



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

LUIENE MOURA ROCHA

**EFEITOS DA RACTOPAMINA, GENÉTICA,
IMUNOCASTRÃO E SUAS INTERAÇÕES EM TERMOS
DE RESPOSTA AO ESTRESSE PRÉ-ABATE, QUALIDADE
DE CARÇAÇA E CARNE DE SUÍNOS**

LUIENE MOURA ROCHA

**EFEITOS DA RACTOPAMINA, GENÉTICA,
IMUNOCASTRACÃO E SUAS INTERAÇÕES EM TERMOS
DE RESPOSTA AO ESTRESSE PRÉ-ABATE, QUALIDADE
DE CARÇAÇA E CARNE DE SUÍNOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Maria Bridi.
Co-orientador: Dr. Luigi Faucitano.

Londrina
2011

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

R672e Rocha, Luiene Moura.

Efeitos da ractopamina, genética, imunocastração e suas interações em termos de resposta ao estresse pré-abate, qualidade de carcaça e carne de suínos / Luiene Moura Rocha. – Londrina, 2011.
129 f.: il.

Orientadora: Ana Maria Bridi.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2011.

Inclui bibliografia.

1. Suíno – Alimentação e rações – Teses. 2. Suíno – Efeito do estresse – Teses. 3. Bem-estar animal – Teses. 4. Suíno – Carne - Qualidade – Teses. 5. Carne – Carcaça – Teses. I. Bridi, Ana Maria. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. III. Título.

CDU 636.4

LUIENE MOURA ROCHA

**EFEITOS DA RACTOPAMINA, GENÉTICA, IMUNOCASTRAÇÃO E
SUAS INTERAÇÕES EM TERMOS DE RESPOSTA AO ESTRESSE
PRÉ-ABATE, QUALIDADE DE CARÇAÇA E CARNE DE SUÍNOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de mestre.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Ana Maria Bridi
UEL – Londrina - PR

Prof. Dr. José Antonio Fregonesi
UEL – Londrina - PR

Prof. Dr. Paulo César Pozza
UEM – Maringá - PR

Londrina, 26 de outubro de 2011.

DEDICO

Dedico este trabalho especialmente a minha avó Iani Rocha e aos meus pais Emília Moura Rocha e Elso Rocha, que sempre me ensinaram a acreditar nos meus sonhos e trabalharam muito para que eu pudesse realizá-los.

AGRADECIMENTOS

Agradeço:

Primeiramente a Deus, pelas oportunidades a mim concedidas, pela coragem e sabedoria para vencer cada obstáculo, pois sem eles as vitórias não teriam o mesmo valor.

À minha mamãe Emília Moura Rocha, por ter suportado com tanto carinho a saudade ainda que sufocante, por seus braços que sempre se abrem quando preciso de um abraço, por seu colo de proteção, sua força e seu amor que me dirigem pela vida e me dão as asas que preciso para voar. Você é a razão de todas as minhas conquistas. Amo você mãe.

Ao meu pai Elso Rocha, pelo exemplo de coragem, simplicidade e persistência em suas metas. Por nunca me deixar desistir e sempre me mostrar que posso chegar mais longe, te amo pai.

Aos meus irmãos Ricardo e Danilo Rocha, e cunhada Suziane Bibiano, pela confiança e cumplicidade.

À minha família, que sempre acreditou e confiou em mim, dando-me forças pra nunca desistir.

Ao meu noivo Danyel Dalto, pela paciência, companheirismo, palavras de incentivo e, sobretudo, pelo amor incondicional que me reconforta e me dá forças para superar obstáculos.

Aos meus antigos e novos amigos, Aline Alves, Grazielle Silva, Eliza Tamashiro Rodolpho do Prado, Eva Maineau e Eleonora Nanonni, que estiveram comigo nesta jornada, e mesmo que distantes, sempre me apoiaram e me deram forças.

À Hélène, François, Rachelle e Anne Sophie, por me receberem em sua casa e tornarem meus dias mais agradáveis.

À família Faucitano, que me acolheu e sempre me fez companhia.

À professora Dra Ana Maria Bridi, por acreditar e confiar em mim e no meu trabalho, pela dedicação e paciência desprendida no decorrer de todos esses anos, mesmo quando atarefada, a senhora nunca me negou seus ouvidos ou suas palavras. E também, pelos “puxões de orelha”, incentivo e exemplo de integridade e profissionalismo.

Ao Doutor Luigi Faucitano, por me dar a oportunidade de realizar este trabalho, pela amizade, paciência, dedicação, por me fazer buscar sempre o meu melhor e por ter sempre um sorriso no rosto.

Aos professores Alexandre Oba e Grazielle Drociunas Pacheco, pelas contribuições no trabalho.

Ao professor Paulo César Pozza, pelas contribuições na dissertação.

Ao professor José Antônio Fregonesi, por me introduzir ao mundo do bem-estar animal e pela colaboração na redação e interpretação dos trabalhos.

À Sophie Horth, pela extrema paciência, broncas, “doubles checks” e, sobretudo, por ter me ensinado a ser uma pessoa melhor a cada dia.

À equipe Marina Bergoli, Ângela Vaneli, Hui Li, William Bertolini, Ariane St Louis, Dominique Morsseti, Marjolaine St Louis, Jeniffer Brown e toda a equipe do laboratório 142 pelo auxílio durante a fase experimental. Sem vocês nada disso seria possível.

Ao Doutor Nicolas Devillers pela colaboração na parte de etologia e estatística.

À Doutora Aline Foury e à Université de Bordeaux, pela colaboração e dedicação na parte de HPLC.

Ao estatístico Steve Methode, pelo auxílio.

À empresa Pfizer Animal Health pelo apoio financeiro, ao Du Breton alimentos, por fornecer a fazenda e as instalações de abates e à Agriculture and Agri-Food Canada por fornecer os laboratórios.

À Universidade Estadual de Londrina, pela formação e orientação profissional. Sem esse alicerce nada hoje seria possível.

Aos funcionários da unidade de abates e da Agricultura and Agri-Food Canada, como, Sophie Boisvert, Julie Chagnon e Jean Pierre Quesnel, que de certa forma colaboraram para que esse trabalho fosse possível.

À minha grande companheira Melody, que me ajudou a enfrentar a parte mais difícil no decorrer desta jornada, que sempre me recepcionou com a felicidade mais sincera, e fez meus dias mais felizes.

Meu sincero, muito obrigada a vocês que tornaram esse projeto, realidade.

E aos suínos, minha eterna admiração.

*“Não tenha medo da vida, tenha medo de não vivê-la.
Não há céu sem tempestades, nem caminhos sem acidentes.
Só é digno do pódio quem usa as derrotas para alcançá-lo.
Só é digno da sabedoria quem usa as lágrimas para irrigá-la.
Os frágeis usam a força; os fortes, a inteligência.
Seja um sonhador, mas una seus sonhos com disciplina,
Pois sonhos sem disciplina produzem pessoas frustradas.
Seja um debatedor de idéias. Lute pelo que você ama.”
Augusto Cury*

ROCHA, Luiene Moura. **Efeitos da ractopamina, genética, imunocastração e suas interações em termos de resposta ao estresse pré-abate, qualidade de carcaça e carne de suínos.** 2011. 129 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da administração da ractopamina, da genética Pietran, da imunocastração e suas interações no estresse pré-abate, carcaça, e qualidade da carne de suínos. Um total de 756 suínos (peso vivo 115 ± 5 kg) foram distribuídos em um delineamento em blocos casualizado em esquema fatorial $2 \times 2 \times 2$, sendo dois grupos (376 e 380 suínos cada), recebendo 7,5 ppm de ractopamina (RAC) ou não (NRAC) em sua dieta durante os últimos 28 dias da finalização do período, 377 foram castrados cirurgicamente (CAS) e 379 foram imunocastrados (IC), e dois genótipos, sendo 379 controles (CONT) e 377 Pietran^{NN} (PI). A castração cirúrgica ocorreu no segundo dia de idade, enquanto imunocastração foi realizada através de duas injeções subcutâneas de IMPROVAC® (2 mL) com 10 e 4 semanas antes do abate. A qualidade da carne foi avaliada no músculo (LD) *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus* (SM). A avaliação de comportamento foi realizada por filmagens feitas durante os 60 minutos iniciais de espera no frigorífico. Foram analisados posições dos animais, número e duração de brigas. Foram coletados sangue e urina no momento do abate para análise de CPK, lactato e níveis de hormônios quantificadores de estresse. Os dados de carcaça, qualidade de carne, parâmetros fisiológicos, comportamento do manejador durante o embarque, postura de animais, duração e número de brigas durante a espera e danos de carcaça foram analisados utilizando o procedimento MIXED (SAS, 2002) para experimentos fatoriais. A ractopamina e a imunocastração proporcionaram produção de carcaças mais magras, sem demonstrar qualquer prejuízo à qualidade da carne. Contudo, a ractopamina influenciou os parâmetros fisiológicos dos animais e seu comportamento. A interação entre ractopamina e imunocastração assegurou a produção de carcaças magras, apresentando efeitos sem prejudicar a qualidade da carne suína. Porém, apresentou alterações fisiológicas, com aumento nos níveis de metabólitos na urina e no sangue, bem como, aumentou a frequência de manipulação usada para conduzir os animais ao caminhão, dificultando o manejo. Assim, foi mais prejudicial para o bem-estar animal. A interação entre genética Pietran e suplementação com ractopamina não influenciou negativamente no comportamento nem em termos de qualidade de carne. Porém, são necessárias mais pesquisas para estudar o efeito dessa interação em nível comercial. Considerou-se neste estudo a imunocastração mais que a genética Pietran, uma alternativa viável para a produção de carcaças magras, sem efeitos importantes em relação à qualidade da carne e ao bem-estar animal.

Palavras-chave: Aditivos. Bem-estar. Beta-adrenérgico. Comportamento. GnRH. Odor sexual.

ROCHA, Luiene Moura. **Effects of ractopamine, genetics, immunocastration and their interactions in terms of response to stress pre-slaughter, carcass and meat quality of pigs.** 2011. 129 f. Dissertation (Master degree in Animal Science) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of administration of ractopamine, genetic Pietran, immuno-castration and their interactions on carcass, meat quality and stress pre-slaughter of pigs. A total of 756 pigs (115±5 kg liveweight) were distributed into two main groups (376 and 380 pigs each), receiving 7.5 ppm of ractopamine (RAC) or not (NRAC) in their diet during the last 28 days of the finishing period. Within each group pigs, 377 castrates (CAS) and 379 immuno-castrates (IC), and two genotypes (379 controls, CONT, and 377 Pietrain^{NN}, PI) were represented according to a 2 x 2 x 2 factorial design. Castration took place at one day of age, while immuno-castration was performed through two subcutaneous injections of Improvac® (2 mL) at 10 and 4 weeks before slaughter. Meat quality was evaluated in (LD) *Longissimus dorsi* and *Semimembranosus* (SM). The behaviour was evaluated by film, during the initial 60 minutes of lairage in the slaughter plant, were analyzed positions of animals, number and duration of fights. For analysis of CPK, and lactate and for levels of urinary hormones were collected blood and urine at slaughter. Data of carcass, meat quality, physiological parameters, behaviour of handler to load, posture of animals, duration and number of fights while lairage and damage were analyzed using the MIXED procedure (SAS, 2002) for factorial designs. The ractopamine immuno-castration produced leaner carcasses, without showing any prejudice for meat quality, but the ractopamine influenced the physiological parameters of the animals and their behaviour. The interaction between ractopamine and immuno-castration, ensured the production of lean carcasses, without any major effect on pork quality. However, had physiological changes, with increased levels of metabolites in urine and blood as well as increased the frequency of handler used to drive the animals to onboard truck, so it was most detrimental to animal welfare. The interactions between genetic and Pietrain ractopamine fed did not influence negatively the behavior or in terms of meat quality, however, more research is needed to study the effect of this interaction on a commercial level. Therefore, it was considered in this study immuno-castration, more than Pietrain Genétic, a viable alternative for production of lean carcasses, without significant impact in relation to meat quality and animal welfare.

