região centro-oeste do estado de Santa Catarina, Brasil. Foram selecionados 1160 leitões machos (Camborough 25 x AGPIC 337) provenientes de 17 granjas comerciais, de acordo com o peso ao nascimento. As castrações cirúrgicas foram realizadas em metade desses leitões no 7º dia de vida e de acordo com os procedimentos padrão de cada granja. Os demais suínos foram mantidos inteiros para serem imunocastrados na fase de crescimento e terminação.

A segunda pesagem dos animais foi realizada no desmame, aos 27 dias, e estes foram transferidos para as instalações de creche.

No término da fase inicial (60 dias) os 1160 suínos foram novamente pesados. A partir desses pesos foram definidos grupos nos quais cada categoria de castração foi dividida em grupos contendo suínos com pesos leves, médios e pesados (três grupos de cada), com densidade animal de 12, 11 e 10 suínos por baia, respectivamente. Em seguida, dentro de cada um dos três grupos, fez-se uma segunda estratificação de pesos (leves, médios e pesados), constituindo nove subgrupos (Tabela 1). Foram selecionadas ao acaso nove baias para cada um dos quatro níveis de ractopamina, totalizando 36 grupos e 792 suínos, os quais foram alojados nas instalações de crescimento e terminação. Assim, foi utilizado um delineamento experimental em blocos ao acaso com esquema fatorial 2x4 (duas categorias de castração x quatro níveis de ractopamina) e quatro repetições. Ressalta-se que foi necessário separar os animais em grupos em relação ao peso porque tanto a utilização de ractopamina como a imunocastração podem agir diferentemente em animais leves ou pesados.

Tabela 1. Categorização dos suínos em função dos pesos

Grupo de Peso	Subgrupo de peso	Peso na saída da fase inicial (kg)
Leves	Leves	19,14
	Médios	20,74
	Pesados	21,84
Médios	Leves	22,86
	Médios	23,86
	Pesados	24,43
Pesados	Leves	25,91
	Médios	27,26
	Pesados	29,80



Todos os suínos que não foram castrados após o nascimento, receberam duas doses da vacina de imunocastração, sendo a primeira aplicada aos 103 dias de idade, oito semanas antes do abate, e a segunda dose aplicada aos 136 dias, quatro semanas antes do abate. A administração desta segunda dose da vacina coincidiu com a quarta pesagem dos animais e com o início do fornecimento das dietas experimentais contendo ractopamina.

As dietas suplementadas com ractopamina (Tabela 2) foram fornecidas de forma controlada, 28 dias antes do abate e dividida em três tratos diários. O grupo controle recebeu dieta com mesma composição que os demais, porém sem a suplementação da ractopamina.

No dia do abate, aos 164 dias, antes do embarque dos animais para o frigorífico, os suínos foram pesados novamente (quinta pesagem) e a partir desses pesos, foram selecionados dois animais com pesos médios de cada baia para a avaliação das características de carcaça. A cronologia do experimento está ilustrada na Figura 1.

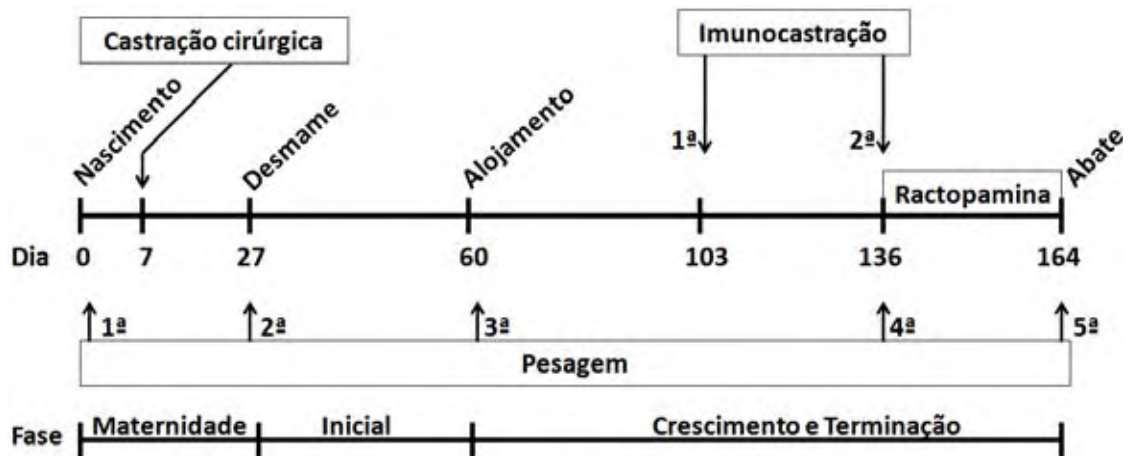


Figura 1. Cronologia do experimento.

Tabela 2. Composições centesimal e calculada das dietas experimentais fornecidas 28 dias antes do abate.

Item	Ractopamina (mg/kg)			
	0	5	10	15
Ingrediente, %				
Milho	71,498	71,472	71,447	71,422
Farelo de Soja	23,600	23,600	23,600	23,600
Óleo de Soja	1,600	1,600	1,600	1,600
Núcleo <sup>1</sup>	1,500	1,500	1,500	1,500
Fosfato Bicálcico	0,550	0,550	0,550	0,550
Calcáreo	0,767	0,767	0,767	0,767
L-Lisina	0,164	0,164	0,164	0,164
DL-Metionina	0,072	0,072	0,072	0,072
Notox <sup>2</sup>	0,250	0,250	0,250	0,250
Ractopamina <sup>3</sup>	0,000	0,025	0,050	0,075
Composição Calculada <sup>4</sup>				
PB, %	16,79	16,78	16,78	16,78
EM, kcal/kg	3276,66	3275,79	3274,96	3274,12
Lisina total, %	0,99	0,99	0,99	0,99
Lisina digestível, %	0,89	0,89	0,89	0,89
Fósforo disponível, %	0,18	0,18	0,18	0,18
Cálcio, %	0,51	0,51	0,51	0,51
Ractopamina, mg/kg	0,000	0,025	0,050	0,075

<sup>1</sup>Fornecendo as seguintes quantidades/kg de ração: manganês, 59,85 mg; zinco, 150,00 mg; ferro, 95,55 mg; cobre, 159,96 mg; iodo, 1,20 mg; selênio, 0,25 mg; vitamina A, 4765,75 UI; vitamina D3, 954,91 UI; vitamina E, 16,38 mg; vitamina K, 1,00 mg; vitamina B1, 0,78 mg; vitamina B2, 3,28 mg; vitamina B6, 0,52 mg; vitamina B12, 12,34 µg; ácido fólico, 0,31 mg; ácido pantotênico, 13,08 mg; niacina, 16,81 mg; biotina, 34,99 µg; metionina, 0,25 g; lisina, 0,63 g; treonina, 0,25g; aditivo antioxidante, 2,32 mg; sódio, 1,50 g; cálcio, 1,65 g; fósforo, 0,49 g; flúor, (máximo) 4,39 mg. <sup>2</sup>Notox: aditivo adsorvente de fumonisina e aflatoxina. <sup>3</sup>Paylean, Elanco Saúde Animal, Speke, Inglaterra. <sup>4</sup>Rostagno et al. (2005).

### ***Avaliação do desempenho***

O desempenho foi avaliado nas fases de inicial (27 a 60 dias de idade), crescimento e parte da terminação (60 a 136 dias), no final da terminação (136 a 164 dias) e no período total da fase de crescimento e terminação (60 a 164 dias).

O ganho de peso foi calculado pelas pesagens individuais dos suínos, realizadas ao longo do experimento. O consumo de ração foi avaliado por meio do controle de ração fornecida aos suínos da sobra de ração nos comedouros. A conversão alimentar foi calculada em seguida, a partir dessas informações.

### ***Manejo pré-abate***

Os suínos foram pesados pela quinta vez aos 164 dias de idade e submetidos ao jejum de aproximadamente quatro horas. Em seguida, os animais foram transportados por quatro horas até um frigorífico localizado na cidade de Chapecó/SC e permaneceram durante seis 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 em média de 14 horas. O abate ocorreu por eletrocussão automática. Após essa etapa, os animais foram imediatamente sangrados na posição horizontal e suspensos ao fim da mesa de sangria na nórea contínua da linha de abate. As carcaças permaneceram em câmara fria e foram submetidas a temperaturas variando entre 1 a 4°C durante 24 horas.

### ***Avaliação das características de carcaça***

As carcaças quentes, sem cabeça e patas anteriores de 792 suínos foram pesadas e a sonda de tipificação óptica (Hennessy Grading System – GP4/BP4) inserida a seis

centímetros da linha dorsal mediana da carcaça, entre a última e penúltima costela para medir a espessura de toucinho e a profundidade do músculo *Longissimus dorsi*, o que possibilita estimar a porcentagem de carne magra na carcaça. Em seguida, foi calculado o rendimento de carcaça quente. A carcaça foi considerada como unidade experimental.

### ***Análise Estatística***

Desde os sete dias de idade até a saída dos suínos da fase inicial (7 a 60 dias), o modelo de análise de variância foi aplicado para um delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos simbólicos (macho castrado e inteiro/imunocastrado), pois os suínos que não foram castrados cirurgicamente só foram imunocastrados na fase de crescimento e terminação e, portanto, foram criados inteiros até o momento das vacinações. As médias foram comparadas pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. Foi utilizado o programa Statistical Analysis System (SAS, 2008). A partir da entrada dos suínos na fase de crescimento até o abate (60 a 164 dias) foi adotado um modelo fatorial (duas categorias de castração x quatro níveis de ractopamina) inerente ao delineamento em blocos casualizados. O critério para formação dos blocos foi o peso aos 60 dias de idade. O modelo de análise de variância adotado foi:

$y_{jik} = \mu + b_j + c_i + r_k + e_{ik} + \varepsilon_{jik}$ ; com  $j=1, 2, \dots, 9$  faixas de peso;  $i= 1, 2$  categorias de castração (castrado e imunocastrado);  $k=1,2,3,4$  níveis de ractopamina. Em que:

$y_{jik}$  é a observação da resposta pertencente à faixa de peso  $j$ , categoria de castração  $i$  e nível de ractopamina  $k$ ;

$b_j$  é o efeito de faixa de peso (fator blocagem);

$c_i$  é o efeito da categoria de castração;

$r_k$  é o efeito de nível de ractopamina;

$e_{ik}$  é o efeito da interação castração x ractopamina;

$e_{jik}$  é o erro aleatório não observável suposto seguir a distribuição normal de média zero e variância constante  $\sigma^2$ .