Keywords: Additives. Behavior. Beta-adrenergic. Boar taint. GnRF. Welfare.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1 – Estrutura química da androsterona	28
Figura 2 – Estrutura química do escatol	29
Figura 3 – Representação esquemática do GnRH endógeno ligando-se aos receptores específicos na hipófise	30
Figura 4 – Representação esquemática do GnRH natural e de seu análogo sintético	31
Figura 5 – (A) Estrutura geral das fenetanolamina; (B) Estrutura da Ractopamina	38
Figura 6 – Estrutura química dos hormônios adrenais: (a)-Adrenalina (b)-Noradrenalina	39
Figura 7 – Mecanismo de ação da Ractopamina	41
Figura 8 – Esquema da disposição dos tratamentos.....	47
Figura 9 – Esquema de rotação dos tratamentos, com divisão por cores e indicados por Tratamento.....	49
Figura 10 – Termômetro digital (I-button) e administração por via oral	52
Figura 11 – Mapa de disposição das câmeras de vídeo (C1-8), nas baias (1-8), onde nx é o número de animais por baia, na sala de descanso da unidade de abates	55
Figura 12 – Escala fotográfica para avaliação de severidade de lesão.....	57
Figura 13 – Escala fotográfica de avaliação de origem de lesões	58
Figura 14 – Escala de cores do padrão Japonês	59
Figura 15 – Metodologia de Drip Loss proposta por Correa et al.,(2007).....	60

CAPÍTULO 3

Figure 1 – Effects of ractopamine feeding and immuno-castration on the number of fights during lairage. There was a RAC x CAS interaction ($P = 0.01$).....	128
--	-----

Figure 2 – Effects of ractopamine feeding on the duration of fights during lairage. There was an effect of ractopamine administration ($P = 0.004$) 129

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

- Tabela 1** – Efeitos da ractopamina, imunocastração e genética Pietran nas características de carcaça (Peso Vivo (Kg), Peso de carcaça quente (Kg), Rendimento de Carcaça (%) e Rendimento de carne magra (%))103
- Tabela 2** – Efeitos da ractopamina, imunocastração e genética Pietran nas características de qualidade de carne (pHu (final), cor pelo padrão japonês – JCS, Níveis de L*, a* e b* - Cielab, condutividade elétrica, perda de água (por gotejamento) e força de cisalhamento) - avaliados no músculo *Longíssimus dorsi* 104
- Tabela 3** – Efeitos da ractopamina, imunocastração e genética Pietran nas características de qualidade de carne (pHu, Níveis de L*, a* e b* - Cielab, perda de água (por gotejamento) e força de cisalhamento) - Avaliados no músculo *Semimembranosus*105
- Tabela 4** – Efeitos da ractopamina, imunocastração e genética Pietran nos valores de pHu avaliados no músculo *Aductor*.....106

CAPÍTULO 3

- Table 1** – Ethogram of pig behaviour during loading and unloading (adapted from Brown, 2009122
- Table 2** – Handler behaviour towards pigs during loading and unloading123
- Table 3** – Effects of ractopamine feeding, castration method and Pietrain genetics on handler behavior at loading124
- Table 4** – Effects of ractopamine feeding, castration method and Pietrain genetics on pig behavior in lairage125
- Table 5** – Effects of ractopamine feeding, castration method and Pietrain genetics on gastro-intestinal tract temperature.....126
- Table 6** – Effects of ractopamine feeding, castration method and Pietrain genetics on blood metabolites and urinary hormones.....127

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	Erro! Indicador não definido.	5
1 INTRODUÇÃO		16
2 REVISÃO DE LITERATURA		19
2.1 BEM-ESTAR ANIMAL E QUALIDADE DE CARNE SUÍNA		199
3 GENÉTICA		222
4 IMUNOCASTAÇÃO		255
4.1 ASPECTOS FISIOLÓGICOS E HORMONAIS QUE INFLUENCIAM NO ODOR SEXUAL	Erro! Indicador não definido.	27
4.2 APLICAÇÕES E MECANISMO DE AÇÃO		29
4.3 ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS, COMPORTAMENTAIS E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA		311
4.3.1 Respostas Fisiológicas e Comportamentais		311
4.3.2 Efeitos na Deposição de Proteína na Carçaça		323
4.3.3 Efeito na Gordura na Carçaça		344
5 RACTOPAMINA		36
5.1 AGONISTAS BETA-ADRENÉRGICOS (ABA)		37
5.2 DEFINIÇÃO E ESTRUTURA QUÍMICA		38
5.3 MECANISMO DE AÇÃO		39
5.4 ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS, COMPORTAMENTAIS E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA		411
5.4.1 Respostas Fisiológicas e Comportamentais		41
5.4.2 Efeitos na Carçaça e na Carne		42
6 MATERIAL E MÉTODOS		47
6.1 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL		47
6.2 MANEJO		48
6.3 EMBARQUE		49

6.4	DESEMBARQUE	500
6.5	ABATE	501
6.6	ASPECTOS FISIOLÓGICOS	51
6.6.1	Temperatura Corporal.....	51
6.6.2	Níveis de Lactato no Plasma	52
6.6.3	Níveis de Creatina-Fosfo-Quinase (CPK) no Soro	53
6.6.4	Análise de Hormônios na Urina	53
6.6.5	Análise Comportamental.....	54
6.6.5.1	Registros do embarque	54
6.6.5.2	Registros das baias de descanso no frigorífico	55
6.6.5.3	Brigas	556
6.7	ANÁLISE DA CARCAÇA	56
6.8	LESÕES NA CARCAÇA	57
6.9	QUALIDADE DE CARNE.....	58
6.9.1	pH e Temperatura.....	59
6.9.2	Cor	59
6.9.3	Condutividade Elétrica	60
6.9.4	Perda de Água Por Gotejamento.....	60
6.9.5	Força de Cisalhamento.....	6161
7	ANALISE ESTATÍSTICA	6162
8	REFERÊNCIAS	63
	CAPÍTULO 2	75
1	ARTIGO 1	76
1.1	Introdução.....	77
2	MATERIAL E MÉTODOS	79
3	RESULTADOS	8484
4	DISCUSSÃO	8787

5 CONCLUSÕES	9595
6 AGRADECIMENTOS	9596
7 REFERÊNCIAS	9797
CAPÍTULO 3	10707
1 ARTIGO 3	108
1.1 INTRODUCTION.....	108
2 BEHAVIORAL OBSERVATIONS	122
3 PHYSIOLOGICAL MESURES	113
4 RESULTS AND DISCUSSION	115
5 PHYSIOLOGICAL MEASUREMENTS	116
6 CONCLUSIONS	118
7 REFERENCES	119

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

A carne suína é a fonte de vitaminas e proteínas de origem animal mais consumida no mundo, com uma produção de 100 milhões de toneladas anuais, das quais o Canadá é o oitavo produtor e terceiro exportador mundial, com um rebanho superior a 11,0 milhões de cabeças, que em 2010 produziu 1, 750 milhões de toneladas de carne suína. A província de Québec tem se destacado pelos seus altos índices produtivos. É possuidora de 33% do rebanho nacional, com 3,8 milhões de suínos, e representante de 23% do abate nacional (CANADIAN PORK COUNCIL, 2010).

Aspectos como a segurança alimentar, o bem-estar animal e a proteção ambiental ganharam uma dimensão sem precedentes e passam a ter crescente impacto na produção e no consumo de produtos de origem animal no mundo inteiro (WINDHORST, 2001). Neste sentido, a atividade suínica mundial busca métodos para aumentar a eficiência e reduzir os custos de produção, ao mesmo tempo em que busca melhorar a qualidade das carcaças e da carne suína, atendendo às exigências do mercado e do consumidor (CANTARELLI et al., 2009).

Após a aprovação do uso de ractopamina (RAC) na alimentação de suínos, tem-se à disposição dos suinocultores uma alternativa para potencializar o desempenho e a produção de carne. A ractopamina é um aditivo alimentar classificada como um agonista β - adrenérgico (ABA) de ação específica nas células adiposas e musculares (HAESE; BÜNSEN, 2005), que atua como modificador metabólico e possui a capacidade de alterar o crescimento animal (GUYTON; HALL, 2006). Considerada um repartidor de nutrientes, age redirecionando os nutrientes da dieta para o anabolismo protéico em detrimento do lipídico.

Apesar das vantagens, a alimentação de suínos com ractopamina apresenta efeitos negativos do ponto de vista do bem-estar animal. Segundo (MARCHANT-FORDE et al., 2003), suínos suplementados com ractopamina apresentam maior frequência cardíaca e maior circulação sanguíneas de catecolaminas sanguíneas durante o transporte e manejo pré-abate.

Considerando as consequências negativas da alimentação com ractopamina sobre o bem-estar animal, e a crescente preferência dos consumidores por proteína animal oriunda de produções que respeitem o bem-estar animal,

buscam-se alternativas para melhorar a qualidade de carne e carcaça sem prejuízos ao bem-estar animal.

A primeira alternativa proposta seria o uso da raça Pietran, por apresentar elevados ganhos de carne magra e conformações de carcaça. O uso de animais da raça Pietran foi limitado nas últimas décadas devido à sua alta sensibilidade ao estresse, que resultava em perdas de animais e prejuízos à qualidade da carne (FÁBREGA et al., 2002ab). No entanto, a erradicação do gene Halotano (HALⁿ) em animais Pietrain resultou na redução de perdas durante o transporte e em qualidade da carne, sem prejudicar a qualidade e conformação das carcaças (GISPERT et al., 2007).

Uma segunda alternativa seria o uso de machos inteiros. Em geral, quando comparados aos castrados, machos inteiros têm produção de carcaças mais magras e melhores taxas de retenção de nitrogênio (FAUCITANO, 1996). Apesar destes benefícios, de acordo com Warriss e Brown (1985) os machos inteiros apresentam maior atividade e agressividade quando alojados em conjunto com outros animais, proporcionando prejuízos em termos de qualidade da carne.

O principal problema é a presença do odor sexual quando estes atingem a puberdade (BONNEAU; SQUIRES, 2000). Atualmente, o método da castração cirúrgica é mais praticado na produção suinícola mundial, para reduzir o odor de macho inteiro (THUN et al., 2006). Organizações de defesa do bem-estar animal acusam este procedimento como cruel e doloroso para o animal (JAROS et al., 2005).

Nesse aspecto, vêm sendo testados produtos que usam o sistema imunológico de suínos para produzir anticorpos que neutralizam os fatores de liberação de gonadotrofinas endógenas. A imunocastração é uma alternativa à castração cirúrgica para controlar o odor de macho inteiro. Este conceito é atraente devido ao potencial de melhorias na vida de animais de produção, bem como no bem-estar animal e meio ambiente (MCKEITH, 2009).

Portanto, o objetivo geral deste trabalho foi estudar os efeitos da administração de ractopamina, da raça Pietran, da imunocastração e suas interações, em termos de resposta ao estresse pré-abate, qualidade de carne e carcaça. Com este estudo buscou-se uma alternativa ao uso da ractopamina, sem

perder as vantagens em nível de desempenho e qualidade de carcaça e sem penalizar o Bem-estar animal.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 BEM-ESTAR ANIMAL E QUALIDADE DE CARNE SUÍNA

O conceito oficial de bem-estar animal foi citado pela primeira vez em 1965 pelo Comitê Brambell, iniciando assim, um estudo mais aprofundado sobre conceitos e definições desse tema.

Esse Comitê foi uma resposta à pressão da população, indignada com os maus-tratos a que os animais eram submetidos em sistemas de confinamento, relatados no livro *Animal Machines* (Máquinas Animais), publicado pela jornalista inglesa Ruth Harrison em 1964 (LUDTKE, 2010).

Desde então, foram criadas inúmeras definições para bem-estar animal, mas a que melhor se enquadra é a definição de Broom (1991) que sugere que o bem-estar refere-se ao estado de adaptação de um indivíduo em relação a um ambiente, podendo variar de muito ruim a muito bom, de acordo com as diferentes condições sob as quais são criados, relacionado com conforto físico e mental. Exige-se que o processo criatório seja ambientalmente benéfico, eticamente defensável, socialmente aceitável e relevante aos objetivos, necessidades e recursos da comunidade para o qual foi desenhado (FRASER, 1985).

A avaliação do bem-estar animal consiste em mensurações de diferentes variáveis que interferem na vida dos animais (LUDTKE, 2010). Para isso, existe um princípio que funciona como a filosofia e o ponto de partida de todos os estudos de avaliação do estado de bem-estar animal, principalmente aqueles criados para fins exploratórios, chamado de “Cinco Liberdades”, desenvolvido pelo Comitê Brambell em 1965 e melhorado pelo Conselho do bem-estar de animal de Produção do Reino Unido em 1993, em que as ideias centrais são: (1) Liberdade de sede, fome e má-nutrição, (2) Liberdade de dor, ferimentos e doença, (3) Liberdade de desconforto, (4) Liberdade para expressar comportamento natural e (5) Liberdade de medo e diestresse (FAWC, 1993).

A crescente preocupação dos consumidores com a forma como os animais são criados, transportados e abatidos, vem pressionando as agroindústrias ao desafio de um novo paradigma: trate com cuidado, por respeitar a capacidade de

sentir dos animais (senciência), melhorando não só a qualidade intrínseca dos produtos de origem animal, mas também a qualidade ética (LUDTKE, 2010).

Assim, o tema bem-estar animal, juntamente com as questões de sanidade, segurança alimentar e meio ambiente serão os grandes desafios na suinocultura nos próximos anos (HÖTZEL; MACHADO FILHO, 2000).

A qualidade da carne suína pode ser definida como a consequência de fatores ambientais e genéticos juntos, influenciados pelo processo bioquímico que acontece durante a conversão do músculo em carne (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007). É considerada atualmente como uma medida global das características desejadas e valorizadas pelo consumidor, dos aspectos sensoriais, tecnológicos e éticos (WARRISS, 2010), é o resultado líquido dos efeitos e da interação a longo prazo da genética, nutrição, sanidade, do manejo e dos fatores a curto prazo como o manejo dos suínos na granja, embarque, transporte, desembarque, período de descanso no frigorífico, método de atordoamento e abate (WARRISS, 2000).

Os principais atributos de interesse são as características sensoriais da carne (aparência, cor, sabor, textura e suculência), a capacidade de retenção de água (CRA), o conteúdo e a composição de gordura, a estabilidade oxidativa (pH) e a uniformidade (ROSENVOLD; ANDERSEN, 2003). A estas características são somadas as características quantitativas de carcaça, tais como espessura de toucinho, porcentagem de carne magra na carcaça, comprimento de carcaça, entre outros (WARRISS, 2010) e atualmente, as considerações éticas e sanitárias dos sistemas de produção, bem como o impacto que estes provocam no meio ambiente.

De acordo com Ludtke et al. (2009) os fatores de estresse levam a respostas comportamentais e fisiológicas que influenciam negativamente no rendimento de carcaça e qualidade de carne. A ausência de um manejo adequado, leva à ausência de bem-estar e causa frequentemente a produção de uma carne de qualidade inferior e a produtos com problemas como PSE (Pale, Soft e Exudative ou seja, carne de cor pálida, de textura mole e com baixa capacidade de retenção de água) e DFD (Dry, Firm e Dark ou seja, carne de cor escura, de textura firme e com alta capacidade de retenção de água); com um menor prazo de validade (FRASER; BROOM, 1990).

As reações induzidas pelos fatores estressantes no manejo pré-abate podem interferir diretamente nesses atributos de qualidade, interferindo na capacidade de retenção de água, na coloração e no pH, principalmente, resultando em um forte impacto econômico por reduzir rendimento e a qualidade da carne (LUDTKE, 2010).

A carne PSE é de origem multifatorial, e envolve desde o emprego de genéticas (onde são mantidos os genes de suscetibilidade ao estresse), o período pré-abate com manejo inapropriado, o abate até o pós-abate com emprego de processos industriais inadequados (DALLA COSTA et al., 2005). Geralmente, suínos submetidos ao estresse de curta duração pouco tempo antes do abate, podem apresentar uma hipertermia e acúmulo de ácido láctico, levando à rápida queda do pH da carne, desnaturação das proteínas e o aparecimento de carne PSE (LUDTKE, 2010).