Para verificar se a variabilidade era a mesma entre as duas categorias de castração foi realizado um estudo com o intuito de testar se a distribuição dos animais era a mesma em cada categoria. Para cada variável foram geradas cinco categorias de classes, definidas pelo comprimento de classe, dado por:  $Comp\_classe=(máximo-mínimo/6)$ . O limite inferior da primeira classe foi dado pelo valor mínimo e o superior da última classe pelo valor máximo. Para cada variável foi contado o número de animais ou unidades experimentais em cada uma das cinco categorias de classe e nas duas categorias de castração.

O critério para tomada de decisão adotado foi 5% de probabilidade como taxa de erro. As comparações das médias foram realizadas através do teste t de Student.

## **RESULTADOS**

Não houve interação entre níveis de ractopamina e categorias de castração para nenhuma variável de desempenho ou de características de carcaça.

Não houve efeito das categorias de castração sobre os parâmetros de desempenho para suínos na fase de creche, com exceção do peso final (Tabela 3).

Tabela 3 - Efeito das categorias de castração de suínos (machos castrados - MC ou inteiros que serão imunocastrados posteriormente - MI) sobre o desempenho na fase de creche (27 a 60 dias).

Item	Cat. de Castração		SEM <sup>1</sup>	P-valor
	MC	MI		Cat. Castração
CRD <sup>2</sup> , kg/d	0,664	0,643	0,018	0,507
GDP <sup>3</sup> , kg/d	0,471	0,465	0,013	0,775
CA <sup>4</sup>	1,413	1,383	0,035	0,515
Peso final, kg	24,08 <sup>a</sup>	23,94 <sup>b</sup>	0,770	0,013

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste F de Student, dentro de cada fator. <sup>1</sup>SEM corresponde ao maior erro-padrão encontrado. <sup>2</sup>CRD - consumo de ração diário. <sup>3</sup>GDP - ganho diário de peso. <sup>4</sup>CA - conversão alimentar.

No período de 60 a 136 dias, com 76 dias de alojamento e após 33 dias da primeira dose da vacina de imunocastração, houve o efeito das categorias de castração sobre os parâmetros de desempenho (Tabela 4). Apesar de nesta fase os machos inteiros, que posteriormente foram imunocastrados, apresentarem menor peso inicial em relação aos castrados, o menor consumo diário de ração e o maior ganho de peso diário promoveram melhor conversão alimentar a estes suínos.

Tabela 4. Efeito das categorias de castração (machos castrados - MC ou inteiros/imunocastrados - MI) e da suplementação de ractopamina (Rac) na ração, e suas interações sobre o desempenho dos suínos nos períodos dos 60 aos 135 dias, 136 aos 164 dias e dos 60 aos 164 dias de idade.

Item	Rac (mg/kg)						Cat. Castração						P – valor	
	0	5	10	15	SEM <sup>1</sup>	MI	MC	MI	SEM	Rac	Cat. Castração	Rac x Cat. Castração	SEM	
<b>60 aos 136 dias</b>														
Peso inicial, kg	-	-	-	-	-	24,09 <sup>a</sup>	23,94 <sup>b</sup>	0,550	-	0,013	-	-	-	
CDR <sup>2</sup> , kg/d	-	-	-	-	-	1,900 <sup>a</sup>	1,857 <sup>b</sup>	0,027	-	0,016	-	-	-	
GPD <sup>3</sup> , kg/d	-	-	-	-	-	0,861 <sup>b</sup>	0,921 <sup>a</sup>	0,009	-	<0,001	-	-	-	
CA <sup>4</sup>	-	-	-	-	-	2,207 <sup>a</sup>	2,014 <sup>b</sup>	0,019	-	<0,001	-	-	-	
<b>136 aos 164 dias</b>														
Peso inicial, kg	92,06	92,11	91,57	91,14	1,96	89,50 <sup>b</sup>	93,93 <sup>a</sup>	1,23	0,557	<0,001	0,934	2,84		
CDR, kg/d	2,745	2,726	2,679	2,684	0,063	2,707	2,711	0,040	0,319	0,906	0,945	0,094		
GPD, kg/d	0,864 <sup>b</sup>	0,970 <sup>a</sup>	0,991 <sup>a</sup>	1,017 <sup>a</sup>	0,020	0,966	0,954	0,017	<0,001	0,484	0,732	0,039		
CA	3,199 <sup>a</sup>	2,818 <sup>b</sup>	2,704 <sup>bc</sup>	2,640 <sup>c</sup>	0,081	2,818	2,863	0,055	<0,001	0,359	0,903	0,091		
<b>60 aos 164 dias</b>														
CDR, kg/d	2,099	2,122	2,098	2,088	0,048	2,117	2,087	0,030	0,683	0,125	0,929	0,075		
GPD, kg/d	0,887 <sup>b</sup>	0,916 <sup>a</sup>	0,916 <sup>a</sup>	0,919 <sup>a</sup>	0,016	0,889 <sup>b</sup>	0,930 <sup>a</sup>	0,009	0,001	<0,001	0,725	0,022		
CA	2,367 <sup>a</sup>	2,318 <sup>ab</sup>	2,290 <sup>b</sup>	2,270 <sup>b</sup>	0,033	2,381 <sup>a</sup>	2,242 <sup>b</sup>	0,020	0,009	<0,001	0,789	0,051		
Peso abate <sup>5</sup> , kg	116,24 <sup>b</sup>	119,25 <sup>a</sup>	119,3 <sup>a</sup>	119,62 <sup>a</sup>	2,29	116,56 <sup>b</sup>	120,65 <sup>a</sup>	1,46	0,011	<0,001	0,747	3,26		

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha para cada fator diferem (P<0,05) pelo teste T de Student, dentro de cada fator para ractopamina e pelo teste de F para categorias de castração. <sup>1</sup>SEM corresponde ao maior erro-padrão encontrado. <sup>2</sup>CRD: consumo de ração diário. <sup>3</sup>GDP: ganho de peso diário. <sup>4</sup>CA: conversão alimentar. <sup>5</sup>Peso de abate, considerando 972 suínos.

No período de 136 a 164 dias não houve efeito das categorias de castração sobre o desempenho, exceto para peso inicial, que foi superior nos machos imunocastrados. Porém, a inclusão de ractopamina promoveu maior ganho de peso diário, independente do nível fornecido e melhora na conversão alimentar.

Observa-se na Tabela 4 que no período total, de 60 a 164 dias, o consumo diário de ração não foi influenciado pelas categorias de castração nem pelos níveis de ractopamina. Porém, o ganho de peso diário, conversão alimentar e peso de abate sofreram influência de ambos. Os machos inteiros/imunocastrados foram mais eficientes que os machos castrados. Houve melhora na conversão alimentar, aumento no ganho de peso diário e no peso de abate dos suínos que consumiram ractopamina.

Os resultados das variáveis de carcaça são apresentados na Tabela 5. Os maiores pesos de carcaça quente e porcentagens de carne magra foram encontrados nos machos inteiros/imunocastrados comparados com os machos castrados. A profundidade de músculo sofreu influência apenas da ractopamina, sendo os melhores valores encontrados com a inclusão deste aditivo, enquanto que a espessura de toucinho sofreu influência apenas das categorias de castração, sendo menor nos machos inteiros/imunocastrados. O rendimento de carcaça foi maior para os machos que consumiram 10 e 15 mg/kg de ractopamina na dieta.



Tabela 5. Efeito das categorias de castração (machos castrados - MC ou imunocastrados - MI), suplementação de ractopamina (Rac) na ração, e suas interações sobre as características de carcaça de suínos.

Item	Rac (mg/kg)						Cat. Castração				P – valor	
	0	5	10	15	SEM <sup>1</sup>	MC	MI	SEM	Rac	Cat.	Rac x Cat.	SEM
						Castração	Castração			Castração	Castração	
Peso abate <sup>2</sup> , kg	116,24 <sup>b</sup>	119,25 <sup>a</sup>	119,3 <sup>a</sup>	119,62 <sup>a</sup>	2,29	116,56 <sup>b</sup>	120,65 <sup>a</sup>	1,46	0,011	<0,001	0,747	3,26
PCQ <sup>3</sup> , kg	84,80 <sup>b</sup>	87,70 <sup>a</sup>	88,24 <sup>a</sup>	88,70 <sup>a</sup>	1,74	86,56 <sup>b</sup>	88,16 <sup>a</sup>	1,13	<0,001	0,004	0,923	2,58
Rend. carcaça <sup>4</sup> , %	72,96 <sup>c</sup>	73,55 <sup>bc</sup>	73,93 <sup>ab</sup>	74,33 <sup>a</sup>	0,34	74,37 <sup>a</sup>	73,02 <sup>b</sup>	0,19	<0,001	<0,001	0,473	0,38
ET <sup>5</sup> , mm	15,73	15,31	15,17	15,27	0,46	15,98 <sup>a</sup>	14,77 <sup>b</sup>	0,31	0,349	<0,001	0,161	0,73
PM <sup>6</sup> , cm	60,68 <sup>b</sup>	63,37 <sup>a</sup>	63,78 <sup>a</sup>	63,38 <sup>a</sup>	0,74	63,24	62,36	0,53	0,003	0,167	0,814	1,13
CM <sup>7</sup> , %	57,63 <sup>b</sup>	58,40 <sup>a</sup>	58,56 <sup>a</sup>	58,42 <sup>a</sup>	0,23	58,00 <sup>b</sup>	58,51 <sup>a</sup>	0,18	0,002	0,007	0,386	0,37

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na horizontal diferem (P<0,05) pelo teste T de Student, dentro de cada fator, para ractopamina e pelo teste de F para categorias de castração. <sup>1</sup>SEM corresponde ao maior erro-padrão encontrado. <sup>2</sup>Peso de abate considerando 792 suínos. <sup>3</sup>Peso da carcaça quente. <sup>4</sup>PCQ/Peso final\*100. <sup>5</sup>Espessura de toucinho. <sup>6</sup>Profundidade de músculo. <sup>7</sup>Porcentagem de carne = calculada em função do peso da carcaça quente e da espessura de toucinho, de acordo a equação %CM =  $K_0 - (K_1 * ET) + (K_2 * PM)$  onde K<sub>0</sub>, K<sub>1</sub> e K<sub>2</sub> são constantes do frigorífico comercial onde ocorreram os abates dos suínos.

Com a inclusão da ractopamina houve aumento na profundidade de músculo e na porcentagem de carne magra, independente da condição sexual, e aumento do peso da carcaça quente dos machos imunocastrados.