Em situações de longos períodos de estresse, o suíno pode esgotar sua reserva de glicogênio muscular antes do abate, o que leva à menor produção de ácido láctico na carne, favorecendo o desenvolvimento bacteriano, e dando um aspecto desagradável na carne suína. Trata-se da carne DFD (LUDTKE, 2010).

Na cadeia produtiva suínica as perdas econômicas verificadas devido a mortalidade dos animais durante o transporte, antes do abate e devido à carnes com defeitos de qualidade PSE e DFD são consideradas elevadas na maioria dos países que se destacam nessa atividade (DALLA COSTA et al., 2005).

O estabelecimento de práticas éticas, que assegurem o fornecimento de produtos saudáveis e de boa qualidade, obtidos através de técnicas que respeitem e garantam boas qualidade de vida a todos os animais, inclusive àqueles que estão prestes a serem abatidos (manejo pré-abate), beneficiará o setor de produção de carne suína com ganhos diretos (proporcionando um maior rendimento de carcaça e melhor qualidade de carne) e indiretos (em função da melhor imagem do produto junto ao mercado consumidor) (PARANHOS, 2002).

3 GENÉTICA

A agregação do conhecimento do genótipo dos animais abre perspectivas muito amplas para a melhoria da qualidade da carne suína (IRGANG, 2008).

Alguns estudos tem mostrado que os valores relativos da carcaça e de cortes nobres são muito importantes para companhias genéticas, produtores de suínos e indústrias cárneas. Estes valores estão associados à proporção de cortes, composição do tecido e características relativas à qualidade da carne (GISPERT et al., 2007).

A raça Pietran caracteriza-se por apresentar alta porcentagem de carne magra, baixo índice de gordura, grande área de olho de lombo, boa conformação de carcaça, alto rendimento de pernil (ROTHSCHILD; RUVINSKY, 1998), devido à prepotência genética para essas características (IRGANG, 2008).

O uso da genética Pietran foi limitado nas últimas décadas pela presença do gene Halotano (Hal^n) em seus cromossomos (FÀBREGA et al, 2002ab). Segundo Fujii et al. (1991) o gene Hal^n é considerado equivalente ao gene *ryr-1* (receptor rianodínico 1) regulador do transporte de cálcio entre as membranas das fibras musculares. É o mais conhecido e estudado fator genético responsável pelo aumento de rendimento de carne magra nas carcaças e redução das taxas de conversão alimentar, porém trazem pioras para aspectos de qualidade da carne (POMMIER; POMAR; GODBOUT, 1998).

Segundo (FÀBREGA et al., 2004), o gene Hal^n é associado a efeitos negativos no comportamento e fisiologia animal, por deixar os animais mais susceptíveis ao estresse, principalmente durante o transporte e manejo pré-abate, ocasionando perdas de animais e alta produção de carne PSE (CULAU et al., 2002ab).

Animais homozigotos para o gene Halotano (nn) são extremamente susceptíveis ao estresse, ocorrendo uma síndrome (PSS – Porcine Stress Syndrome) ou Hipotermia Maligna, que é desencadeada por fatores que causam elevados níveis de estresse, como desmame, brigas, transporte, manejo pré-abate (CULAU et al., 2002a) além de, extremos de temperatura, umidade relativa do ar e

tempo de espera no frigorífico, que resultam em elevados níveis de potássio no sangue e a morte do animal por hipotermia (RAMOS; GOMIDE, 2007).

A PSS ocorre devido a uma mutação genética, que ocorre no cromossomo 6, com a troca do nucleotídeo citosina por timina, resultando na mudança da produção do aminoácido arginina para cisteína no canal regulador de cálcio do retículo plasmático das fibras musculares (BARBUT et al., 2008). O aumento do cálcio no sarcoplasma da fibra muscular ativa o metabolismo muscular, acelera o consumo de glicogénio, prolonga a estimulação da atividade contrátil do músculo, acelerando o metabolismo *post-mortem* e resultando em uma exarcebada elevação da temperatura e queda brusca do pH muscular, resultando em maior incidência de carnes PSE (RAMOS; GOMIDE, 2007).

Desde que o gene Halotano (Hal^n) foi identificado, muitos estudos vem sendo realizados com o intuito de comparar características de desempenho, carcaça e qualidade de carne entre os diferentes genótipos Halotano (LEACH et al., 1996).

Sabe-se que o locus responsável pela sensibilidade possui dois alelos: o alelo normal (N) e o responsável pela sensibilidade (n). Assim reconhecem-se três genótipos: Halotano negativo (NN), que são animais mais resistentes ao estresse e com menor predisposição de gerar a condição PSE; Halotano positivos homozigotos (nn), altamente eficientes na produção de carne magra, mas altamente propensos a desenvolver a condição PSE e Halotano positivos heterozigotos, com susceptibilidade intermediária ao estresse, deposição de carne magra e ao desenvolvimento a condição PSE (RAMOS; GOMIDE, 2007).

Estudos recentes indicam que os animais carreadores do gene Hal (Nn) possuem certas vantagens quando comparados a animais com gene Hal negativo (NN), como melhores taxas de conversão alimentar, rendimento de carcaça e rendimento de carne magra, porém, apresentam maiores taxas de PSE (FISHER et al., 2000). Pommier, Pomar e Godbout (1998) observaram, que a exsudação da carne, após 24 horas, foi 38% maior em animais com genótipo Nn que em animais NN, e a coloração levemente mais pálida para animais Nn , confirmando o efeito negativo do genótipo em termos de qualidade de carne.

De acordo com Courreau (1987) animais livres do gene Hal^n (NN) apresentam melhor desempenho produtivo que animais homozigotos (nn). Neste

aspecto, Gispert et al. (2007), associaram a carcaças de animais Pietran, sem a presença do gene Halotano (NN), maiores resultados de rendimento ao abate (83,34%), maior proporção de pernil (270,9 g/kg), bem como menores porcentagens de gordura na carcaça, melhores conformações e melhor rendimento de pernil, quando comparados à animais das raças Large White, Landrace, Duroc e Meishan.

Esses resultados são indicativos das vantagens da raça Pietran em termos de qualidade de carcaça, com a seleção para o gene halⁿ normal (NN), mantendo as vantagens em termos de carcaça e sem interferir negativamente nas características de qualidade de carne (GISPERT et al., 2007).

Após a erradicação do gene Halⁿ, o Pietran despertou o interesse dos produtores de suínos, e aos poucos vem reconquistando seu espaço no mercado de genética. A raça será cada vez mais utilizada em programas de seleção e dentro de alguns anos, mais de 50% dos reprodutores terminais terão porcentagens elevadas de genética Pietran (D. Godbout, Génétiporc, comunicação pessoal).

Neste sentido, os estudos de Fàbrega et al. (2004) e Gispert et al. (2007) confirmam que a utilização de animais livres do genótipo Halⁿ resulta em benefícios em termos de desenvolvimento muscular e qualidade de carcaça, sem comprometer a qualidade de carne.

4 IMUNOCASTAÇÃO

Diversas são as vantagens da criação de machos inteiros para parâmetros de carcaça em comparação com machos castrados. Os machos inteiros precisam de menos alimento para crescer, têm melhor conversão alimentar e podem, às vezes, crescer mais rápido que os castrados (ANDERSSON et al., 1997). Também podem ser mais resistentes à doenças que prejudicam o desempenho. Apresentam melhor eficiência na retenção de nitrogênio, confirmado devido ao fato de que a presença de nitrogênio no esterco é menor nos machos inteiros que nos castrados (BONNEAU; SQUIRES, 2000).

As razões que têm limitado a produção e abate de machos inteiros dizem respeito à possibilidade do tecido gorduroso desses animais apresentar um odor desagradável, devido à presença de altos níveis de androsterona e de escatol (FAVERO, 2000) e questões relacionadas a aspectos de manejo e qualidade de carne, que podem ser prejudicadas, pois os machos suínos inteiros tendem a ser mais agressivos que as fêmeas e os animais castrados (CRONIN et al., 2003). O principal problema associado com a criação de machos suínos inteiros é a presença do odor sexual na carne, quando estes atingem a puberdade (BONNEAU; SQUIRES, 2000).

O odor sexual na carcaça é um defeito sensorial, caracterizado pelo odor e sabor desagradáveis, que ocorrem quando a carne ou produtos derivados de carne suína de machos “inteiros” (machos não castrados) são cozidos, liberando odores desagradáveis (off-flavor). Este odor ocorre pelo acúmulo e associação dos compostos androsterona (5α -androsterona) e escatol (3-metil-indol) (BONNEAU; SQUIRES, 2000; JAROS et al., 2005; EINARSSON, 2006; ZAMARATSKAIA, 2008; MCKEITH, 2009; VELARDE; MANTECA, 2010).

Estudos sensoriais indicam que em torno de 75% dos consumidores são altamente ou moderadamente sensíveis ao odor sexual, fazendo disso uma significativa questão, para avaliação da qualidade de carne influenciando os padrões de consumo (WEILEER et al., 1997).

As soluções atuais para reduzir o problema de odor de macho inteiro se resumem à castração cirúrgica, realizada nas primeiras semanas de vida, ou ao

abate dos machos mais leves, antes mesmo de atingirem a maturidade sexual e correrem o risco de acumular o odor na carcaça (PFIZER, 2009).

O método da castração cirúrgica, é o mais praticado na produção suinícola mundial, é um procedimento com ação direta nos testículos, impedindo a produção de espermatozoides, androsterona e testosterona, eliminando a possibilidade da ocorrência de odor na carcaça. Conseqüentemente, o manejo causa a redução do comportamento sexual, da agressividade e facilita o manejo destes animais (BONNEAU; ENRIGHT, 1995; THUN et al., 2006). A castração é realizada na primeira semana de vida do animal e em geral, sem o uso de qualquer anestésico ou analgésico (CRANE, 2009).

A castração cirúrgica influencia negativamente a saúde e viabilidade de leitões machos. As razões teóricas pelas quais isso ocorre, incluem a entrada de bactérias no corte cirúrgico e seus efeitos negativos sobre a imunidade. É comprovado que a castração cirúrgica aumenta a mortalidade na fase de pré-desmame em cerca de 1,5%, e suas conseqüências no estresse e alterações hormonais, foram apontadas como possíveis causas do aumento de doenças em suínos castrados (ALLISON, 2009). (PRUNIER et al., 2006), afirmaram que apesar de ser um procedimento de curta duração, induz ao leitão uma série de alterações fisiológicas e comportamentais claramente indicativas de dor e distresse.

De acordo com Crane (2009), a castração cirúrgica é estressante para o leitão. Além de privar o macho suíno de seu anabolismo de crescimento natural que resulta em pioras de 10-15% na eficiência alimentar (BONNEAU; MEADUS; SQUIRES, 1992).

Organizações de defesa do bem-estar animal vêm acusando este procedimento como cruel e doloroso para o animal (JAROS et al., 2005), e estão pressionando, cada vez mais, a cadeia de produção de suínos a abandonar a castração cirúrgica (BONNEAU & SQUIRES, 2000). Países Europeus já adotaram medidas para proibir essa prática sem o uso de anestésico após o 7º dia de vida dos animais. A Noruega e a Suíça proibiram em 2009 a castração de leitões e a União Européia está a procura de alternativas à castração sem anestesia que eliminem o odor sexual, sem provocar sofrimento ao animal (VELARDE; MANTECA, 2010).

Nesse sentido, a imunocastração aparece como uma alternativa viável que vem sendo muito utilizada na produção mundial de suínos em substituição ao método tradicional de castração cirúrgica dos machos.

Define-se imunocastração como um método de castração por meio de vacina anti-GnRH (fator liberador de gonadotrofinas), resultando em uma redução de gonadotrofinas plasmáticas (hormônio luteinizante e hormônio folículo estimulante) e conseqüentemente de testosterona (DUNSHEA et al., 2001). Isso evita o odor e o sabor característico de macho inteiro na carne, melhora o desempenho e as características quantitativas de carcaça (DUNSHEA et al., 2001; JAROS et al., 2005; SILVEIRA, 2009), permite maiores taxas de crescimento, menores taxas de consumo e melhor eficiência alimentar (MACKINNON; PEARCE, 2007). Além disso, reduz o comportamento agressivo dos machos (CRONIN et al., 2003) e propicia a redução do comportamento sexual dos machos maduros, como eventos de montas e agressões (PFIZER, 2009) além de respeitar o bem-estar dos animais.

Assim, além de ser eficiente contra o odor de macho inteiro, permite que os animais sejam beneficiados com os efeitos dos esteróides testiculares no momento de crescimento e deposição de carcaça, permitindo a plena expressão do seu potencial de crescimento (DUNSHEA et al., 2001).

4.1 ASPECTOS FISIOLÓGICOS E HORMONAIS QUE INFLUENCIAM ODOR SEXUAL NA CARNE SUÍNA

À medida que os suínos crescem e atingem a maturidade sexual, ocorre uma série de eventos que controlam a função testicular e contribuem para o acúmulo de odor na carcaça do macho inteiro (BONNEAU; SQUIRES, 2000).

Consideramos que um animal está na puberdade quando este se apresenta hábil a liberar gametas e possui comportamento sexual. Nos machos suínos, a puberdade ocorre por volta dos cinco a oito meses de idade, e o comportamento sexual já começa ser apresentado durante o segundo mês de vida, devido às mudanças hormonais (KYRIAZAKIS; WHITTEMORE, 2006).