## DISCUSSÃO

A velocidade de crescimento dos diferentes tecidos corpóreos é variável em função da idade e maturidade fisiológica do animal. Na fase inicial, os suínos utilizam a energia disponível para crescimento de vísceras, ossos e desenvolvimento do tecido muscular. Isso pode explicar o fato de não ter havido neste trabalho efeito das categorias de castração sobre os parâmetros de desempenho para os suínos na fase inicial (Tabela 3). A castração cirúrgica tem impacto negativo sobre o peso à desmama, taxa de mortalidade e incidência de suínos leves, aumenta a necessidade de medicação injetável adicionais antes e após o desmame, bem como aumenta a ocorrência de diarreia durante a fase de creche (Dallanora et al., 2010). Segundo Andersson et al. (1997), os custos são menores para produção de machos inteiros, em relação à produção de castrados, pois os custos de mão-de-obra e materiais envolvidos na realização da castração são eliminados, a mortalidade de animais diminui e os machos inteiros possuem melhor conversão alimentar e apresentam maior taxa de crescimento que os castrados.

Constatou-se que na fase de 60 a 136 dias (Tabela 4), houve menor consumo de ração diário, maior ganho de peso diário e melhora na conversão alimentar dos suínos inteiros/imunocastrados. Provavelmente, os efeitos da primeira dose da vacina de imunocastração, aplicada aos 103 dias, não foram responsáveis por esses resultados, pois, de acordo com Dunshea et al. (2001), a primeira dose da vacina contra GnRH não tem efeito fisiológico sobre a função dos testículos.

Neste contexto, os benefícios obtidos podem estar relacionados ao fato dos suínos imunocastrados se comportarem fisiologicamente como machos inteiros até a segunda dose da vacina, segundo relatos de Dunshea et al. (2001) e Pauly et al. (2009).

O potencial anabolizante natural dos machos inteiros afeta positivamente os resultados produtivos para machos imunocastrados, benefícios que são perdidos após a segunda dose da vacina (Pauly et al., 2009). Segundo Booth (1975), os andrógenos predominantes nos testículos dos suínos são o 5-androstenediol, dehidroepiandrosterona e a testosterona, os quais têm efeitos anabólicos que estimulam o crescimento muscular, a retenção de nitrogênio e fósforo, crescimento dos ossos e provoca a redistribuição dos nutrientes, resultando em melhor conversão alimentar, menor espessura de toucinho e aumento do tecido magro das carcaças de machos inteiros em comparação com fêmeas ou machos castrados. Esta melhor conversão alimentar implica em menor geração de dejetos.

A partir da segunda dose da vacina, no período de 136 a 164 dias (Tabela 4), não houve aumento no consumo diário de ração dos imunocastrados. Porém, diversos autores (Dunshea e McCauley, 2001; McCauley et al., 2003 e Oliver et al., 2003; Dunshea et al., 2005; Fàbrega et al., 2010 e Moore et al., 2009) relataram que houve aumento do consumo diário de ração dos machos com a imunocastração. Segundo Campbell e Taverner (1988) e Dunshea et al. (1993), suínos castrados consomem mais ração do que machos inteiros e isto está relacionado à baixa concentração de testosterona nos castrados. O suíno inteiro apresenta flutuações sazonais de testosterona e para de comer quando as concentrações de testosterona estão em valores altos (Weiler et al., 2000). Assim, a redução da testosterona poderia ser responsável pelo aumento do consumo de ração que ocorre após a segunda aplicação da vacina, o

que não foi verificado neste estudo. Contudo, Fàbrega et al. (2010) relatam que, após a aplicação da segunda dose da vacina de imunocastração, o consumo diário de ração foi maior para os castrados em relação aos imunocastrados, inteiros e fêmeas, mas que antes do abate o consumo dos imunocastrados e castrados não diferiu entre si, o que dá suporte aos resultados encontrados no presente estudo.

Os resultados do presente trabalho indicam que a imunocastração parece não ter efeito importante na fase de 136 a 164 dias, quando se adota restrição alimentar. A suplementação de ractopamina na dieta de suínos, durante os 28 dias finais da fase de terminação, promoveu aumento no ganho de peso diário e melhorou a conversão alimentar. Apple et al. (2007), Marinho et al. (2007); Pereira et al. (2008); Patience et al. (2009), Moore et al. (2009), Rickard-Bell et al. (2009), Takada (2010) e Moraes et al. (2010) que também relataram aumento no ganho de peso diário e melhor conversão alimentar de suínos machos em terminação que receberam suplementação de ractopamina na dieta, assim como Athayde (2010) e Hinson et al. (2011) avaliando machos castrados e fêmeas.

Esses efeitos benéficos da ractopamina sobre o desempenho de suínos são resultados da ligação deste agonista  $\beta$ -adrenérgico a receptores ligados à proteína Gs, isoforma da proteína G que ativa a adenilato ciclase. O complexo  $\beta$ -adrenérgico/receptor ( $\beta$ AR) fixa-se sobre esta proteína de ligação (Gs), que na sua forma ativa, induz a fluidez da membrana e permite o seu deslocamento lateral. Este mecanismo leva à estimulação da ação catalítica da enzima adenilato ciclase (AC), situada na face interna da membrana plasmática, e leva 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 (Cantarelli, 2007). Estas enzimas quando estão fosforiladas (APO4), promovem respostas celulares como: diminuição da gordura corporal (Yen et al., 1991), hipertrofia sem hiperplasia (Miller et al., 1988), entre outros efeitos como aumento da glicogenólise, aumento do glucagon e da renina, relaxamento da musculatura lisa e aumento da contração cardíaca (Moody et al., 2000).

No período de 60 aos 164 dias, houve aumento no ganho de peso diário dos suínos imunocastrados, enquanto que o consumo diário de ração foi inalterado (Tabela 4). Isso proporcionou melhora na conversão alimentar e maior peso de abate desses animais. Os machos imunocastrados e os machos que consumiram dieta contendo ractopamina obtiveram os melhores resultados, o que pode estar relacionado com dois fatos: diminuição no comportamento agressivo e sexual dos suínos como consequência da supressão da função testicular, causada pela imunocastração, e pela ação da ractopamina que desvia a energia livre para a deposição de mais músculo nos suínos.

A castração torna o suíno mais dócil, porém, causa alterações no metabolismo, levando o animal a acumular gordura na carcaça. Este fato foi confirmado no presente estudo, onde a espessura de toucinho dos castrados foi maior do que nos imunocastrados. O macho imunocastrado foi criado inteiro até a vacinação, o que o permitiu estender a fase de deposição de músculo e atrasar a fase de deposição de gordura na carcaça.

A ractopamina não influenciou a espessura de toucinho dos suínos (Tabela 5). A ausência de efeito da ractopamina pode estar relacionada ao fato de terem sido utilizados neste estudo animais melhorados geneticamente para alta produção de carne e baixa deposição de gordura e de ter sido adotado programa de restrição alimentar.

Hinson et al. (2011) também não observaram influência da ractopamina sobre a espessura de gordura ao avaliar machos castrados e fêmeas. Este aditivo é um potente estimulador da mobilização de gordura do tecido adiposo, porém, em alguns casos pode não ter efeito na redução da deposição de gordura em suínos em função da combinação de rápida regulação dos receptores  $\beta$ -adrenérgicos dos adipócitos (Dunshea e King, 1995), pouco efeito sobre a lipogênese (Liu et al., 1994), e da insensibilidade relativa dos adipócitos aos agonistas  $\beta$ -adrenérgicos (Pethick et al., 2005). Segundo Mills (2002), os isômeros da ractopamina têm capacidade limitada para ativar os receptores  $\beta$ -adrenérgicos de suínos, sendo que a *down-regulation* pode limitar a eficácia da ractopamina e levar à variação na gordura da carcaça.

A profundidade de músculo foi maior nos suínos que receberam ractopamina, mas não foi influenciada pelas categorias de castração (Tabela 5). Esse resultado está de acordo com os encontrados por Fàbrega et al. (2010) que relataram que não houve efeito da imunocastração para profundidade de músculo e por Athayde (2010) que verificou aumento na profundidade de músculo de suínos que foram alimentados com dietas contendo ractopamina. Apesar das catecolaminas estarem relacionadas com o processo de degradação e gasto energético, Mills (2002) relatou que os ligantes dos receptores  $\beta$ -adrenérgicos promovem o aumento da massa muscular. Não se sabe ao certo como a ativação dos receptores  $\beta$ -adrenérgicos promove aumento da deposição de proteína, mas a maioria das evidências indica que são esses receptores que mediam a resposta do crescimento. Segundo Mills (2002), isso indica que a síntese de proteínas é afetada, o que pode explicar a maior profundidade de músculo dos machos que consumiram ractopamina, o que também foi verificado no presente estudo.

Com exceção da espessura de toucinho e da profundidade de músculo, todos os outros parâmetros de características de carcaça avaliados (Tabela 5) foram influenciados tanto pelos níveis de ractopamina quanto pelas categorias de castração. O peso de abate, peso de carcaça quente e porcentagem de carne magra na carcaça foram maiores nos machos imunocastrados e também nos machos que consumiram dieta contendo ractopamina. Rickard-Bell et al. (2009) verificaram que a meia carcaça dos machos imunocastrados foi mais pesada do que as dos machos inteiros e nos animais que consumiram ractopamina. Athayde (2010) também relatou aumento nos valores de peso de abate, carcaça quente e porcentagem de carne magra de suínos que consumiram ractopamina na dieta.

O efeito favorável da imunocastração sobre a porcentagem de carne magra na carcaça foi verificado em diversos experimentos: Xue et al. (1997), Dunshea et al. (2001), Zamaratskaia et al. (2008), Pauly et al. (2009), Moraes et al. (2010), Fàbrega et al. (2010) e Boler et al. (2011).

## **CONCLUSÃO**

A utilização da ractopamina na dieta e a imunocastração proporcionam efeitos benéficos no desempenho e nas características de carcaça dos suínos. Quando o suíno é criado inteiro permite-se a ação natural de seus hormônios que proporcionam ao animal maior deposição de músculo. Quando o suíno é imunocastrado há um aumento na deposição de gordura e é neste momento que se evidenciam os benefícios da utilização da ractopamina. Assim, a utilização da ractopamina e imunocastração refletem no aumento de carne e redução da porcentagem de gordura na carcaça, valorizando este produto no mercado.

## LITERATURA CITADA

Andersson, K., A. Schaub, K. Andersson, K. Lundström, S. Thomke and I. Hansson. 1997. The effects of feeding system, lysine level and gilt contact on performance, skatole levels and economy of entire male pigs. *Livest. Prod. Sci.* 51(1-3):131-140. doi: 10.1016/S0301-6226(97)00097-3.