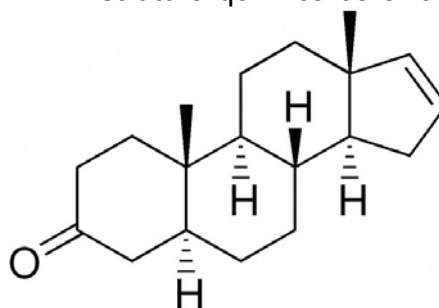
Este processo de maturidade sexual tem início com a liberação, pelo hipotálamo, do fator liberador de gonadotrofinas – também chamado GnRH – que

controla a cascata de eventos que regulam o desenvolvimento e a função testicular. Através da corrente sanguínea, o GnRH chega à hipófise onde se liga ao seu receptor específico, desencadeando a liberação de dois hormônios: o luteinizante (LH) e o folículo estimulante (FSH). Esses dois hormônios circulam pela corrente sanguínea até chegarem aos testículos, onde promovem a secreção dos esteróides sexuais, como a testosterona e a androsterona, que dão origem ao comportamento e às características naturais do macho (BONNEAU; SQUIRES, 2000).

Dentre os esteróides, a androstenona (5- α -androst-16-ene-3-one - Figura 1), produzida pelas células de Leydig dos testículos, quando o animal atinge a maturidade sexual, é um dos principais compostos que contribuem para a produção do odor de macho inteiro (CRANE, 2009; MCKEITH, 2009).

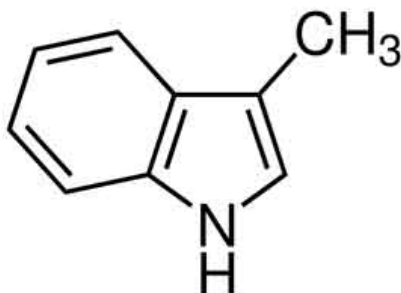
A androsterona funciona como um feromônio e se acumula na glândula salivar em níveis de 100 μ g/g e no sangue em proporções de 10-60 ng/mL. É um composto altamente lipofílico e se acumula principalmente na gordura, onde contribui para o odor sexual (SQUIRES; DENG; WU, 1993; MCKEITH, 2009).

Figura 1 – Estrutura química da androsterona



O segundo principal composto envolvido na produção do odor sexual, é o escatol (3-metil-indol- Figura 2), produzido em machos, machos castrados e fêmeas suínas, por digestão bacteriana do aminoácido triptofano no intestino delgado, onde é absorvido e sintetizado pelo fígado (BONNEAU; SQUIRES, 2000). Os níveis de escatol podem ser influenciados pela genética (BONNEAU; SQUIRES, 2000; VELARDE, 2010), pela dieta (ZAMARATSKAIA et al., 2005) e condições de criação (VELARDE, 2010).

Figura 2 – Estrutura química do escatol



Em suínos, principalmente em machos inteiros, a atividade hepática é menos eficiente para metabolizar o escatol (BORG JENSEN; JENSEN, 1993; AGERGAARD; LAUE, 1993). Isto ocorre porque em machos inteiros, os esteróides liberados pelos testículos reduzem a capacidade de metabolização e eliminação do escatol pelo fígado. Assim este composto tende a se acumular em maior proporção na gordura de machos inteiros do que em animais castrados ou fêmeas (ZAMARATSKAIA; SQUIRES, 2009).

Para Berg et al.(1993) o escatol parece ser o primeiro fator responsável pelo odor sexual de machos, discordando de Berdague et al. (1993); Agergaard e Laue (1993) referem a androsterona como a maior contribuinte. Ambos divergem de Le Denmat et al. (1993) que acreditam que nem a androsterona, nem o escatol, sozinhos, são capazes de resultar no odor sexual, e sim a combinação de ambos.

4.2 APLICAÇÕES E MECANISMO DE AÇÃO

Em busca de novas alternativas que visem o Bem-estar animal e a satisfação do consumidor, em relação a qualidades sensoriais da carne, foi desenvolvido em 1998, na Austrália, um produto com ação imunológica que contém uma síntese modificada da forma do GnRH acoplado a um transportador de proteína imune, que tem demonstrado efetiva redução na produção e acúmulo de ambos produtos (androsterona e escatol) envolvidos na produção do odor sexual na carcaça de suínos (THUN et al., 2006).

O sucesso da imunização requer duas doses de vacina. A primeira dose deve ser aplicada quando os animais atingem de oito a nove semanas de

idade, e apenas sensibiliza o sistema imune do suíno, sem estimular uma resposta imune significativa e sem interferir no crescimento fisiológico normal, na deposição de carne magra e na eficiência alimentar dos animais, mantendo as características de machos inteiros saudáveis. Não ocorre nenhuma alteração no tamanho nem na função dos testículos (PFIZER, 2009).

A segunda dose, administrada quatro semanas antes do abate, estimula uma resposta imune efetiva no macho inteiro, levando à formação de anticorpos específicos contra o GnRH do suíno. Nesta fase ocorre a interrupção temporária do crescimento dos testículos e a redução do comportamento agressivo e sexual do macho (PFIZER, 2009).

O principal mecanismo de ação da imunocastração é a produção de anticorpos específicos para GnRH, interrompendo assim uma cadeia de eventos que levariam à liberação de testosterona e outras substâncias testiculares, além de aumentar a eficiência de metabolização do escatol pelo fígado em função do menor nível de esteróides (PFIZER, 2009).

No processo natural, o GnRH endógeno (Figura 3) se liga a receptores específicos da hipófise e desencadeia a liberação do hormônio luteinizante (LH) e do hormônio folículo estimulante (FSH) que atuam sobre os testículos regulando a secreção dos esteróides testiculares, como a testosterona e a androsterona.

Figura 3 – Representação esquemática do GnRH endógeno ligando-se aos receptores específicos na hipófise (PZIER, 2009)



A vacina de imunocastração possui antígenos (Figura 4) formados por um análogo sintético e incompleto do GnRH natural que é conjugado (ligação covalente) à proteína carreadora (PFIZER, 2009).

Figura 4 – Representação esquemática do GnRH natural e de seu análogo sintético. A modificação na extremidade terminal menor evita a ligação ao receptor do GnRH na hipófise (PZIER, 2009)



Esses análogos de GnRH são conjugados à superfície de uma proteína carreadora, processo este que evita a ligação com o receptor de GnRH na hipófise, e, portanto, elimina parcialmente a possibilidade de atividade hormonal do GnRH e conseqüentemente, os fatores que levariam a liberação do LH e FSH (PFIZER, 2009).

Na ausência do LH e do FSH, os testículos não são estimulados a produzir esteróides, e à medida que ocorre o bloqueio da liberação dos esteróides testiculares, o fígado recupera sua capacidade normal de eliminar o escatol do organismo do suíno (PFIZER, 2009).

4.3 ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS, COMPORTAMENTAIS E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA

4.3.1 Respostas Fisiológicas e Comportamentais

Algumas mudanças comportamentais são influenciadas pela testosterona como a agressividade (STANBENFELD; EDQVIST, 1996), a posição na ordem social para apreensão dos alimentos (KALTENBACH; DUNN, 1982) e a marcação de território por substâncias conhecidas como feromônios, produzidos no rim sob a influência da testosterona (STANBENFELD; EDQVIST, 1996).

Nesse sentido, animais inteiros com produção normal de testosterona tendem a apresentar comportamentos agressivos e montas, que influenciam diretamente no bem-estar dos animais, primeiramente por causar injúrias, lesões, dores e em casos extremos, a morte. Posteriormente, pelo fato de que esses comportamentos aumentam a atividade geral causando um quadro de

estresse no grupo, proporcionando imunodepressão e baixo consumo de ração (VELARDE et al, 2010).

A imunocastração possui a vantagem de atuar inibindo a função testicular, cessando a produção de hormônios gonodotróficos, reduzindo a atividade geral e comportamentos agressivos na fase de maturidade sexual (após a segunda dose da vacina) e assim melhorar as condições de bem-estar animal (VELARDE et al., 2010).

Allison (2009), Zamaratskaia et al., (2008) e Velarde et al., (2008) observaram que animais imunocastrados usaram menos tempo em comportamentos sociais e agressivos comparados a machos inteiros, evidenciando que a imunocastração melhora o comportamento dos animais após a administração da segunda dose da vacina.

Zamaratskaia et al. (2008) também observaram em imunocastrados uma marcante redução no comportamento sexual, confirmado pelos estudos de Allison (2009) e Velarde et al., (2008) que encontraram a redução do número de montas e Velarde et al., (2010), encontraram um menor número de lesões nas carcaças, devido à redução de eventos de monta.

Pauly et al., (2009) e Morales et al. (2010) relataram que houve uma melhora na conversão alimentar e no desempenho de machos imunocastrados, em relação aos machos inteiros, devido ao decréscimo da atividade de comportamento, particularmente a redução de comportamentos agressivos e sexuais, proporcionando menores índices de estresses durante as últimas semanas que antecedem o abate.

Assim, estes estudos comprovam que, após a segunda dose da vacina, o comportamento dos imunocastrados se equipara ao comportamento de machos castrados e significativamente difere dos machos inteiros em termos de surtos de comportamentos agressivos e montas.

4.3.2 Efeitos na Deposição de Proteína na Carcaça

A imunocastração proporciona ao animal melhores performances em deposição de tecido muscular e qualidade de carcaça. Segundo (PAULY et al., 2009), isso ocorre porque os benefícios dos hormônios sexuais, antes da segunda

dose da vacina não foram totalmente perdidos. Assim, animais imunocastrados apresentam melhor eficiência alimentar e carcaças com maior teor de carne magra (FUCHS et al., 2009) que a de animais cirurgicamente castrados.

Segundo (METZ et al., 2002), esses hormônios contribuem para a melhora do desempenho dos animais devido ao aumento de aproximadamente 20% da retenção de nitrogênio da dieta, quando comparados aos machos castrados. Onde produz uma hipertrofia muscular pela estimulação da síntese de proteínas musculares e melhora a reutilização de aminoácidos (BAUER; LACORN; CLAUS, 2008).

Nesse aspecto, Moore et al., (2009) e Pauly et al., (2009), comparando o desempenho e características de carcaça de machos castrados, imunocastrados e animais inteiros, observaram que nos animais imunocastrados o consumo de ração e conversão alimentar foram semelhantes aos apresentados por machos inteiros, indicando melhor eficiência no aproveitamento de nutrientes e ganho de peso diário, em relação aos machos cirurgicamente castrados.

O uso da castração imunológica também apresentou resultados positivos para a composição da carcaça. Silveira e Poleze (2009) e Silveira et al., (2006) encontraram aumento na quantidade de carne magra em cortes de importância comercial, como pernil e lombo, deixando evidente a diferença de deposição de tecido magro, para animais com os diferentes métodos de castração (D'SOUZA; MULLAN, 2003).

(GISPERT et AL, 2010) encontraram diferenças significativas para qualidade de carne, como eletrocondutividade no músculo *Semimembranosus*, apresentando-se menor para imunocastrados que para castrados e fêmeas; luminosidade (L^*) maior para imunocastrados quando comparados a inteiros e coloração vermelha (a^*) maior para imunocastrados em comparação a inteiros, fêmeas e castrados.

Mckeith (2009) ao comparar o peso vivo e peso de carcaça, observou que animais imunocastrados apresentaram maior peso vivo e de carcaça, em relação aos não imunocastrados, confirmando os resultados encontrados por Dunshea et al., (2001) e Cronin et al., (2003), que encontraram um aumento de 3,0 Kg de peso vivo e 1,7 kg de peso de carcaça de animais imunocastrados em comparação aos cirurgicamente castrados. O autor relatou a tendência de animais

imunocastrados apresentarem maiores pesos ao abate quando comparados à animais castrados cirurgicamente e inteiros.

No quesito sensorial, (PAULY et al., 2009) encontraram que a maciez da carne suína apresentou resultados maiores para força de cisalhamento em animais cirurgicamente castrados que imunocastrados e machos inteiros, assim como (IIDA et al., 2011), que encontraram resultados semelhantes para animais castrados cirurgicamente a imunocastrados.

(D'SOUZA et al., 1999) observaram que resultados sensoriais envolvendo sabor, aroma, maciez e aceitação geral da bisteca suína dos animais imunocastrados foram melhores que dos animais inteiros e não diferiram dos cirurgicamente castrados. (IIDA et AL, 2011) encontraram, no teste de avaliação sensorial envolvendo textura durante a mastigação, que os animais imunocastrados apresentaram maiores resultados para força de cisalhamento que animais castrados cirurgicamente. Assim, estes resultados sugerem que a imunocastração foi eficaz em prevenir o odor sexual, concordando com os estudos de (DUNSHEA et al., 2001) e que a imunocastração apresenta controle eficiente do odor sexual, e pode melhorar o marmoreio e proporcionar palatabilidade similar aos animais castrados cirurgicamente.

4.3.3 Efeito na Gordura na Carcaça

O tecido adiposo de machos inteiros naturalmente apresenta um grau de insaturação maior que em machos castrados (EFSA, 2004). De acordo com Mckeith (2009), a utilização da imunocastração diminui em média 10,2% do total de gordura na carcaça em comparação a suínos cirurgicamente castrados.

Silveira (2009) e observou que machos imunocastrados apresentaram uma porcentagem significativamente menor de gordura subcutânea em comparação a machos castrados cirurgicamente. Fuchs et al. (2009) encontraram que animais cirurgicamente castrados apresentaram maior espessura de toucinho quando comparados a imunocastrados. Como esperado, (SILVEIRA et al., 2008), obtiveram resultados evidenciando que a imunocastração resulta na redução dos níveis de escatol na gordura.

Segundo McKeith (2009), o resultado para redução na espessura de gordura e aumento de rendimento de carne magra em animais imunocastrados, é consistente com a literatura onde demonstra que machos imunocastrados apresentam carne menos gordurosa do que os animais cirurgicamente castrados.

(D'SOUZA et al., 1999) reportaram que os animais imunocastrados obtiveram maiores pontuações na avaliação subjetiva do conteúdo de gordura intramuscular do que os castrados cirurgicamente e (GISPERT et al., 2010) encontraram diferenças nas porcentagens de gordura de marmoreio, que se apresentaram maior em imunocastrados que em machos inteiros.

5 RACTOPAMINA

Nos últimos anos, em decorrência das relativas mudanças nas preferências e hábitos alimentares, ou seja, maiores quantidades de cortes nobres, tem-se adotado novas tecnologias na área de nutrição, dentre os quais podem se destacar o uso de aditivos (SCHINCKEL et al., 2001).