Apple, J. K., P. J. Rincker, F. K. McKeith, S. N. Carr, T. A. Armstrong, and P. D. Matzat. 2007. Review: Meta-analysis of the ractopamine response in finishing swine. *Prof. Anim. Scient.* 23:179-196.

Athayde, N. B. Desempenho, qualidade de carne e estresse de suínos suplementados com ractopamina. 2010. 106 p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, Brasil, 2010.

Boler, D. D., Kutzler, L. W., Meeuwe, D. M., King, D. R., Champion, D. R., McKeith, F. K. and J. Killefer. 2011. Effects of increasing lysine on carcass composition and cutting yields of immunologically castrated male pigs. *J. Anim. Sci.* 89:2189-2199. doi: 10.2527/jas.2010-3640.

Booth, W. D. 1975. Changes with age in the occurrence of C19 steroids in the testis and submaxillary gland of the boar. *J. Reprod. Fertl.* 42: 459-472.

Campbell, R. G. and M. R. Taverner. 1988. Genotype and sex effects on the relationship between energy intake and protein deposition in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 66:676-686.



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.

Dallanora, D., K. G. Pasinato, R. Pinheiro, G. Machado and C. Henn. 2010. Impact of surgical castration of piglets on growth performance, feed efficiency and health parameters. Page 1140 in Proc. 21th Int. Pig Vet. Soc. Congr., Vancouver, Canada.

Dunshea, F. R., R. H. King, R. G. Campbell, R. D. Sainz, and Y. S. Kim. 1993. Interrelationships between sex and ractopamine on protein and lipid deposition in rapidly growing pigs. *J. Anim. Sci.* 71:2919–2930.

Dunshea, F. R., & R. H. King. 1995. Responses to homeostatic signals in ractopamine-treated pigs. *Brit. J. Nutr.* 73:809-818.

Dunshea, F. R., and I. McCauley. 2001. Immunization of pigs against gonadotrophin releasing factor (GnRF) prevents boar taint and affects boar growth and behaviour. Page 65-71 in *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia*. J. Corbett, ed. NSW, University of New England, Armidale.

Dunshea, F. R., C. Colantoni, K. Howard, I. McCauley, P. Jackson, K. A. Long, S. Lopaticki, E. A. Nugent, J. A. Simons, J. Walker and D. P. Hennessy. 2001. Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. *J. Anim. Sci.* 79:2524-2535.

Dunshea, F. R., D. N. D'Souza, D. W. Pethick, G. S. Harper and R. D. Warner. 2005. Effects of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat. *Meat Sci.* 71(1):8-38. doi: 10.1016/j.meatsci.2005.05.001.

Fàbrega, E., A. Velarde, J. Cros, M. Gispert, P. Suárez, J. Tibau and J. Soler. 2010. Effect of vaccination against gonadotrophin-releasing hormone, using Improvac®, on growth performance, body composition, behavior and acute phase proteins. *Livest. Sci.* 132:53–59. doi:10.1016/j.livsci.2010.04.021.

Favero, J. A. 2000. Abate de suínos machos inteiros - Visão Brasileira. In: 1ª Conferência internacional virtual sobre qualidade de carne suína, 2000, Concórdia, SC. p.212-20. 2000.

Hinson, R. B., H. O. Galloway, D. D. Boler, M. J. Ritter, F. K. McKeith, J. Killefer and S. N. Carr. 2011. Effects of feeding Ractopamine (Paylean) on growth and carcass traits in finishing pigs marketed at equal weights. Page 235 in Abstr. 64th Recip. Meat Conf. Am. Meat Sci. Assoc., Kansas State University, Manhattan, Kansas. *Meat Sci.* 89:235.

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.

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. Zootec.* 36(6):1791-1798.

McCauley, I., M. Watt, D. Suster, D. J. Kerton, W. T. Oliver, R. J. Harrell and F. R. Dunshea. 2003. A GnRF vaccine (Improvac®) and porcine somatotropin (Reporcin®) have synergistic effects upon growth performance in both boars and gilts. *Aust. J. Agric. Res.* 54(1):11-20.

Miller, M. F., Garcia, D. K., Coleman, M. E., Ekeran, P. A., Lunt, D. K., Wagner, K. A., Procknor, M., Welsh, Jr., T. H., Smith, S. B. 1988. Adipose tissue, Longissimus muscle and anterior pituitary growth and function in clenbuterol-fed heifers. *J. Anim. Sci.* 66, 12-20.

Mills, S. E. 2002. Biological basis of the ractopamine response. *J. Anim. Sci.* 80(E. Suppl. 2):E28-E32.

Moody, D. E., Hancock, D. L., Anderson, D. B. Phenethanolamine repartitioning agents. In: MELLO, J. P. F. D. (Ed.). *Farm Anim. Metab. Nutrit.* New York: CAB, p. 65-95. 2000.

Moore, K. L., B. P. Mullan, D. N. D'Souza, M. Danby and D. P. Hennessy. 2006. Additive effects of paylean® and improvac® on the growth performance of entire boars. Page 595 in *Proc. 19th Int. Pig Vet. Soc. Congr.*, Copenhagen, Denmark.

Moore K. L., F. R. Dunshea, B. P. Mullan, D. P. Hennessy and D. N. D'Souza. 2009. Ractopamine supplementation increases lean deposition in entire and immunocastrated male pigs. *Anim. Prod. Sci.* 49(12):1113–1119. doi:10.1071/AN09076.

Moraes, E., C. Kiefer and I. S. Silva. 2010. Ractopamina em dietas para suínos machos imunocastados, castrados e fêmeas. *Cienc.Rural* 40(2):409-414.

Oliver, W. T., McCauley, I., Harrell, R. J., Suster, D., Kerton, D. J., and Dunshea, F. R. 2003. A gonadotropin-releasing factor vaccine (Improvac) and porcine somatotropin have synergistic and additive effects on growth performance in group-housed boars and gilts. *J. Anim. Sci.* 81:1959–1966.

Patience, J. F., Shand, P., Pietrasik, Z., Merrill, J., Vessie, G., Ross, K. A. 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.* 89:53-66. doi: 10.4141/CJAS07152

Pauly, C., Spring, P., O'Doherty, J. V., Ampuero Kragten, S., and Bee, G. 2009. Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically castrated, immunocastrated (Improvac®) and entire male pigs and individually penned entire male pigs. *Animal* 3:1057-1066. doi:10.1017/S1751731109004418.

Pereira, F.A., D. O. Fontes, F. C. O. Silva, W. M. Ferreira, A. M. Q. Lanna, G. S. S. Corrêa, M. A. Silva, P. C. Marinho, C. L. C. Arouca and G. M. Salum. 2008. Efeitos da ractopamina e de dois níveis de lisina digestível na dieta sobre o desempenho e características de carcaça de leitoas em terminação. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 60: 943-952.

Pethick, D.W., G. S. Harper and F. R. Dunshea. 2005. Fat metabolism and turnover. In *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism*, (J. Dijkstra, J.M. Forbes and J. France, eds.), CAB International, Oxford UK, pp 345-371.

Rikard-Bell, C., M. A. Curtis, R. J. van Barneveld, B.P. Mullan, A. C. Edwards, N. J., Gannon, D. J. Henman, P. E. Hughes and F. R. Dunshea. 2009. Ractopamine hydrochloride improves growth performance and carcass composition in immunocastrated boars, entire boars, and gilts. *J. Anim. Sci.* July 31, 2009.

Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Gomes, P. C.; Oliveira, R. F.; Lopes, D. C.; Ferreira, A. S.; Barreto, S. L. T. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 2.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. 186 p.

Rutz, F. and E. G. Xavier. 1998. Agentes repartidores de energia para aves e suínos. Páginas 201-218 nos Anais 35ª Reunião Anual. Soc. Bras. Zootec., Botucatu, Brasil.

Sanches, J. F., C. Kiefer, M. Souza de Moura, C. M. Silva, M. Freitas da Luz e A. S. Carrijo. 2010. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação e mantidos sob conforto térmico. *Cienc. Rural.* 40:403-408. doi: 10.1590/S0103-84782009005000257

SAS - Statistical Analysis System, versão 9.1, 2008.

Stoller, G. M.; H. N. Zerby, 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.* 81:1508–1516.

Takada, R. 2010. The effect of a dietary supplementation of paylean on nitrogen retention and nitrogen excretion in growing pigs. Page 1037 in Proc. 21th Int. Pig Vet. Soc. Congr., Vancouver, Canada.

Weiler, U.; Font i Furnols, M.; Fischer, K.; Kemmer, H.; Oliver, M.A.; Gispert, M.; Dobrowolski, A. and R. Claus. 2000. Influence of differences in sensitivity of Spanish and German consumers to perceive androstenone on the acceptance of boar meat differing in skatole and androstenone concentrations. *Meat Sci.* 54:297-304.

Williams, N. H., T. R. Cline, A. P. Schinckel and D. J. Jones. 1994. The impact of ractopamine, energy intake, and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. *J. Anim. Sci.* 72:3152–3162.

Yen, J. T., Nienaber, J. A., Klindt, J., Crouse, J. D. 1991. Effect of ractopamine on growth, carcass traits, and fasting heat production of U.S. contemporary crossbred and Chinese meishan pure and crossbred pig. *J. Anim. Sci.* 69, 4810-4822.

Xue, J. L., G. D. Dial and J. E. Pettigrew. 1997. Performance, carcass, and meat quality advantages of boars over barrow: a literature review. *Swine Health and Prod.* 5:21-28. Accessed Dez. 19, 20011.

Zamaratskaia, G., L. Rydhmer, H. K. Andersson, G. Chena, S. Lowagie, K. Andersson and K. Lundström. 2008. Long-term effect of vaccination against gonadotropin-releasing hormone, using Improvac™, on hormonal profile and behaviour of male pigs. *Anim. Reprod. Sci.* 108:37–48. doi:10.1016/j.anireprosci.2007.07.001.

### **CAPÍTULO 3**

## Suscetibilidade ao estresse e qualidade de carne de suínos em função das categorias de castração e níveis de ractopamina na dieta<sup>1</sup>

### RESUMO:

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de ractopamina e de duas categorias de castração sobre a susceptibilidade ao estresse e a qualidade da carne de suínos. Setecentos e noventa e dois suínos (Camborough 25 x AGPIC 337) foram distribuídos em delineamento de blocos ao acaso, com arranjo fatorial 2x4: duas categorias sexuais (machos castrados cirurgicamente - MC e imunocastrados - MI) x quatro níveis de ractopamina (0, 5, 10 e 15 mg/kg de ração). No dia do abate dois animais por baia foram selecionados, para as análises de susceptibilidade ao estresse e qualidade da carne, totalizando 144 amostras do músculo *Longissimus dorsi* (LD). Foram realizadas as avaliações de pH, temperatura, cor objetiva e subjetiva, perda de água por exsudação (PPE), perda de água por cocção (PPC), força de cisalhamento (FC), marmorização subjetiva, extrato etéreo (EE) e parâmetros fisiológicos do estresse (cortisol e lactato). Não houve efeito da inclusão de ractopamina na dieta ou da categoria de castração sobre o pH, temperatura, perda de água por exsudação, perda de água por cocção e marmorização subjetiva. A intensidade das cores vermelha e amarela ( $b^*$ ) da carne de machos imunocastrados foram menos intensas ( $P = 0,008$  e  $P = 0,028$ , respectivamente) em relação a carne dos machos castrados. A suplementação com ractopamina na dieta promoveu diminuição ( $P = 0,001$ ) na intensidade da cor vermelha ( $a^*$ ) da carne. Os valores da cor subjetiva das carnes dos machos imunocastrados também foram menores ( $P = 0,032$ ) do que as dos castrados. A suplementação com ractopamina na dieta promoveu aumento da força de cisalhamento



( $P = 0,001$ ). A marmorização subjetiva não sofreu influência da ractopamina ou da imunocastração, porém, a porcentagem de extrato etéreo diminuiu ( $P < 0,001$ ) na carne dos machos imunocastrados. A inclusão de 10 ou 15 mg/kg de ractopamina na dieta promoveu aumento na concentração de lactato sanguíneo dos suínos ( $P = 0,012$ ). Porém, não houve efeito deste aditivo sobre a concentração de cortisol. Não houve efeito da categoria de castração sobre a concentração de lactato e cortisol. Conclui-se que a suplementação de ractopamina em rações para suínos afeta negativamente a concentração de lactato sanguíneo e a maciez da carne e que, apesar da imunocastração ter afetado alguns parâmetros de qualidade da carne como coloração visual, tendência a coloração vermelha e amarela e porcentagem de extrato etéreo, isto não foi suficiente para prejudicar a qualidade da carne dos suínos que foram imunologicamente castrados.

**Palavras-chave:** agonista  $\beta$ -adrenérgico, cortisol, imunocastração, lactato, qualidade de carne, suínos.

## 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 o desempenho e o bem-estar dos animais.

A imunocastração é uma técnica que visa à castração de machos, por meio de uma vacina que atua inibindo a função testicular. Já a ractopamina é um agonista  $\beta$ -adrenérgico que vem sendo utilizado como repartidor de energia em dietas de suínos na fase de terminação. Pesquisas mostram que o uso da ractopamina promove melhora no desempenho (Stoller et al., 2003; Marinho et al., 2007; Sanches et al., 2010), redução da quantidade de gordura (Rutz and Xavier, 1998) e aumento da quantidade de carne magra na carcaça (Williams et al., 1994; Stoller et al., 2003), sem alterar a qualidade da carne (Patience et al., 2009).

Scott et al. (2000) demonstraram que suínos provenientes de linhagens para 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 aumentando a possibilidade de produção de carne PSE (pálida, flácida e exsudativa) e baixo rendimento tecnológico nos processamentos. Por isso é importante verificar o efeito deste repartidor de energia sob as condições de produção de suínos comercial.

Assim, objetivou-se estudar o efeito das categorias de castração e do uso de ractopamina sobre a suscetibilidade ao estresse e qualidade de carne de suínos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos utilizados neste experimento foram desenvolvidos de acordo com os princípios éticos na experimentação animal, protocolo nº 99/2010-CEUA, determinados pela Câmara de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Univ. Estadual Paulista, Câmpus de Botucatu/SP, Brasil.

### *Local, animais e manejo*

O experimento foi realizado na região centro-oeste do estado de Santa Catarina, Brasil. Foram selecionados 1160 leitões machos (Camborough 25 x AGPIC 337) provenientes de 17 granjas comerciais, de acordo com o peso ao nascimento. As castrações cirúrgicas foram realizadas em metade desses leitões no 7º dia de vida e de acordo com os procedimentos padrão de cada granja. Os demais suínos foram mantidos inteiros para serem imunocastrados na fase de crescimento e terminação.

A segunda pesagem dos animais foi realizada no desmame, aos 27 dias, e estes foram transferidos para as instalações de creche.

No término da fase inicial (60 dias) os 1160 suínos foram novamente pesados. A partir desses pesos foram definidos grupos nos quais cada categoria de castração foi dividida em grupos contendo suínos com pesos leves, médios e pesados (três grupos de cada), com densidade animal de 12, 11 e 10 suínos por baia, respectivamente. Em seguida, dentro de cada um dos três grupos, fez-se uma segunda estratificação de pesos (leves, médios e pesados), constituindo nove grupos (Tabela 1). Foram selecionadas ao acaso nove baias para cada um dos quatro níveis de ractopamina, totalizando 36 grupos e 792 suínos, os quais foram alojados nas instalações de crescimento e terminação.

Assim, foi utilizado um delineamento experimental em blocos ao acaso com esquema fatorial 2x4 (duas categorias de castração x quatro níveis de ractopamina) e quatro repetições. Ressalta-se que foi necessário separar os animais em grupos em relação ao peso porque tanto a utilização de ractopamina como a imunocastração podem agir diferentemente em animais leves ou pesados.

Tabela 1. Categorização dos suínos em função dos pesos

Grupo de Peso	Subgrupo de Peso	Peso na saída da fase inicial (kg)
Leves	Leves	19,14
	Médios	20,74
	Pesados	21,84
Médios	Leves	22,86
	Médios	23,86
	Pesados	24,43
Pesados	Leves	25,91
	Médios	27,26
	Pesados	29,80

Todos os suínos que não foram castrados após o nascimento, receberam duas doses da vacina de imunocastração, sendo a primeira aplicada aos 103 dias de idade, oito semanas antes do abate, e a segunda dose aplicada aos 136 dias, quatro semanas antes do abate. A administração desta segunda dose da vacina coincidiu com a quarta pesagem dos animais e com o início do fornecimento das dietas experimentais contendo ractopamina.

As dietas suplementadas com ractopamina (Tabela 2) foram fornecidas de forma controlada, 28 dias antes do abate e dividida em três tratos diários. O grupo controle

recebeu dieta com mesma composição que os demais, porém sem a suplementação da ractopamina.

No dia do abate, aos 164 dias, antes do embarque dos animais para o frigorífico, os suínos foram pesados novamente (quinta pesagem) e a partir desses pesos, foram selecionados dois animais com pesos médios de cada baia para a avaliação dos parâmetros fisiológicos do estresse e da qualidade de carne. A cronologia do experimento está ilustrada na Figura 1.

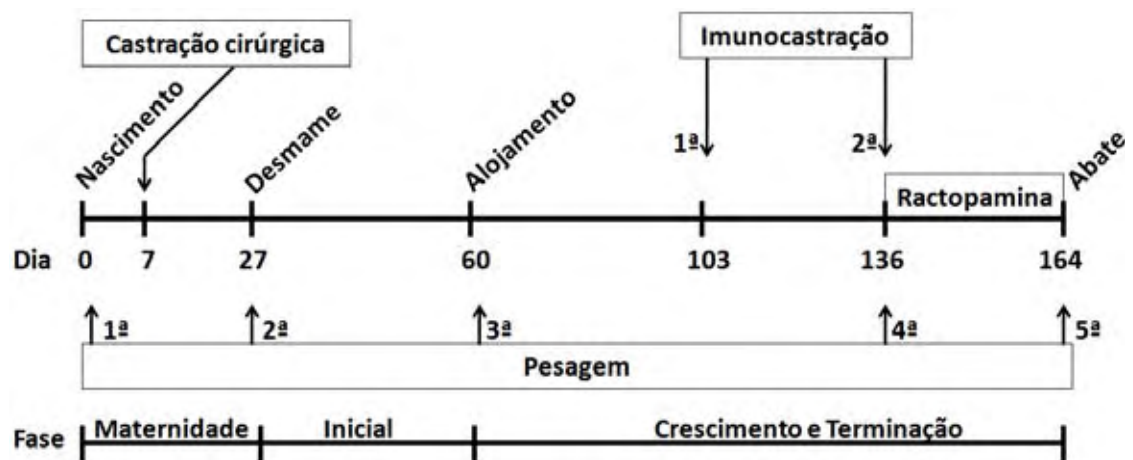


Figura 1. Cronologia do experimento.

Tabela 2. Composições centesimal e calculada das dietas experimentais fornecidas 28 dias antes do abate.

Item	Ractopamina (mg/kg)				
	0	5	10	15	
Ingrediente, %					
Milho	71,498	71,472	71,447	71,422	
Farelo de Soja	23,600	23,600	23,600	23,600	
Óleo de Soja	1,600	1,600	1,600	1,600	
Núcleo <sup>1</sup>	1,500	1,500	1,500	1,500	
Fosfato Bicálcico	0,550	0,550	0,550	0,550	
Calcáreo	0,767	0,767	0,767	0,767	
L-Lisina	0,164	0,164	0,164	0,164	
DL-Metionina	0,072	0,072	0,072	0,072	
Notox <sup>2</sup>	0,250	0,250	0,250	0,250	
Ractopamina <sup>3</sup>	0,000	0,025	0,050	0,075	
Composição Calculada <sup>4</sup>					
PB, %	16,79	16,78	16,78	16,78	
EM, kcal/kg	3276,66	3275,79	3274,96	3274,12	
Lisina total, %	0,99	0,99	0,99	0,99	
Lisina digestível, %	0,89	0,89	0,89	0,89	
Fósforo disponível, %	0,18	0,18	0,18	0,18	
Cálcio, %	0,51	0,51	0,51	0,51	
Ractopamina, mg/kg	0,000	0,025	0,050	0,075	

<sup>1</sup>Fornecendo as seguintes quantidades/kg de ração: manganês, 59,85 mg; zinco, 150,00 mg; ferro, 95,55 mg; cobre, 159,96 mg; iodo, 1,20 mg; selênio, 0,25 mg; vitamina A, 4765,75 UI; vitamina D3, 954,91 UI; vitamina E, 16,38 mg; vitamina K, 1,00 mg; vitamina B1, 0,78 mg; vitamina B2, 3,28 mg; vitamina B6, 0,52 mg; vitamina B12, 12,34 µg; ácido fólico, 0,31 mg; ácido pantotênico, 13,08 mg; niacina, 16,81 mg; biotina, 34,99 µg; metionina, 0,25 g; lisina, 0,63 g; treonina, 0,25g; aditivo antioxidante, 2,32 mg; sódio, 1,50 g; cálcio, 1,65 g; fósforo, 0,49 g; flúor, (máximo) 4,39 mg. <sup>2</sup>Notox: aditivo adsorvente de fumonisina e aflatoxina. <sup>3</sup>Paylean, Elanco Saúde Animal, Speke, Inglaterra. <sup>4</sup>Rostagno et al. (2005).