Aditivos são substâncias com propriedades funcionais digestivas ou equilibradoras da flora do trato digestório que são adicionados aos produtos ou à água de bebida dos animais ou administrados diretamente ao animal por via oral (BRASIL, 2004).

Dentre os agonistas beta-adrenérgicos, a ractopamina, classificada como agente de repartição, tem sido estudada com maior interesse para a suinocultura, pois altera o metabolismo animal, desviando nutrientes para características desejáveis (BELLAVAR et al., 1991; PALERMO NETO, 2002).

A ractopamina é um aditivo de grande interesse para uso na suinocultura, aprovada nos Estados Unidos para uso em alimentação animal desde 1999 (MARCHANT-FORDE et al., 2003) e no Brasil desde abril de 1996 (BRASIL, 1996). Com essa aprovação, tem-se a disposição uma alternativa para potencializar o desempenho e aumentar a produção de carne suína de qualidade (MORALES et al., 2010).

Segundo Vasconcelos et al. (2007), este composto apresenta ação com intensidades diferentes de acordo com a espécie, sendo que suínos apresentaram muita sensibilidade. A absorção da ractopamina quando administrada por via oral para suínos, varia de 80 a 90%, que de acordo com Palermo Neto (2002) permite assegurar uma boa eficácia, quando administrado por via oral.

Sendo classificada como modificador metabólico, a ractopamina possui a capacidade de alterar o crescimento animal (GUYTON; HALL, 2006). Essa substância redireciona os nutrientes para o anabolismo protéico em detrimento do lipídico, contribuindo desta forma para a melhoria do desempenho (ZAGURY, 2002), das taxas de crescimento (ARMSTRONG et al., 2004), eficiência alimentar (ARMSTRONG et al., 2004; PEREIRA et al., 2008) e das características de carcaça em suínos (LINDEMANN et al., 1995; ZAGURY, 2002; SCHINCKEL et al., 2003;

ARMSTRONG et al., 2004), devido à melhora na retenção de nitrogênio e aumento da eficiência de utilização dos nutrientes da dieta.

A ractopamina melhora as taxas de síntese protéica, devido à modificação da proporção da proteína em relação à gordura (APPLE et al., 2004; SILVA et al., 2008) e redução da deposição de gordura na carcaça (PÉREZ et al., 2002), alterando assim, o perfil de ácidos graxos na carne (RADCLIFFE, 2004).

De acordo com Armstrong et al. (2004), o uso da ractopamina na alimentação de suínos não altera atributos relacionados à qualidade da carne como cor, marmoreio, firmeza e pH. Divergindo destes resultados, Depreux et al. (2002) e Chang et al. (2003) encontraram efeito da ractopamina sobre a cor da carne, com aumentos dos valores de a^* e b^* , devido a mudanças na composição das fibras musculares.

Aumentos no percentual de carne magra na carcaça e área de olho de lombo foram obtidos por See et al. (2004); Carr et al. (2005) e Marinho et al. (2007), que encontraram também aumentos para a profundidade de lombo.

5.1 AGONISTAS BETA-ADRENÉRGICOS (ABA)

Os agonistas β - adrenérgicos (ABA) são análogos estruturais das catecolaminas, tendo influência especialmente nas células adiposas e musculares (HAESE; BÜSEN, 2005).

As catecolaminas (Adrenalina, Dopamina e Noradrenalina) são hormônios secretados pelo sistema nervoso simpático. Conceitualmente, a noradrenalina é secretada como neurotransmissor nos terminais simpáticos pós-ganglionares, podendo chegar à circulação frente a uma hiperestimulação simpática, ao passo que a adrenalina é o principal hormônio secretado pela medula adrenal frente a situações de estresse, preparando o organismo para situações de luta ou fuga (PÖPPL, 2009).

As catecolaminas, principalmente, a Adrenalina e a Noradrenalina, podem precipitar uma série de funções fisiológicas, seja por estimulação sináptica no sistema nervoso central, inervação direta de determinados órgãos pelos nervos simpáticos, ou ainda na circulação com ação hormonal (PÖPPL, 2009).

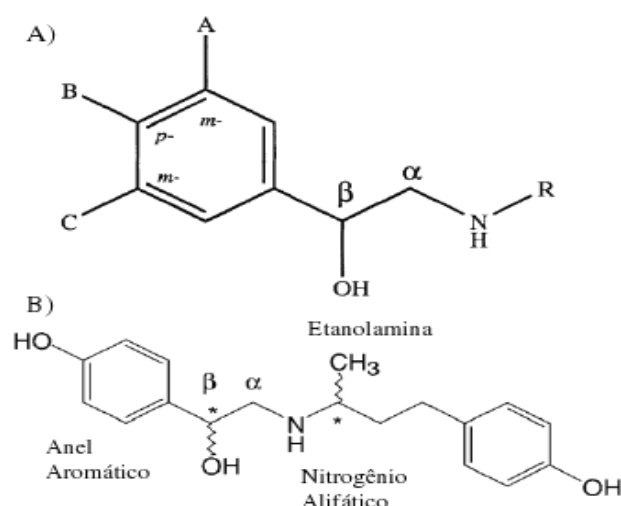
Os efeitos das catecolaminas são mediados por receptores periféricos do tipo α e β , que podem ser divididas em outras subclasses ($\alpha 1A$, $\alpha 1B$, $\alpha 1D$, $\alpha 2A$, $\alpha 2B$, $\alpha 2C$ e $\beta 1$, $\beta 2$ e $\beta 3$), o que aumenta muito a variedade de ações destes hormônios, de acordo com a distribuição dos receptores em diversos tecidos, como o tecido adiposo e muscular.

Neste sentido, a ractopamina, tem demonstrado grande capacidade de propiciar aumentos da massa muscular esquelética por meio de hipertrofia celular, ao mesmo tempo em que reduz consideravelmente os teores de gordura das carcaças (SCHINCKEL et al., 2001).

5.2 DEFINIÇÃO E ESTRUTURA QUÍMICA

A ractopamina é uma fenofetamina agonista β - adrenérgica usada na alimentação de suínos, para redirecionar os nutrientes para um aumento da qualidade de carne em cortes nobres e uma melhoria na eficiência de produção (ARMSTRONG et al., 2004), caracterizada (Figura 5) pela presença de anel aromático, cadeia lateral da etanolamina e nitrogênio alifático (SMITH, 1998).

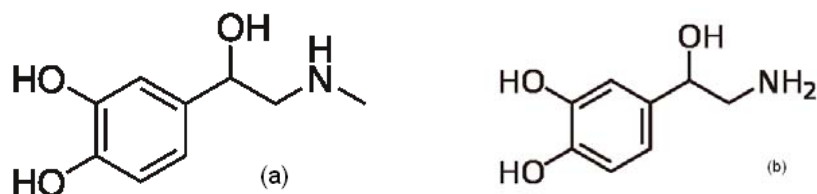
Figura 5 – (A) Estrutura geral das fenetanolamina; (B) Estrutura da Ractopamina. Adaptado de Smith, 1998



Dessa maneira, é uma substância pertencente a uma classe genérica de catecolaminas que apresenta estrutura e propriedades farmacológicas

análogas a epinefrina e noroepinefrina (Figura 6) porém, com ação mais específica sobre receptores adrenérgicos do tipo β (SMITH, 1998).

Figura 6 – Estrutura química dos hormônios adrenais: (a)-Adrenalina (b)-Noradrenalina. Adaptado de Lehninger (2007)



5.3 MECANISMO DE AÇÃO

Receptores são designados como uma molécula ou um complexo de moléculas, capaz de reagir e interagir com hormônio, droga ou neurotransmissores e após esta interação, gerar sinal capaz de iniciar uma cadeia de eventos que resulta em resposta biológica (LEHNINGER, 2007).

De acordo com Nogueira (1999), os agonistas β - adrenérgicos atuam inibindo ou excitando as células receptoras. Os receptores das células-alvo podem ser receptores adrenérgicos α ou β . Podem ainda ser subdivididos em receptores α_1 e α_2 , bem como β_1 e β_2 , que de acordo com Lehninger et al. (2007), são definidos por sutis diferenças nas suas afinidades e respostas a um grupo de agonistas e antagonistas, encontrados em tecidos-alvos diferentes e mediando respostas diferentes a epinefrina.

Nogueira (1999) diferencia os receptores α , como sendo os mediados pela ativação do sistema de segundo mensageiro trifosfato de inositol/diaglicerol, e os β subdivididos em β_1 e β_2 com base na capacidade de serem bloqueados por antagonistas. De acordo com Mills (2002), receptores β_1 -adrenérgicos (prevalentes no miocárdio e responsáveis pelo inotropismo e cronotropismo positivos) parecem estar intimamente relacionados com a lipólise, enquanto os receptores β_2 -adrenérgicos (prevalentes nos músculos lisos e esqueléticos, são responsáveis pelo relaxamento muscular), possivelmente, não estejam envolvidos com a cascata lipolítica.

O tecido adiposo da maioria dos mamíferos contém β -receptores que, quando ativados pelas catecolaminas, promovem redução do teor de gordura

do corpo. O tecido muscular, por sua vez, contém receptores β -adrenérgicos que, quando acionados propiciam uma função muscular específica (HAESE: BÜSEN, 2005).

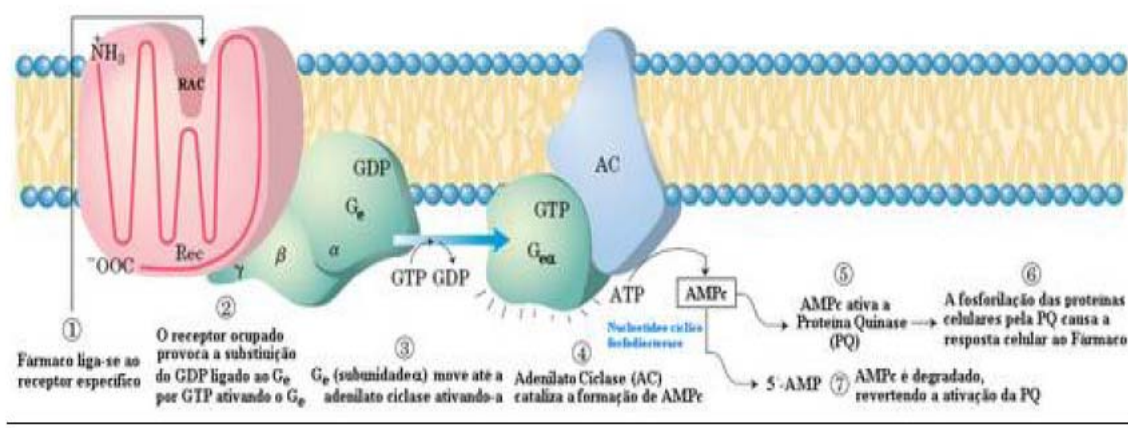
O efeito fisiológico de mobilização das reservas de energia, incluindo glicogênio e gordura, depende não só do hormônio atuante, mas também da afinidade do tecido com o mesmo, impondo assim o nível de limitação da lipogênese enquanto a lipólise será estimulada (MERSMANN, 1990). Sendo assim, os receptores adrenérgicos, presentes nas membranas das células dos tecidos adiposo ou muscular, são os responsáveis pela resposta às catecolaminas (RAMOS; SILVEIRA, 2001).

Estudos de Liang e Mills (2002) encontraram que o tecido adiposo do suíno expressa três tipos de receptores β -adrenérgicos, com o β 1 perfazendo aproximadamente 75%, o β 2 20% e o β 3 apenas 5 % do total de receptores β -adrenérgicos, explicando a alta responsividade a utilização de β -adrenérgicos.

Segundo (MERSMANN et al., 1997) quando os agonistas β -adrenérgicos se unem aos receptores específicos, no metabolismo celular, ocorre uma troca no receptor. Este mecanismo permite que o complexo agonista β -adrenérgico-receptor se ligue a uma proteína reguladora guanosina trifosfato, causando uma alteração de conformação da proteína G, que permite que a guanosina trifosfato se transforme em guanosina difosfato.

A guanosina trifosfato interage com adenilato ciclase, formando o complexo que converte adenosina trifosfato para adenosina monofosfato cíclica. A adenosina monofosfato cíclica age sobre proteínas quinase-dependentes de AMP cíclico. Como consequência, ocorre à fosforização de várias proteínas, resultando no aumento do catabolismo (lipólise) e uma redução do anabolismo proteico (MERSMANN et al., 1997).

Figura 7 – Mecanismo de ação da ractopamina, adaptado de Lehninger (2007)



5.4 ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS, COMPORTAMENTAIS E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA

5.4.1 Respostas Fisiológicas e Comportamentais

Acredita-se que a ractopamina, por ser similar às catecolaminas, possa gerar alterações fisiológicas e alterações de comportamento nos animais, apresentando aumento na frequência cardíaca, que por sua vez também desencadeia alterações na frequência respiratória e no pH sanguíneo (variações das concentrações de oxigênio e gás carbônico no sangue) levando a um conseqüente quadro de estresse (AGOSTINI et al., 2008). O estresse é definido por Hötzel; Machado Filho (2000) como resposta do organismo a qualquer alteração do ambiente numa tentativa de manter a homeostase e, no caso de estresse térmico, realizar a termorregulação.

Segundo Marchant Forde (2003), quando o animal entra em um quadro de estresse, há uma ativação do sistema nervoso simpático e do eixo hipotalâmico-pituitário-adrenal, o que levará a um aumento da concentração e circulação de catecolaminas e aumento das taxas cardíacas, respostas típicas do estresse.

(POLETTTO et al., 2010) relatou que os efeitos da alimentação com ractopamina na agressividade de suínos, em fase de terminação, tem o potencial de reduzir a produtividade e o bem-estar. Esse estudo demonstrou que a alimentação nesta fase causou alterações de comportamento dos animais, como mordedura de

barras, mastigação simulada, mais tempo sentados que deitados e ainda aumento da atividade motora e do estado de alerta (POLETTI et al., 2010). Assim, o uso de ractopamina em suínos na fase de terminação, tem potencial de estimular respostas semelhantes a quadros de estresse.