### ***Manejo pré-abate***

Os suínos foram pesados pela quinta vez aos 164 dias de idade e submetidos ao jejum de aproximadamente quatro horas. Em seguida, os animais foram transportados por quatro horas até um frigorífico localizado na cidade de Chapecó/SC e permaneceram durante seis 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 em média de 14 horas. O abate ocorreu por eletrocussão automática. Após essa etapa, os animais foram imediatamente sangrados na posição horizontal e suspensos ao fim da mesa de sangria na nórea contínua da linha de abate. As carcaças permaneceram em câmara fria e foram submetidas a temperaturas variando entre 1 a 4°C durante 24 horas.

### ***Avaliações dos parâmetros fisiológicos do estresse***

A avaliação dos parâmetros fisiológicos do estresse foi realizada por meio da dosagem do hormônio cortisol e lactato. Imediatamente após o processo de eletrocussão, amostras de sangue foram colhidas a partir do corte da sangria, com auxílio de copo plástico descartável e foram transferidas para tubos de centrífuga. Um desses tubos continha heparina sódica (25000 UI por 5 mL) para posterior separação de plasma e o outro sem heparina sódica para posterior separação do soro. As amostras foram centrifugadas a 3500 rpm por 10 minutos em temperatura ambiente e o plasma e o soro foram transferidos para tubos criogênicos e armazenadas em ultra-freezer (-80°C) até a execução das análises.

As amostras de soro foram utilizadas para análise de cortisol utilizando o método de quimioluminescência (Kit Coat-A-Count<sup>®</sup> Cortisol, Siemens, Los Angeles,

USA), validado previamente (Hausmann et al., 2000). A concentração de cortisol foi realizada em contador gama (Gama Count Cobra II- Packard<sup>TM</sup>). Os coeficientes de variação intra e inter-ensaio foram 11,04 e 2,10%, respectivamente.

As amostras de plasma foram utilizadas para a análise de lactato, de acordo com o método enzimático colorimétrico (Kit Lactato Katal Biotecnológica Ind. Com. Ltda.). Neste método, o lactato da amostra sofre ação da lactato oxidase, na presença de oxigênio produzindo alantoína e peróxido de hidrogênio; este, em presença de um reagente fenólico e de 4-aminoantipirina, sofre ação da peroxidase produzindo um composto corado (quinonimina) com máximo de absorção em 540nm. Os coeficientes de variação intra e inter-ensaio foram 23,42 e 6,94%, respectivamente.

#### ***Avaliações da qualidade de carne***

As avaliações de qualidade de carne foram realizadas em amostras do músculo *Longissimus dorsi* (LD), colhidas entre a 13<sup>a</sup> e 14<sup>a</sup> costela, perpendicularmente à linha média da meia-carcaça e com uma profundidade média de 3,5 cm.

As medidas de pH e temperatura foram realizadas nos períodos de 45 minutos (pH<sub>i</sub>) e 24 horas *post mortem* (pH<sub>u</sub>).

A cor foi avaliada por meio dos métodos subjetivo e objetivo, 24 horas após o abate dos animais. O 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 avaliada com o auxílio do colorímetro Konica Minolta, DL65, ângulo de visão de 0°, com iluminação difusa e componente especular, modelo CR 400 (Câmera Co., Ltd Osaka, Japan). Essas medidas



foram analisadas, seguindo o sistema CIELAB, por meio de leituras de reflectância da luz em três dimensões: L\*, a\* e b\*.

A perda de água por exsudação foi determinada pelo método EZ-DripLoss (Rasmussen and Anderson, 1996). Foram utilizadas amostras de 100 gramas (em duplicatas) dos músculos, colhidas após 24 horas do abate. A gordura subcutânea foi retirada e as amostras pesadas em balança semi-analítica onde 10 das 100 gramas serão 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 calculada por meio 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.

A perda de água por cocção foi mensurada em duas 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. As amostras foram descongeladas em refrigerador a 5° C durante 24 horas. Em seguida, amostras de 100g ( $\pm 0,05$ g), foram embaladas a vácuo e cozidas em banho-maria (80°C durante 1 hora). Ao chegarem à temperatura ambiente foram pesadas novamente para determinação da perda de peso após o cozimento (Honikel, 1987).

A avaliação da força de cisalhamento foi realizada utilizando-se 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 da determinação da perda de água por cocção, de onde foram retirados cinco cubos com dimensão de 1x1x2 cm, os quais foram colocados com as fibras orientadas no sentido perpendicular às lâminas do aparelho Warner-Blatzler.

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 avaliada por meio da análise de porcentagem de gordura intramuscular (extrato etéreo). Para tanto, amostras do músculo LD, *in natura* e em duplicatas, foram processadas conforme procedimentos descritos pela AOAC (2007).

### ***Análise Estatística***

Foi adotado um modelo de análise de variância para dados com resposta categorizada, por meio do modelo  $y_{jik} = \mu + c_i + r_k + cr_{ik} + \varepsilon_{jik}$ ; com  $j=1, 2, \dots, P$  animais dentro de cada baia -  $p=10, 11$  ou  $12$  dependendo do peso;  $i= 1, 2$  categorias de castração;  $k=1,2, \dots, 4$  níveis de ractopamina. Em que:  $y_{jik}$  é a observação da resposta (categorizada) pertencente ao animal  $j$ , categoria de castração  $i$  e ractopamina  $k$ ;  $c_i$  é o efeito de categoria de castração;  $r_k$  é o efeito de ractopamina;  $cr_{ik}$  é o efeito da interação categoria de castração versus ractopamina;  $\varepsilon_{jik}$  é o erro aleatório não observável suposto seguir a distribuição multinomial com média ( $\mu$ ) e variância ( $\tau$ ), dentro de cada combinação fatorial. Para testar o efeito dos fatores foi usado o teste de  $\chi^2$  da razão de verossimilhança. O critério para tomada de decisão adotado foi 5% de probabilidade como taxa de erro. As comparações de contrastes entre ractopamina independentes de

categorias de castração e dentro de cada uma delas foram protegidas pela significância do teste  $\chi^2$  para as fontes principais.

Para verificar se a variabilidade era a mesma entre as duas categorias de castração foi realizado um estudo com o intuito de testar se a distribuição dos animais era a mesma em cada categoria. Para cada variável foram geradas cinco categorias de classe, definidas pelo comprimento de classe, dado por:  $\text{Comp\_classe} = (\text{máximo} - \text{mínimo}) / 6$ . O limite inferior da primeira classe foi dado pelo valor mínimo e o superior da última classe pelo valor máximo. Para cada variável foi contado o número de animais ou unidades experimentais em cada uma das cinco categorias de classe e nas duas categorias de castração. O critério para tomada de decisão adotado foi 5% de probabilidade como taxa de erro. As comparações das médias foram realizadas por meio do teste t de Student. Foi utilizado o programa Statistical Analysis System (SAS, 2008).

## RESULTADOS

Não houve interação entre níveis de ractopamina e categorias de castração para qualidade de carne (Tabela 3) ou parâmetros fisiológicos do estresse (Tabela 4).

Em relação aos parâmetros de qualidade de carne avaliados no músculo LD (Tabela 3), os valores foram influenciados pelos tratamentos, contudo, a carne de machos imunocastrados e aqueles que consumiram ração contendo ractopamina apresentou cor menos vermelha ( $a^*$ ), em comparação com a cor da carne dos machos castrados e daqueles alimentados com dietas sem ractopamina. Quando avaliada de forma subjetiva, a cor da carne dos machos imunocastrados também se apresentou menos avermelhada, porém, esse parâmetro não foi influenciado pela ractopamina. A avaliação da variação de cor de amarela para azul ( $b^*$ ) da carne dos machos

imunocastrados resultou em valores mais negativos do que os castrados, indicando a tendência da coloração para a tonalidade azul. A adição de ractopamina na dieta promoveu aumento na força de cisalhamento nas carnes dos suínos. A marmorização subjetiva não sofreu influência da ractopamina ou imunocastração, porém, a porcentagem de extrato etéreo diminuiu na carne dos machos imunocastrados. Não houve influência da ractopamina na porcentagem de extrato etéreo.

A inclusão de 10 mg/kg de ractopamina promoveu aumento na concentração de lactato sanguíneo dos suínos, independente da categoria de castração. Porém, não houve efeito deste aditivo sobre a concentração de cortisol, que também não foi influenciado pela categoria de castração (Tabela 4).

Tabela 3. Efeito da suplementação de ractopamina (Rac) na ração, categorias de castração e suas interações sobre os parâmetros de qualidade da carne do músculo *Longissimus dorsi* de suínos.

Item	Rac (mg/kg)					Cat. Castração			P – value			
	0	5	10	15	SEM <sup>1</sup>	MC	MI	SEM	Rac	Cat. Castração	Rac x Cat. Castração	SEM
	pH <sup>2</sup>											
pH <sub>i</sub>	6,29	6,35	6,30	6,26	0,03	6,31	6,29	0,02	0,245	0,475	0,106	0,06
pH <sub>u</sub>	5,25	5,28	5,26	5,26	0,01	5,27	5,26	0,01	0,173	0,707	0,073	0,02
Temperatura <sup>3</sup> , °C												
Temperatura <sub>i</sub>	32,02	32,05	32,35	32,15	0,21	32,12	32,16	0,16	0,511	0,939	0,581	0,37
Temperatura <sub>u</sub>	1,41	1,47	1,53	1,47	0,08	1,50	1,44	0,05	0,448	0,273	0,523	0,14
Cor (CIELAB)												
L*	46,46	46,21	45,60	45,96	0,50	46,09	46,05	0,32	0,548	0,914	0,925	0,88
a*	6,12 <sup>a</sup>	5,46 <sup>b</sup>	5,43 <sup>b</sup>	5,60 <sup>b</sup>	0,17	5,85 <sup>a</sup>	5,50 <sup>b</sup>	0,10	0,001	0,008	0,295	0,24
b*	-1,84	-2,03	-2,29	-1,98	0,26	-1,78 <sup>a</sup>	-2,25 <sup>b</sup>	0,18	0,610	0,028	0,948	0,44
Cor Subjetiva	3,41	3,43	3,47	3,54	0,11	3,58 <sup>a</sup>	3,36 <sup>b</sup>	0,07	0,787	0,032	0,679	0,17
Perda de água por exsudação, %	4,30	4,22	3,61	3,89	0,48	3,89	4,16	0,26	0,574	0,423	0,819	0,77
Perda de água por cocção, %	36,07	35,97	35,84	35,62	0,361	35,78	35,97	0,247	0,767	0,522	0,973	0,597
Força de cisalhamento, kg	4,627 <sup>b</sup>	6,015 <sup>a</sup>	6,151 <sup>a</sup>	5,711 <sup>a</sup>	0,351	5,461	5,723	0,235	0,001	0,449	0,171	0,644
Marmorização												
Subjetiva	2,14	2,06	1,88	2,29	0,18	2,24	1,96	0,12	0,276	0,074	0,405	0,29
Extrato Etéreo, %	1,638	1,219	1,331	1,497	0,147	1,693 <sup>a</sup>	1,200 <sup>b</sup>	0,107	0,077	<0,001	0,877	0,291

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na horizontal diferem (P<0,05) pelo teste T de Student, dentro de cada fator para ractopamina e pelo teste

de F para categorias de castração. n = 149. <sup>1</sup>SEM corresponde ao maior erro-padrão encontrado. <sup>2</sup>Valores de pH mensurados 45 minutos (pH<sub>i</sub>) e 24 horas após o abate (pH<sub>u</sub>). <sup>3</sup>Temperaturas mensuradas 45 minutos (i) e 24 horas após o abate (u).