Segundo Clement; Gemsa; Weseman (1992), a adição de ractopamina pode contribuir também para aumentar o número de interações sociais, aumentando a ocorrência e severidade das interações agonísticas.

Apesar de não existir concordâncias entre os autores sobre a real causa de carnes PSE e DFD, atribui-se sua origem a razões de ordem genética, bioquímica e ambiental, mas a principal causa desencadeadora é o estresse que precede o abate (RAMOS; GOMIDE, 2007). Sendo assim, a ractopamina torna os animais mais sujeitos a apresentarem defeitos de qualidade de carne como PSE e DFD, pelo fato de diminuir o limiar de resposta ao estresse desses animais.

Em âmbito fisiológico, Palermo Neto (2002) encontrou resultados que comprovam que os β -adrenérgicos são capazes de aumentar os níveis sanguíneos de lactato, constituindo um forte indicador da ocorrência de glicogenólise muscular, que de acordo com Lister (1989) são indicativos de estresse pré-abate.

Cantarelli (2007), verificou que a utilização de ractopamina resultou em menores valores de uréia plasmática, maior síntese de proteína muscular e atribuiu à ractopamina esses efeitos. Segundo Cantarelli (2007), essa diminuição nos valores de ureia plasmática, ocorre devido ao aumento na síntese protéica no músculo, aumento na utilização de nitrogênio e consequente diminuição do teor de ureia circulante no plasma.

5.4.2 Efeitos na Carcaça e na Carne

Os principais efeitos da ractopamina, sob o ponto de vista metabólico, estão relacionados ao tecido muscular esquelético e à gordura corporal dos animais, havendo pouca influência sobre o metabolismo glicídico (RAMOS & SILVEIRA, 2001).

Assim, ao mesmo tempo em que ocorre redução na síntese lipídica, há aumento na síntese proteica, o que proporciona melhora do desempenho e das características de carcaça dos suínos (SCHINCKEL et al., 2003).

Segundo (BELLAVAR et al., 1991), no metabolismo proteico de animais submetidos à ação da ractopamina há um aumento da síntese protéica, principalmente da actina e miosina, e como consequência, há uma melhora da qualidade das carcaças.

A diminuição da proteólise apresenta-se como fator importante para o aumento da quantidade de carne magra nas carcaças de animais alimentados com dietas contendo ractopamina, sendo comprovada por meio do decréscimo da excreção de 3-metil-histidina, produto resultante do catabolismo proteico (MOLONEY; BEERMANN, 1996). Esse incremento na deposição proteica ocorre sem estimular o consumo de alimento, efeito que se atribui a melhor eficiência da proteína para o crescimento (NOGUEIRA, 1999).

A ação hipertrófica da ractopamina sobre o músculo esquelético pode ser mediada pelo IGF-I (Insulin-like Growth Factor-I), que atua estimulando a síntese de proteína miofibrilar pelas células musculares (ROE et al., 1989). A taxa de deposição protéica aumenta principalmente nos músculos esqueléticos, consequente ao efeito positivo na retenção de nitrogênio (ARMSTRONG et al., 2004).

Assim, uma das respostas do metabolismo animal ao uso de ractopamina é o aumento da massa muscular, ocasionado pelo aumento no diâmetro das fibras musculares, denominada hipertrofia, ocorrendo principalmente nas fibras brancas (AALHUS et al., 1992; SILVA et al., 2008).

A hipertrofia ocorre primeiramente no sentido longitudinal da fibra muscular em virtude do aumento do número de sarcômeros e, posteriormente, ocorre o aumento do diâmetro pela deposição de proteínas miofibrilares (BRIDI; SILVA; HIOSHI, 2008).

A hipertrofia muscular induzida pela ractopamina em suínos resulta, em partes, do estímulo à síntese de proteínas miofibrilares, que se apresentou maior nos músculos *Longissimus dorsi* e *Bíceps femoris* de suínos tratados com ractopamina, bem como de um aumento da extensão das proteínas sarcoplasmáticas (ADEOLA, 1989, apud SQUIRES et al., 1993).

Provavelmente, o aumento da síntese de proteína no músculo pode ser resultado do aumento da expressão gênica das miofibrilas, havendo incremento na concentração de RNAm da α -actina, como foi observado no estudo de Bergen et

al., (1989); Grant et al., (1993) com suínos alimentados com ractopamina. Como já verificado por Gonzalez; Silva (2006), a quantidade de proteína sintetizada pode ser modificada, em longo prazo, por alterações no número de ribossomos e, em curto prazo por alteração na taxa de síntese de ribossomo.

O uso de agonistas β - adrenérgicos pode induzir mudanças nos sistemas de produção de calpastatinas, que de acordo com Rübensam; Felicio; Termignoni (1998) tem sua atividade relacionada com a força de cisalhamento e maciez da carne.

Segundo Koohmaraie (1992) apud Ramos e Gomide (2007) as proteínas actina e miosina não apresentam evidências de degradação durante o processo de maturação, o que evidencia que as calpaínas são as principais responsáveis pelo amaciamento miofibrilar da carne *post mortem*.

As calpaínas, proteases ativadas por cálcio, presentes no sarcoplasma, são, juntamente com as catepsinas, proteases ácidas que se encontram no lisossomo, as únicas enzimas capazes de hidrolisar proteínas miofibrilares (RAMOS;GOMIDE, 2007). Já as calpastatinas são substâncias inibidoras das calpaínas que impedem a degradação das proteínas musculares por ocasião de estocagem das carcaças e cortes cárneos, possuem sítios de fosforização e sua fosforização e expressão são dependentes de estímulo β - adrenérgicos (CONG; THOMPSON; GOLL, 1998). Desta forma, Parr et al. (2004) afirmam que animais suplementados com agonistas β - adrenérgicos induzem a profundas mudanças no sistema das calpaínas.

Assim, (SAINZ et al., 1993) afirmaram que a adição de ractopamina em dietas para suínos, promoveu aumento na quantidade de carne na carcaça, devido à menor ação da calpaína sobre a proteólise do músculo, diferentemente de Beerman (2002), que encontrou em seus estudos que as atividades de enzimas associadas com a degradação protéica, catepsína e proteases dependentes de cálcio, não foram alteradas em suínos suplementados com ractopamina.

Considerando que as proporções entre as atividades das calpastatinas e calpaínas determinam a velocidade da atividade proteolítica *post mortem* e conseqüentemente, a velocidade de maturação da carne, animais com elevados níveis de atividade de calpastatinas usualmente produzem carnes menos macias (RAMOS; GOMIDE, 2007). Resultados encontrados por (PARR et al., 2004),

sustentam que a carne de animais tratados com ractopamina apresenta maior força de cisalhamento e menor índice de fragmentação miofibrilar durante o período de amaciamento da carne, coincidentes com o aumento da expressão gênica relativa às isoformas da calpastatina.

A diminuição das gorduras corporais, particularmente, a subcutânea e a intermuscular, são os efeitos mais visíveis quando há uso de ractopamina em dietas para suínos (CARR et al., 2005).

O acréscimo de gordura na carcaça é dependente de fatores que regulam a repartição de nutrientes no adipócito, sendo que esse aumento de gordura fica mais evidente com o aumento do peso de abate (BELLAYER, 1991).

Segundo Rutz e Xavier (1998), o metabolismo lipídico dos adipócitos é principalmente regulado pela insulina e pelas catecolaminas epinefrina e noroepinefrina. A insulina apresenta efeito anabólico sobre o tecido adiposo, já as catecolaminas atuam sobre receptores β - adrenérgicos no tecido adiposo e constituem o principal mecanismo de controle do metabolismo lipídico, levando a uma redução do anabolismo e aumento do catabolismo.

A administração de ractopamina apresenta entre outros efeitos uma redução de gordura na carcaça (MARINHO et al., 2007; LEONARDO, 2008). No entanto, esse efeito aparece sem a diminuição do número de adipócitos, mas apenas de seu tamanho (PALERMO NETO, 2002). Segundo Mills et al. (1990), a redução de gordura na carcaça suína provavelmente é resultado direto dos efeitos da ractopamina no tecido adiposo pela estimulação da taxa de lipólise e interferência com a conversão de glicose para o armazenamento de triglicérides. Para Rule et al., (1987), a lipólise ocorre em consequência do acréscimo das concentrações plasmáticas de ácidos graxos livres e de glicerol.

Esses resultados foram constatados por Liu e Mills (1990); Mills (2002); Haese e Bünzen (2005), que observaram que a ractopamina reduz a sensibilidade à insulina, por inibir a ligação da insulina no receptor adrenérgico e assim antagoniza a ação da insulina nos adipócitos suínos, sendo capaz de inibir a lipogênese, particularmente no tecido subcutâneo e intermuscular.

Page et al. (2004), demonstraram que a ractopamina tem capacidade de aumentar a apoptose no tecido adiposo de ratos, fato que, segundo

(WEBER et al., 2006), pode explicar parcialmente a razão de suínos suplementados com a mesma, geralmente apresentarem menor quantidade de gordura na carcaça.

6 MATERIAL E MÉTODOS

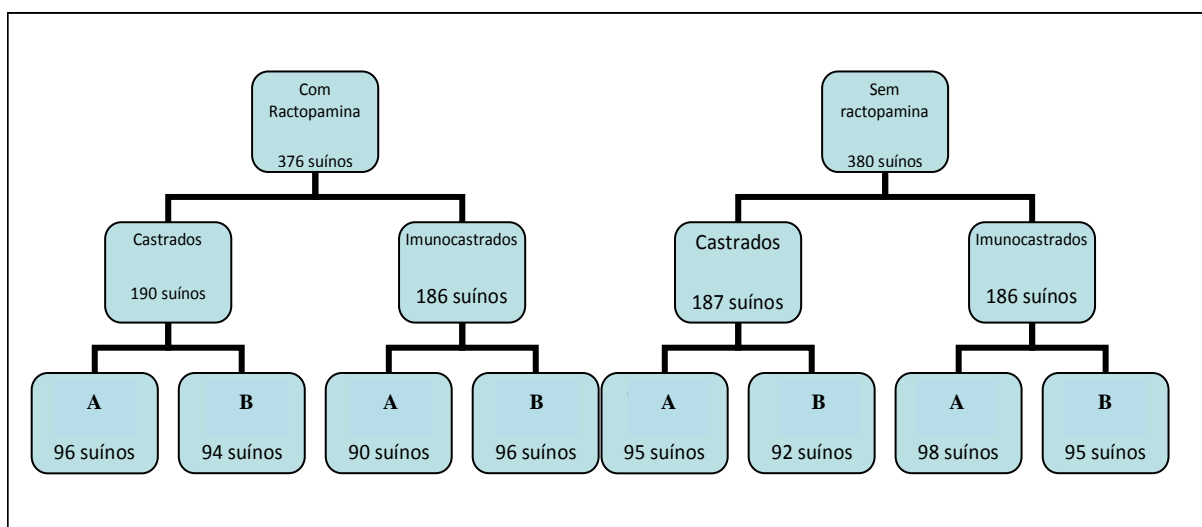
O experimento foi realizado na Granja Comercial de suínos Remi Ouellet, localizada em St.-Hubert, QC- Canadá, sendo conduzido em duas fases de três semanas cada, com duração de fevereiro a maio e de junho a setembro de 2010, respectivamente.

As análises foram realizadas no Laboratório de Carnes do Centro de Pesquisas *Agriculture and Agri Food Canada (AAFC)*.

6.1 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foram usados 756 suínos machos, sendo que 376 foram suplementados com Ractopamina (RAC) e 380 não receberam a suplementação. Cada grupo foi subdividido em dois subgrupos, com animais castrados cirurgicamente (CAS) e animais imunocastrados (IC) com o produto Improvac[®]. E um subgrupo com dois genótipo, A e B.

Figura 8 – Esquema da disposição dos tratamentos experimentais; (A) 25% Pietran e (B) 50% Pietran



Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com 8 tratamentos e 6 repetições (6 semanas), em esquema fatorial 2x2x2, sendo 2 grupos (com ou sem Ractopamina), 2 gêneros (Cirurgicamente castrados (CAS) e Imunocastrados (IC) e 2 genótipos (25% Pietran-G-Performer e 50% Pietran).

Os animais foram obtidos do cruzamento de linhagens paternas de Pietran de pura raça e do cruzamento de Duroc X Pietran, respectivamente, com fêmeas híbridas da linhagem comercial (F-20 desenvolvida pela Empresa Genetiporc Inc., St.-Bernard, Canada) resultando em cruzamentos com 25% (genótipo A; n=377) e 50% (genótipo B; n=379) da genética Pietran livres do gene Halotano (Hal^N).

Os animais receberam dois tipos de alimentação, animais sem suplementação de ractopamina, receberam 5% mais de Lisina que o proposto pelo programa nutricional da Empresa Du Breton para suprir as necessidades básicas nutricionais para animais inteiros em fase de crescimento e terminação.

A ractopamina (RAC) foi administrada a 7,5 ppm, durante os 28 dias finais da fase de terminação, começando no mesmo dia em que foi administrada a segunda dose da vacina de imunocastração.

A castração cirúrgica foi realizada no segundo dia de vida dos leitões pelo método tradicional (um corte vertical, em cada testículo). A imunocastração (IC) foi realizada com duas doses subcutâneas de Improvac[®] (2 mL), no terço médio entre a orelha e a paleta, sendo que, a primeira dose foi administrada 10 semanas antes do abate e a segunda dose quatro semanas antes dos abates.

Para as medidas de parâmetros de carcaça, qualidade da carne, e fisiologia, a unidade experimental foi o animal. Nas avaliações de comportamento a unidade experimental foi o grupo de animais no embarque, e a baia de descanso do frigorífico para posturas (sentados, em pé e deitados) e brigas.

6.2 MANEJO

Os animais foram alojados em baias de alvenaria, com piso semi-ripado, climatizadas, com dimensões de 2,44 x 4,88 m², com densidades de 0,79m²/animal para a primeira fase (abril- maio) e 0,74m²/animal para a segunda fase (agosto-setembro) do experimento.

Os animais receberam dietas semelhantes calculadas pela empresa Généticpork do Brasil, fornecedora da genética, sendo isonutritivas para todos os tratamentos.

6.3 EMBARQUE

A cada semana (sete dias antes do dia do abate), o grupo de suínos foi transferido para as baias onde permaneceram até o dia do carregamento.

No dia anterior ao abate, foi realizada a pesagem dos animais e selecionados os que atingiram peso vivo médio de 115 ± 5 kg. Os selecionados foram identificados com brinco azul para parâmetros fisiológicos e qualidade da carne e brincos brancos apenas para qualidade de carne. Todos os animais foram considerados para as análises de comportamento.

Os animais permaneceram 10 horas em jejum sólido antes do transporte. Todos os carregamentos foram iniciados às 2 horas e 30 minutos da manhã e tiveram duração de 1 hora e 45 minutos, devidamente controlados, para seguir o mesmo protocolo com os mesmos intervalos de horários em todas as fases do experimento.

Foi utilizado o caminhão tipo *Pot belly trailer*, que possui treze compartimentos. Para o experimento foram utilizados nove compartimentos com uma rotação semanal, onde um compartimento, nunca o mesmo, fazia a viagem vazio. Cada tratamento passou duas vezes em cada andar do caminhão e não houve repetição de compartimento, como pode ser observado na Figura 9.

Figura 9 – Esquema de rotação dos tratamentos, com divisão por cores e indicados por Tratamentos (trat) seguidos do seu número (1-laranja, 2-vermelho, 3-branco, 4-amarelo, 5 roxo, 6-verde, 7-rosa e 8-azul) divididos por compartimentos do caminhão (Piso superior (compartimentos 2,3 e 4), central (compartimentos 7,8 e 9), ou inferior (compartimentos 11,12 e 13) no decorrer das 6 repetições (representadas na linha, por semana 1-6)

Rotação de tratamentos por compartimentos									
Compartimentos	Piso superior			Piso central			Piso inferior (Barriga)		
	2	3	4	7	8	9	11	12	13
Semana 1	Trat 1	Trat 2	Trat 3	Trat 4	Trat 6	Trat 5	vazio	Trat 7t	Trat 8
Semana 2	vazio	Trat 1	Trat 2	Trat 5	Trat 4	Trat 3	Trat 6	Trat 8	Trat 7t
Semana 3	Trat 3	Trat 4	Trat 5	Trat 7t	Trat 8	vazio	Trat 1	Trat 2	Trat 6
Semana 4	Trat 4	Trat 5	Trat 6	Trat 3	Trat 7	Trat 8	Trat 2	Trat 1	vazio
Semana 5	Trat 8	Trat 7	vazio	Trat 1	Trat 2	Trat 6	Trat 4	Trat 5	Trat 3
Semana 6	Trat 7	Trat 6	Trat 8	vazio	Trat 1	Trat 2	Trat 3	Trat 4	Trat 5

Os embarques foram realizados por dois manipuladores treinados utilizando pás de manejo (16,5 x 35,5 cm; Ukal Élevage, Eschbach, Canada) e tábuas de manejo (91,4 x 76,2 cm; Ukal Élevage, Eschbach, Canada) e sempre em pequenos lotes (3 a 5 animais).

Para simular efeito de embarques convencionais, os animais foram misturados no momento do embarque. Assim, em cada compartimento havia um novo grupo composto de cinco suínos, três com brinco azul (controle fisiológico e qualidade de carne), dois suínos com brinco branco (qualidade de carne) e animais extras para completar a densidade, provenientes de duas baias diferentes, sempre dentro da mesma combinação de tratamento.

As densidades dos compartimentos mantiveram-se inalteradas durante todo o experimento, mantendo a densidade de 0,41 m²/animal de acordo com o compartimento do caminhão.

A viagem iniciava-se às 4 horas e 15 minutos da manhã, para a unidade de abates *Frigorífico Breton*[®] na cidade de Rivière du Loup- Québec e durava 40 (±5) minutos.

6.4 DESEMBARQUE

Durante o desembarque, foi cronometrado o tempo de descarga de cada compartimento com um cronômetro digital.

O cálculo do tempo de repouso dos animais foi baseado no horário de início e fim do desembarque, sendo definidos quando o primeiro e o último animal desembarcaram do caminhão, sendo que a média desses valores foi calculada e a este resultado foram acrescidas duas horas para iniciar o abate.

Todas as semanas, após o desembarque, um questionário sobre condições da estrada, temperatura e qualquer eventualidade durante o percurso foi aplicado ao condutor do caminhão, sendo que em todos os transportes, o condutor foi o mesmo.

6.5 ABATE

Os abates foram conduzidos em duas fases de três semanas cada (nos dias 05, 12 e 19 de maio de 2010) e (25 de agosto, 02 e 08 de setembro de 2010).

Foi utilizado o sistema automático *MIDAS® Stunning System* (Stork RMS, Holland) para insensibilização por eletronarcose, com eletrodos aplicados automaticamente na cabeça (entre os olhos e as orelhas) e no tórax (*INARCO® constant voltage*), seguido de sangria por secção dos grandes vasos do pescoço, na altura da entrada do peito, na posição horizontal.

Todos os procedimentos experimentais realizados neste estudo foram aprovados pela comissão institucional de cuidados animal com base nas diretrizes atuais do Canadian Council on Animal Care (1993).

6.6 PARÂMETROS FISIOLÓGICOS

6.6.1 Temperatura Corporal

As análises para temperatura corporal foram realizadas em 240 animais sendo um total de 40 animais por semana de abate. A cada semana 40 animais foram equipados com um monitor de núcleo da temperatura corporal (Thermocron *iButton*, Madeireiros DS1921H; Dallas Semiconductor, Dallas, Texas) para a gravação contínua da temperatura corporal interna.

O *i-Button* é um termômetro digital com um chip de computador fechado em um aço inoxidável durável, com dimensões de 17 x 6 mm e intervalo de gravação de temperatura entre 15-46 C e pode registrar 2048 dados de edições de temperatura em intervalos definidos na programação.

Os *i-Buttons* foram administrados por via oral (Figura 10), com antecedência mínima de oito horas antes do embarque, e as gravações foram feitas a partir do trato gastro-intestinal dos suínos durante o período de manejo e transporte.

Figura 10 – Termômetro digital (I-button) e sua administração por via oral



A recuperação dos termômetros nas vísceras ocorreu na planta de processamento do frigorífico. Os I-buttons foram lavados e separados de acordo com o local que foram encontrados (Intestino delgado, Ceco e Estômago).

Os dados armazenados em cada *I-Button* foram baixados utilizando o software *One wire Viewer*.

6.6.2 Níveis de Lactato no Plasma

Na calha de sangria, foram coletados 20 mL de sangue de cada suíno com brinco azul (40), em dois tubos de 10 mL (BD vacutainers, VWR International Ltda., Montreal, Canadá) contendo 2 mL (3,0 mg de fluoreto de sódio, 6,0 mg Na₂EDTA) para determinação do lactato.

As análises foram realizadas no plasma de 240 animais sendo um total de 40 animais por semana de abate.

O sangue foi centrifugado a 4 C por 12 minutos a 1.400 x g. As amostras de plasma foram separadas e transferidas para três tubos Eppendorf (1,5 mL) e armazenadas a -80 C até realização da análise.

Os níveis de lactato foram medidos usando um *kit comercial* (Lactato Assay Kit; Biomédica Research Service Center, Universidade de Buffalo, Buffalo, NY) e lidos no leitor multiplacas *Molecular Device- Spectra Max 250*.

6.6.3 Níveis de Creatina-Fosfo-Quinase (CPK) no Soro

As amostras de sangue para a realização da análise de Creatina-Fosfo-Quinase (CPK) foram coletadas da mesma forma, no mesmo momento e nos mesmos animais que as amostras de Lactato, em 2 tubos de 10 mL, mantidas em temperatura ambiente (~ 23°C) por 60 minutos, decantado por 24 horas e centrifugadas a 4°C por 12 minutos a 1.400 x g. As amostras de soro foram separadas em três tubos Eppendorf (1,5 mL) mantidas a -80°C até realização das análises.

Os níveis de CPK foram obtidos com o Kit comercial Creatina kit quinase-SL (Creatina Quinase-SL Composição Química de diagnóstico limitado, Vancouver, Canadá). As concentrações de CPK foram determinadas com absorbância de 340 nm pelo espectrofotometro *Espectros UV/VIS - Perkin Elmer, Lambda 35*.

6.6.4 Análise de Hormônios na Urina

As amostras de urina foram coletadas na linha de abate, diretamente das bexigas dos 240 suínos marcados com brinco azul, sendo um total de 40 animais por semana de abate.

Para cada amostra foi realizado um cálculo, baseado na quantidade de urina coletada e adicionado 1% do volume de urina de HCl 6 M como conservante. As amostras foram imediatamente congeladas (- 45 ° C).

Na análise de urina, os corticóides livres (cortisol e cortisona) e catecolaminas (CA) (noradrenalina, adrenalina e dopamina) foram medidos por cromatografia líquida de alta pressão (HPLC), acoplado com um detector UV, após extração em colunas de fase reversa.

A Creatinina foi medida por um método colorimétrico quantitativo (Processo 500, *Sigma Diagnostics, Saint-Quentin-Fallavier*, França) para corrigir a diluição da urina.

6.6.5 Análise Comportamental

Uma versão de etograma foi proposta pelo grupo do laboratório de etologia do *Agriculture and Agri Food Canada* (AAFC), conforme a descrição a seguir.

6.6.5.1 Registros do embarque

Foram avaliados registros em vídeo, utilizando três filmadoras (Sony DCR - SR47 Handycam 60GB) localizadas em três diferentes disposições. A primeira filmagem foi realizada na zona nomeada “meio”, local onde ocorre a abertura do portão e o animal tem acesso a primeira parte do corredor; a segunda nomeada “porta” que compreende do fim da zona do meio até a porta de entrada da rampa; a terceira “rampa” que começa da porta principal da granja e cobre a maior parte até a entrada no caminhão.

Foram avaliados a frequência de intervenções do manejador e do tempo gasto pelos animais para percorrer a distância entre o portão e a rampa do caminhão.

O momento exato de início foi definido a partir da abertura do portão ou da entrada do primeiro animal na zona marcada. O momento exato de fim foi estipulado como a ocasião em que a última pata do último animal ultrapassava o limite de cada zona.

Foram consideradas como intervenções do manipulador:

1 - *Ruídos*: Barulho com a pá de manejo.

2 - *Vocalizações*: Assobios ou outro som vocal, como falas e outros.

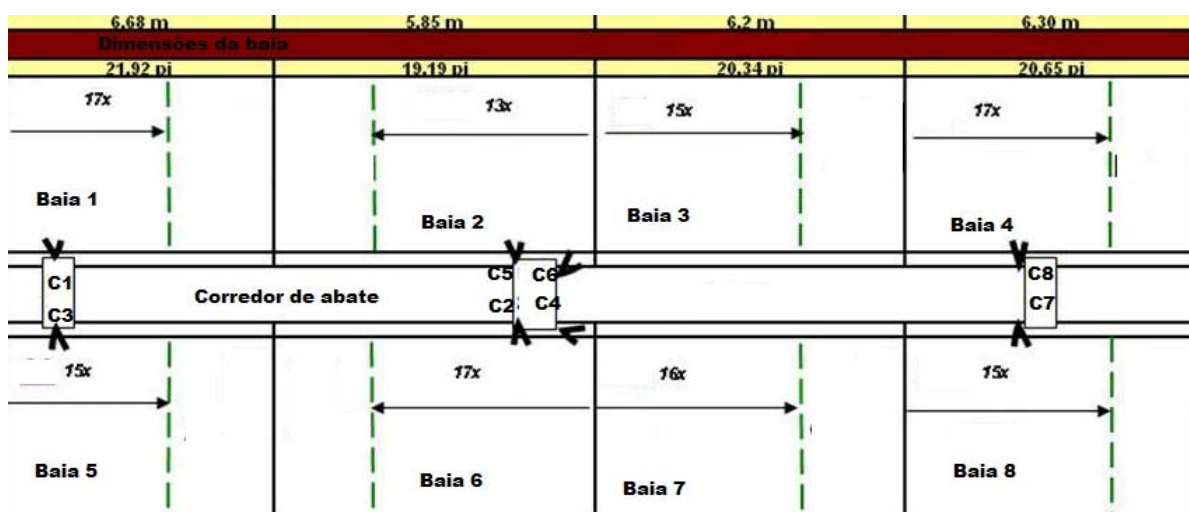
3 - *Contatos*: Todos os momentos em que o manejador tocava o animal, com mãos, joelhos, pá de manejo ou tabua de manejo.

Os comportamentos foram calculados com o auxílio do equipamento *PSION* (Teklogix Psion- HC110), um computador de mão, que permite fácil e rápida entrada de dados, com alta capacidade de memória. Os dados foram transferidos para o computador com o Software de análise para a pesquisa observacional *The observer 3.0/ DOS* específico para gravação e análise de comportamento.

6.6.5.2 Registros das baias de descanso no frigorífico

A observação do comportamento foi realizada nas baias do frigorífico, e as gravações foram realizadas usando um codificador de um sistema de gravação digital de imagens (*Verint Omnicast 3.5*) a uma frequência de 5-7 fotos por segundo. Foram usadas 9 câmeras (uma para cada baia, representada na Figura 11). As câmeras foram instaladas nas colunas na sala de espera, com objetivo de tomar uma visão geral de toda a extensão da baia. Como previamente contemplado pelo projeto, uma baia sempre estava vazia a cada semana de abates, e esta nunca se repetiu.

Figura 11 – Mapa de disposição das câmeras de vídeo (C1-8), nas baias (1-8), em que nx é o número de animais por baia, na sala de descanso da unidade de abates



Nas unidades de abates, durante o tempo de repouso, foram realizadas observações a cada dois minutos, durante os 60 minutos iniciais, contados a partir do momento em que o portão foi fechado. As observações foram realizadas com marcadores *Omicast* para a taxa de comportamentos. Três comportamentos foram observados e calculados:

1- *Animal em pé*: O animal está sobre as quatro patas, ou seja, com as quatro patas apoiadas no chão;

2- *Animal sentado*: O animal está apoiado sobre as patas da frente e com as de trás no chão, ou contrário;

3- *Animal deitado*: O animal está repousando, com o ventre ou um dos lados do corpo no chão. Neste caso, não apoia nenhuma das patas no chão.