Tabela 4. Efeito da suplementação de ractopamina na ração, imunocastração e suas interações sobre as os parâmetros fisiológicos do estresse de suínos.

Item	Rac (mg/kg)				Cat. Castração			P – value			
	0	5	10	15	SEM <sup>1</sup>	MC	MI	SEM	Rac	Rac x Cat. Castração	SEM
Cortisol, µg/dL	6,98	7,01	7,02	6,81	0,30	7,05	6,87	0,19	0,893	0,543	0,48
Lactato, mmol/L	10,86 <sup>bc</sup>	10,14 <sup>c</sup>	13,59 <sup>a</sup>	12,80 <sup>ab</sup>	0,93	11,25	12,37	0,60	0,012	0,217	1,53

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na horizontal diferem (P<0,05) pelo teste T de Student, dentro de cada fator para ractopamina e pelo teste de F para categorias de castração. <sup>1</sup>SEM corresponde ao maior erro-padrão encontrado. n=149.

## DISCUSSÃO

Todos os valores encontrados para  $\text{pH}_i$  estão dentro dos padrões ideais para carne suína, de 6,00 a 6,50. Os valores de  $\text{pH}_u$ , apesar de estarem abaixo dos padrões ideais para carne suína que seria de 5,50 a 5,80, não diferiram em função da inclusão de ractopamina na dieta ou na castração imunológica (Tabela 3). Moore et al. (2009), Athayde (2010) e Agostini et al. (2011) também não verificaram efeito da ractopamina sobre o pH, porém, Warris et al. (1990) e Wood et al. (1994), relataram que há uma tendência de aumento do pH final da carne em suínos suplementados com ractopamina. Segundo esses autores, isso ocorre porque os agonistas  $\beta$ -adrenérgicos consomem glicogênio muscular, resultando em menor produção e acúmulo de ácido láctico na carcaça após o abate.

Não houve efeito dos níveis de ractopamina ou das categorias de castração na luminosidade ( $L^*$ ), perda de água por exsudação, perda de água por cocção e marmorização subjetiva (Tabela 3). Moore et al. (2009) não encontraram efeitos da ractopamina ou da imunocastração sobre perda de água por exsudação e cocção. Armstrong et al. (2004) e Betts (2011) também não encontraram efeito da ractopamina sobre  $L^*$ . Aalhus et al. (1990), Bridi et al. (2006), Patience et al. (2009), Rincker et al. (2009), Athayde (2010) e Agostini et al. (2011) também verificaram que a porcentagem de perda de água por exsudação não foi afetada pela inclusão de ractopamina na dieta de suínos em fase de terminação. Porém, Aalhus et al. (1990), Smith et al. (1995) e Athayde (2010) relataram aumento na perda de água por cocção quando os suínos foram suplementados com este aditivo. Bridi et al. (2006), Fernández-Dueñas et al. (2008), Kutzler et al. (2011) e Agostini et al. (2011) não verificaram efeitos da ractopamina sobre a porcentagem de perda de água por cocção, quando adicionado na dieta de suínos

em terminação, assim como os resultados encontrados no presente estudo. Entretanto, Betts (2011) relatou redução na porcentagem de perda de água por cocção na carne de suínos que consumiram dieta contendo 5 ou 10 mg/kg de ractopamina.

As carnes nos suínos que foram alimentados com dietas contendo ractopamina apresentaram intensidade de vermelho menos intensa ( $a^*$ ) ( $P = 0,001$ ) quando comparadas as carnes dos suínos do grupo controle. O mesmo foi observado para a carne dos machos imunocastrados ( $P = 0,008$ ) em relação à carne dos castrados (Tabela 3). Diversos autores relataram redução na intensidade da coloração vermelha do músculo LD de suínos que ingeriram dieta contendo ractopamina na dieta (Dunschea et al., 2005; Carr et al., 2005b; Athayde, 2010; Betts, 2011 e Kutzler et al., 2011).

Constatou-se redução ( $P = 0,0028$ ) nos valores de amarelo ( $b^*$ ), associada com a imunocastração, mas nenhum efeito da ractopamina para este parâmetro. Os valores negativos deste parâmetro indicam a tendência da coloração da carne de amarelo para azul. Entretanto, modificações neste parâmetro não afetam a qualidade objetiva da carne suína. Carr et al. (2005a) também avaliaram o músculo LD de suínos suplementados com dieta contendo 10 mg/kg de ractopamina e encontraram redução nos valores de  $b^*$ , assim como Kutzler et al. (2011) ao avaliar a adição de 5 e 7,4 mg/kg deste aditivo. Entretanto, Athayde (2010), Betts (2011) e Agostini et al. (2011) não encontraram efeito da ractopamina sobre este parâmetro, assim como no presente estudo.

A suplementação de ractopamina na dieta promoveu aumento na força de cisalhamento ( $P = 0,001$ ) na carne suína, promovendo menor maciez (Tabela 3). Isso concorda com os resultados de Aalhus et al. (1990) e Athayde (2010) que também encontraram aumento na força de cisalhamento da carne de suínos suplementados com ractopamina. Esta redução na maciez da carne de suínos que consumiram este aditivo



também foi relatada por diversos autores e as principais razões para isso são que a ractopamina causa aumento do diâmetro das fibras musculares (Carr et al., 2005b) e, provavelmente, redução na atividade da enzima proteolítica calpaína (Wood et al., 1994) que em decorrência do aumento na eficiência do crescimento de tecido magro, apresenta-se reduzida, resultando em menor degradação *post mortem* da proteína miofibrilar (Lonergan et al., 2001). Xiong et al. (2006) verificaram que a redução na maciez é explicada pela redução na degradação de proteína e pela quebra de miofibrilas nos músculos de suínos que foram suplementados com ractopamina. Não houve influência das categorias da imunocastração sobre a força de cisalhamento no presente estudo, apesar de ter diminuído a porcentagem de extrato etéreo na carne desses suínos.

A marmorização subjetiva não sofreu influência da ractopamina ou da categoria de castração, porém, a porcentagem de extrato etéreo foi menor ( $P < 0,001$ ) na carne dos machos imunocastrados (Tabela 3). Esta redução na porcentagem de extrato etéreo na carne dos suínos imunocastrados pode estar relacionada ao aumento no diâmetro das fibras musculares associado à redução da lipogênese e ao aumento da lipólise do tecido adiposo, que são ações específicas da ractopamina. Entretanto, Carr et al. (2005a,b) não encontraram efeito da ractopamina para porcentagem de extrato etéreo, assim como Athayde (2010). Em relação à marmorização subjetiva da carne de suínos que foram suplementados com ractopamina, Stites et al. (1991), Stoller et al. (2003), Patience et al. (2009), Apple et al. (2007) e Betts (2011) também não encontraram efeitos, concordando com nossos resultados.

Constatou-se aumento ( $P = 0,012$ ) na concentração de lactato sanguíneo com a inclusão de 10 mg/kg de ractopamina na dieta (Tabela 4). Este resultado indica que os suínos que consumiram este nível de inclusão de ractopamina na dieta foram mais

susceptíveis ao estresse o que causou exaustão muscular. Segundo Shaw and Tume (1992) em situações de estresse há intensa degradação de glicogênio muscular, formando grandes quantidades de ácido láctico que são liberados na corrente sanguínea. Warriss et al. (1990) também constataram aumento nos níveis de lactato para os suínos que receberam outro agonista  $\beta$ -adrenérgico, o Salbutamol. Agostini et al. (2011) informaram que a ractopamina, por ser similar às catecolaminas naturais, pode causar alterações fisiológicas nos animais levando-os a quadros de estresse.

Não houve efeito deste agonista  $\beta$ -adrenérgico sobre a concentração sanguínea de cortisol (Tabela 4), o que concorda com os resultados encontrados por Marchant-Forde et al. (2003), Athayde (2010) e por Betts (2011). Não houve efeito da imunocastração sobre os parâmetros fisiológicos do estresse avaliados.

## **CONCLUSÃO**

A suplementação de ractopamina em rações para suínos afeta negativamente a concentração de lactato sanguíneo (10 mg/kg) e a maciez da carne e que, apesar da imunocastração ter afetado alguns parâmetros de qualidade da carne como coloração visual, tendência a coloração vermelha e amarela e porcentagem de extrato etéreo, isto não foi suficiente para prejudicar a qualidade da carne dos suínos que foram imunologicamente castrados.

## **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.* 70(5): 943-952.

- Agostini P. S., C. A. Silva, A. M. Bridi, R. A. M. Abrami, G. D. Pacheco, A. P. Lozano, M. S. Ywazaki, D. B. Dalto, D. F. Gavioli, E. R. Oliveira, E. G. Bonafé, N. E. Souza, e J. V. Visentainer. 2011. Efeito da ractopamina na performance e na fisiologia do suíno. *Arch. Zootec.* 60 (231): 659-670.
- AMSA. 1995. *Am. Meat Sci. Ass. Research guidelines for cookery sensory and instrumental tenderness measurement of fresh meat.* Chicago, 1995. 48 p.
- AMSA. 2001. *Am. Meat Sci. Ass. Meat evaluation handbook.* Savoy: AMSA, 83-116.
- AOAC. 2007. *Official methods of analysis.* 18<sup>th</sup> ed., 2005, Ass. Off. Anal. Chem., Chapter 39, p.2, item 39.1.05, Current through Revision, Maryland.
- Apple, J. K., P. J. Rincker, F. K. McKeith, S. N. Carr, T. A. Armstrong and P. D. Matzat. 2007. Review: Meta-analysis of the ractopamine response in finishing swine. *The Prof. Anim. Scientist.* 23:179-196.
- Armstrong, T. A., D. J. Ivers, J. R. Wagner, D. B. Anderson, W. C. Weldon and E. P. Berg. 2004. The effect of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 82:3245-3253.
- Athayde, N. B. Desempenho, qualidade de carne e estresse de suínos suplementados com ractopamina. 2010. 106 p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, Brasil, 2010.
- Betts, K. S. The effect of feeding ractopamine on growth performance, carcass composition, muscle quality, and cortisol concentration in purebred Berkshire swine. 118p. Thesis (Master of Science) - The Ohio State University, Ohio, 2011.

- Bridi A. M., A. R. Oliveira, N. A. N. Fonseca, M. Shimokomaki, L. L. Coutinho e C. A. Silva. 2006. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. *Rev. Bras. Zootec.* 35: 2027-2033.
- Carr, S. N., P. J. Rincker, J. Killefer, D. H. Baker, M. Ellis and F. K. McKeith. 2005a. Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 83: 223-230.
- Carr, S. N., D. J. Ivers, D. B. Anderson, D. J. Jones, D. H. Mowrey, M. B. England, J. Killefer, P. J. Rincker and F. K. McKeith. 2005b. The effects of ractopamine hydrochloride on lean carcass yields and pork quality characteristics. *J. Anim. Sci.* 83:2886-2893.
- Dunsha, F. R., D. N. D'Souza, D. W. Pethick, G. S. Harper and R. D. Warner. 2005. Effects of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat. *Meat Sci.* 71: 8-38.
- Fernández-Dueñas, D. M., A. J. Myers, S. M. Scramlin, C. W. Parks, S. N. Carr, J. Killefer and F. K. McKeith. 2008. Carcass, meat quality, and sensory characteristics of heavy body weight pigs fed ractopamine hydrochloride (Paylean). *J. Anim. Sci.* 86: 3544-3550.
- Hausmann, M. F., J. A. Carroll, G. D. Weesner, M. J. Daniels, R. L. Matteri and D. C. Lay, Jr. 2000. Administration of ACTH to restrained, pregnant sows alters their pigs' hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis. *J. Anim. Sci.* 78:2399-2411.
- Honikel, K.O. 1987. Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In: Tarrant, P. V., Eikelenboom, G. and G. Monin, Evaluation and control of meat quality in pigs (pp 273-283). Dordrecht: Martinus Nijhoff.

- Honikel, K.O. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.* 49: 447-457.
- Kutzler, L. W., S. F. Holmer, D. D. Boler, S. N. Carr, M. J. Ritter, C. W. Parks, F. K. McKeith and J. Killefer. 2011. Comparison of varying doses and durations of ractopamine hydrochloride (Paylean®) on late finishing pig carcass characteristics and meat quality. *J. Anim. Sci.* Published online February 11, 2011. [jas.2010-3601](https://doi.org/10.2527/jas.2010-3601). doi: 10.2527/jas.2010-3601
- Lonergan, S. M., E. Huff-Lonergan, L. J. Rowe, D. L. Kuhlers, and S. B. Jungst. 2001. Selection for lean growth efficiency in Duroc pigs influences pork quality. *J. Anim. Sci.* 79:2075–2085.
- Marchant-Forde, J. N., D. C. Jr. Lay, E. A. Pajor, B. T. Richert and A. P. Schinkel. 2003. The effects of ractopamine on the behavior and physiology of finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 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. Zootec.* 36(6):1791-1798.
- Moore, K. L., F. R. Dunshea, B. P. Mullan, D. P. Hennessy and D. N. D'Souza. 2009. Ractopamine supplementation increases lean deposition in entire and immunocastrated male pigs. *Anim. Prod. Sci.* 49: 1113-1119.
- 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.* 89:53-66. doi: 10.4141/CJAS07152

- Rasmussen, A. J. and M. Anderson. 1996. New method for determination of drip loss in pork muscles. In Proceedings 42nd International Congress of Meat Science and Technology (pp. 286-287), 1-6 September 1996, Lillehammer, Norway.
- Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Gomes, P. C.; Oliveira, R. F.; Lopes, D. C.; Ferreira, A. S.; Barreto, S. L. T. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 2.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. 186 p.
- Rincker, P. J., J. Killefer, P. D. Matzat, S. N. Carr and F. K. McKeith. 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. and E. G. Xavier. 1998. Agentes repartidores de energia para aves e suínos. Páginas 201-218 nos Anais 35ª Reunião Anual. Soc. Bras. Zootec., Botucatu, Brasil.
- SAS. 2008. Statistical Analysis System, versão 9.1.
- Sanches, J. F., C. Kiefer, M. Souza de Moura, C. M. Silva, M. Freitas da Luz e A. S. Carrijo. 2010. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação e mantidos sob conforto térmico. *Cienc. Rural*. 40:403-408. doi: 10.1590/S0103-84782009005000257
- Scott, K. A., S. Torrey, T. Stewart and Weaver, S. A. 2000. Pigs selected for high lean growth exhibit increased anxiety response to humans. In: Proceedings 30<sup>th</sup> Society For Neurosciences's Annual Meeting (pp.177), New Orleans, LA, EUA., p. 177.
- 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 Sci.*, Barking, 32:311-329.

- Smith, W. C, Purchas, R. W, van Enkevort, A. and Pearson, G. 1995 Effects of ractopamine on the growth and carcass composition of entire male and female pigs fed ad libitum or at a restricted level. *New Zealand J. Agricul. Res.* 38:373-380.
- Stites, C. R., F. K. McKeith, S. D. Singh, P. J. Bechtel, D. H. Mowrey and D. J. Jones. 1991. The effect of Ractopamine hydrochloride on the carcass cutting yields of finishing swine. *J. Anim. Sci.* 69: 3094-3101.
- Stoller, G. M.; H. N. Zerby, 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.* 81:1508–1516. Accessed Oct. 10, 2011. <http://jas.fass.org/content/81/6/1508>
- Warriss, P. D., S. N. Brown, T. P. Rodolph, and S. C. Kestin. 1990. Interactions between the beta-adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. *J. Anim. Sci., Champaign*, 68:3669 – 3676.
- Williams, N. H., T. R. Cline, A. P. Schinckel, D. J. Jones. 1994. The impact of ractopamine, energy intake, and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. *J. Anim. Sci.* 72:3152–3162. Accessed Nov. 27, 2011. <http://jas.fass.org/content/72/12/3152>
- Wood, J. D., J. Wiseman and D. J. A. Cole. 1994. Control and manipulation of meat quality. In: Cole, D. J. A., Wiseman, J. and M. A. Varley, *Principles of pig science* (pp. 446-448). London: Nottingham University Press.
- 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 Sci.* 73: 600-604.

## CAPÍTULO 4



## IMPLICAÇÕES

A preocupação com o bem-estar animal não é mais somente uma questão de ética e respeito, é uma questão respaldada pela lei que protege e impõem normas para que não haja abusos na produção animal, tornando os produtos adequados à exportação. Ao mesmo tempo em que a produção animal é vista com atenção, é necessário aumentá-la para suprir a demanda da população. Parte dessa população é formada por consumidores exigentes, conscientes e que estão em busca da origem e qualidade ética do produto que chega às suas mesas.

Neste contexto, novas alternativas foram desenvolvidas, como a ractopamina e a imunocastração. A primeira visa aumento de carne e redução de gordura na carcaça, proporcionando maior quantidade de carne magra. A segunda é direcionada à anulação do estresse causado pela castração cirúrgica, dolorosa e prejudicial ao desempenho dos suínos, permitindo a atuação dos hormônios naturais dos animais até o momento da imunização.

Foi constatado neste trabalho que a utilização da ractopamina na dieta e a imunocastração proporcionam efeitos benéficos no desempenho e nas características de carcaça dos suínos. Quando o suíno é criado inteiro permite-se a ação natural de seus hormônios que proporcionam ao animal maior deposição de músculo. Quando o suíno é imunocastrado há um aumento na deposição de gordura, e é a partir daí que se evidenciam os benefícios da utilização da ractopamina. Portanto, a adição de ractopamina na dieta de suínos e a imunocastração refletem no aumento de carne e redução da porcentagem de gordura na carcaça, valorizando este produto no mercado.

No entanto, essas duas alternativas afetam importantes parâmetros de qualidade de carne como cor e porcentagem de extrato etéreo. A inclusão de ractopamina na dieta torna os suínos mais susceptíveis ao estresse e promove redução da maciez.

Assim, é necessário que a utilização da ractopamina e a imunocastração sejam testadas com maior profundidade, e que se verifiquem os fatores que afetam o bem-estar dos suínos e, conseqüentemente, a qualidade da carne desses animais. As avaliações do comportamento, parâmetros fisiológicos do estresse e metabolismo de fibras musculares dos suínos podem ser ferramentas importantes para investigar esses efeitos.

**ANEXO**

# PORK QUALITY STANDARDS

**pork The Other White Meat®**

Quality of fresh pork varies greatly. The quality levels shown below will appear differently to consumers, taste differently when cooked, and perform differently when converted to processed products. High quality pork has greater monetary value than low quality pork. Quality can be evaluated by simply visual appraisal, or it can be determined more accurately by scientific tests. This chart may be used to help identify variations in pork quality. Color and Marbling Standards cards are also available.


## COLOR - TEXTURE - EXUDATION

		
<b>PSE</b> Pale pinkish gray, very soft and Exudative. Undesirable appearance and shrinks excessively.	<b>RFN</b> Reddish pink, Firm and Non-exudative. "IDEAL". Desirable color, firmness and water-holding capacity.	<b>DFD</b> Dark purplish red, very Firm and Dry. Firm and sticky surface, high water-holding capacity

## COLOR STANDARDS

					
<b>1.0</b> Pale pinkish gray to white Minolta L* Value <sup>1</sup> 61	<b>2.0</b> Grayish pink 55	<b>3.0</b> Reddish pink 49	<b>4.0</b> Dark reddish pink 43	<b>5.0</b> Purplish red 37	<b>6.0</b> Dark purplish red 31

## MARBLING STANDARDS<sup>2</sup>

						
<b>1.0</b>	<b>2.0</b>	<b>3.0</b>	<b>4.0</b>	<b>5.0</b>	<b>6.0</b>	<b>10.0</b>

Anexo 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)