6.6.5.3 Brigas

Para as interações agonísticas foram contados, continuamente, o número e a duração dos combates na baía durante os primeiros 60 minutos a partir do momento em que o portão foi fechado. Utilizando os mesmos marcadores utilizados para os registros na baias de descanso.

Considerou-se briga quando dois ou mais animais executaram uma sequência das seguintes ações: pressão mútua entre dois animais (cabeçadas, ombradas e montas), morder e dar cabeçadas, considerando que as ações deveriam ser com rapidez e agressividade, com os contatos durando mais de 3 segundos e sem intervalos maiores que 10 segundos entre os ataques (PITTS et al. 2000, D'EATH, 2002).

No caso de brigas com mais de dois animais, o número de batalhas permanecia inalterada se um dos animais abandonasse a luta. Porém, se um dos animais envolvidos na briga atacasse outro animal, que não estivesse envolvido, o ataque inicial era considerado completo e um segundo confronto começava.

Quando os animais passavam mais de 10 segundos sem atacar, ou após decorrido esse tempo, um novo ataque acontecia e uma nova batalha era considerada iniciada.

No final da contagem no *Omnicast*, os marcadores de exportação foram transformados em formato Excel com o programa "*Omnicast Export*".

6.7 ANÁLISE DA CARÇAÇA

Os animais foram pesados antes do carregamento e o peso de carcaça quente e rendimento de carne magra, foram obtidos a partir da classificação e tipificação da unidade de abates.

6.8 LESÕES DE CARÇAÇA

As lesões cutâneas foram avaliadas no dia do abate usando uma escala fotográfica variando de 1 (nenhum) á 5 (grave) proposta pelo MLC (1985) conforme representado na Figura 12.

Figura 12 – Escala fotográfica para avaliação de severidade de lesão (MLC, 1985)



As contusões foram contadas e classificadas como: brigas (escore 1: até 10 hematomas; escore 2: > 10 hematomas e escore 3: 11 à 20 hematomas) e montas (escore 1: ≤ 5 hematomas; escore 2: 6 à 10 hematomas e escore 3: > 10).

A avaliação foi visual e subjetiva, de acordo com os padrões fotográficos do Institut Technique du Porc (ITP), como descrito por Faucitano (2001). (Figura 13)

Figura 13 – Escala fotográfica de avaliação de origem de lesões (FAUCITANO, 2001)



De acordo com a escala de ITP, as contusões devido a mordidas durante os combates foram reconhecidas como sendo de 5 a 10 cm de comprimento, formato de vírgula e concentrada em grande número na região anterior (Cabeça e ombros) e posterior (presunto) da carcaça.

Contusões em forma de vírgula, consideradas causadas pelas garras da frente devido a monta de um animal nas costas de outro em situações de alta densidade, foram classificadas como contusões por monta.

Lacerações e arranhões, que normalmente ocorrem quando os suínos são tratados agressivamente e manejados em espaços fechados e apertados também foram observados e classificados como "outros tipos de hematomas".

6.9 QUALIDADE DE CARNE

A qualidade da carne foi avaliada em 56 animais por semana, totalizando 336 animais analisados no total.

Após 24 horas de resfriamento, o músculo *Longissimus dorsi* (ao nível da terceira/quarta costela no sentido crânio-caudal) e os músculos *Semimembranosus* e *Aductor*, foram retirados da meia carcaça esquerda e utilizados para realizar as análises de qualidade de carne.

6.9.1 PH E TEMPERATURA

O pH muscular foi avaliado 24 horas *post mortem* no músculo *Longissimus dorsi* (LD), ao nível da terceira/quarta costela no sentido crânio-caudal, *Semimembranosus* (SM) e no músculo *Aductor* da carcaça esquerda, utilizando o medidor de pH (Oakton Instruments modelo pH 100 Series, Vernon Hills, IL) equipado com um eletrodo (Cole Palmer Instrument Company, Vernon Hills, IL) e de um medidor automático de temperatura por sonda de inserção.

6.9.2 COR

A cor foi mensurada com o aparelho colorímetro (Chromameter Minolta CR-300) utilizando as coordenadas colorimétricas do método CIELab (Commission Internationale de L'Eclairage), em triplicata nos músculos *Longissimus dorsi* e *semimembransus* após expor à superfície do músculo à luz por 30 minutos. Mediu-se a intensidade de absorção na região visível para obtenção dos parâmetros L*, referente à luminosidade que varia do negro (0) ao branco (100), a* que é intensidade de cor vermelho(+)/verde(-) e b* a intensidade de cor amarelo(+)/azul(-).

Também foi realizada avaliação subjetiva da cor para o músculo *Longissimus dorsi* utilizando a escala de cores do padrão japonês (JCS) mostrado na Figura 14 que tem variação de 1 = pálido á 6 = escura, como descrito por Nakai et al. 1975).

Figura 14 – Escala de cores do padrão Japonês, Nakai et al. (1975)



6.9.3 Condutividade Elétrica

As medidas de condutividade elétrica (CE) foram realizadas no mesmo local anatômico do músculo *Longissimus dorsi* das medidas de pH e temperatura, após 24 horas *post-mortem*, em triplicata, por inserção da sonda de Qualidade de Carne Suína (PQM-I-INTEK, GmbH, Aichach, Alemanha).

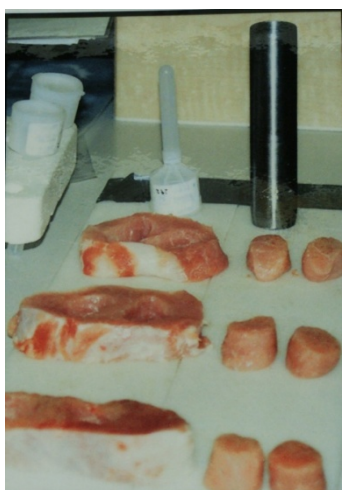
6.9.4 Perda de Água por Gotejamento

A perda de água por gotejamento foi mensurada no músculo *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus*.

Foram coletadas três amostras cilíndricas de cada músculo, cortadas por uma 'faca cilíndrica especial', na medida de 25 mm de diâmetro em média.

As amostras foram pesadas e postas em descanso em recipiente plástico modificado (Christensen Aps Industrivaengetand, Hilleroed, Dinamarca), seguindo a metodologia de Corrêa et al. (2007), ilustrado na Figura 15.

Figura 15 – Metodologia de Drip Loss proposta por Correa et al. (2007)



As amostras nos recipientes foram armazenadas a 4-5°C por quarenta e oito horas, suavemente passadas em papel toalha e pesadas novamente. Os resultados foram obtidos da subtração do recipiente mais amostra, menos o peso da amostra após 48 horas.

6.9.5 Força de Cisalhamento

Amostras dos músculos *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus* foram cortadas com 10 centímetros de comprimento, embaladas a vácuo, maturadas por 5 dias sob refrigeração (4°C) e congeladas (-20°C) até o momento da análise. A força de cisalhamento foi realizada em 336 suínos, sendo 42 animais para cada um dos oito tratamentos, contabilizando 56 animais para cada semana de abates, sempre com doze replicatas de cada amostra. Foi utilizada a metodologia "Warner-Bratzler Shear", proposta por Oeckel et al. (1999) e o texturômetro Texture Analyser TA - XTplus, acoplado com lâmina Warner Bratzler 30°.

Os resultados foram obtidos pelo software Texture Exponent 32 e analisados posteriormente a partir das médias, eliminando o menor e maior valor para cada amostra.

7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises para os dados de parâmetros de carcaça, qualidade da carne, dados fisiológicos, comportamento do manejador durante o embarque, postura dos animais, duração e número de brigas durante o tempo de espera, foram analisados utilizando-se o procedimento MIXED (proc mixed) para experimentos fatoriais Statistical Analysis System- SAS®, em que foram considerados três efeitos fixos (ractopamina, imunocastração e genética) e suas interações. Quando foi encontrada diferença estatística ($P \leq 0,05$), o ajuste Tukey-Kramer foi utilizado para comparar as médias de tratamento. O critério para tomada de decisão adotada foi α 5% de probabilidade.

8 REFERENCIAS

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

ABIPECS, Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína –Disponível em:< <http://www.abipecs.org.br/>> . Acesso em: 15 fev. 2011.

AGERGAARD, N.; LAUE, A. Absorption from the gastrointestinal tract and liver turnover of skatole. In: M. Bonneau (Org.). MEASUREMENT AND PREVENTION OF BOAR TAINT IN ENTIRE MALE PIGS, 1993, Paris. **Anais...** Paris, INRA Edition, 1993, p. 107–111.

AGOSTINI, P. S. et al. Níveis de ractopamina para suínos: Efeitos no desempenho e características de carcaça associado ao diâmetro das fibras musculares. In: PORKEPO & IV FÓRUM INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 2008. **Anais...** 2008, p. 104-105.

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

APPLE, J. K. et al. Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**. Philadelphia, E.U.A., v. 82, n. 11, p. 3277-3287, 2004.

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.

ALLISON, J. The impact of physical castration on animal health. IN: PFIZER INTERNATIONAL SWINE SYMPOSIUM –PROCEEDINGS, 2009, Canada. **Anais...** Ottawa, Canada: Pfizer. Oct., 2009, p. 38-50.

BAUER, A. et al. Effects of immunization against GnRH on gonadotropins, the GH-IGF-I-axis and metabolic parameters in barrows. **Animal**, v. 2, p. 1215-122, 2008.

BEERMANN, D. H. Beta-adrenergic receptor agonist modulation of skeletal muscle growth. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 80, p. 18-23, 2002.

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.

BERDAGUE, J.L. et al. Indirect evaluation of boar taint with gas chromatographic mass spectrometric measurement of head space volatiles In: M. Bonneau (Ed.) MEASUREMENT AND PREVENTION OF BOAR TAINT IN ENTIRE MALE PIGS, 1993, Paris. **Anais...** Paris, INRA Edition, 1993, p. 99–105.

BERG, H. et al. The relationship between skatole and androstenone content and sensory off-odour in entire male pigs. In: M. Bonneau (Ed.) MEASUREMENT AND PREVENTION OF BOAR TAIN IN ENTIRE MALE PIGS, 1993, Paris. **Anais...** Paris, INRA Edition, 1993, p. 55–61.

BERGEN, W.G. et al. Muscle protein metabolism in finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**. v. 67, p. 2255–2262, 1989.

BRIDI, A.M.; SILVA C.A; HIOSHI, E.H. Manipulação do número e tipo de fibra muscular e a produção de carne suína. Disponível em < <http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Carnesecarcacasarquivos/Desenvolvimentodasfibrasmusculares.pdf> > Acesso em: 20 jan. 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. Instrução normativa n. 13, de 30 de novembro de 2004. **Regulamento técnico sobre aditivos para produtos destinados a alimentação animal**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Portaria n. 301. **Aprova as normas complementares a serem observadas pelos estabelecimentos que fabriquem e/ou comerciem produtos de uso veterinário**. Diário Oficial da União 1996.

BROOM, D. M. Animal welfare: concepts and measurement. **Journal of Animal Science**. v. 69, n. 10, p. 4167–4175, Oct. 1991. Disponível em < <http://jas.fass.org/content/69/10/4167> >. Acesso em: Jan. 2011.

BONNEAU, M.; MEADUS, W.J. & SQUIRES, E.J. Effects of exogenous porcine somatotropin on performance, testicular steroid production and fat levels of boar-taint-related compounds in young boars. **Canadian journal of animal science**. v. 72, n. 3, p. 537–545. Sep. 1992.

BONNEAU M. & SQUIRES E.J. Use of entire males for pig production. IN: CONFERENCIA VIRTUAL INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, n.16, 2000, Santa Catarina. **Anais...** Santa Catarina: Embrapa Aves e suínos, 2000, p. 11–16.

BONNEAU, M. & ENRIGHT, W. J. Immunocastration in cattle and pigs. **Livestock Production Science**. v. 42, n. 2-3, p. 193–2000, Jun. 1995.

BORG JENSEN, B.; JENSEN, M. T. In vitro measurements of microbial production of skatole in the digestive tract of pigs. In: M. Bonneau (Org.). MEASUREMENT AND PREVENTION OF BOAR TAIN IN ENTIRE MALE PIGS, 1993, Paris. **Anais...** Paris, INRA Edition, 1993, p. 99–105.

CANADIAN PORK COUNCIL – Strengthening Our Competitiveness. Canadian Meat Council. Canadian Pork Council, Canada Pork International. Disponível em: <<http://www.cpc-ccp.com>>. Acesso em: 10 jan. 2011.

CANADIAN COUNCIL ON ANIMAL CARE. **Guide to the care and use of experimental animals**, v. 1. E. D. Olfert, B. M. Cross, and A. McWilliam, eds. CCAC, Ottawa, ON, 1993.

CANTARELI, V. S. **Ractopamina em rações para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita**. 2007. 124 f. Tese(Doutorado em Ciência Animal)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

CANTARELLI, V. D. S. et al. Características da carcaça e viabilidade econômica do uso de cloridrato de ractopamina para suínos em terminação com alimentação a vontade ou restrita. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 39, n. 3, p. 844-851, 2009.

CARR, S. N. et al. K. Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, p. 223-230, 2005.

CHANG, K. C. et al. Relationships of myosin heavy chain fibre types to meat quality traits in traditional and modern pigs. **Meat Science**, Champaign, E.U.A., v. 64, n. 1, p. 93-103, 2003.

CLEMENT H.-W., GEMSA D., WESEMAN W. The effect of adrenergic drugs on serotonin metabolism in the nucleus raphe dorsalis of the rat, studies by in vitro voltammetry. **Eur. J. Pharmacol.** v. 217, p. 43–48, 1992.

CRANE, J. Improvac: product profile, safety and efficacy. IN: PFIZER INTERNATIONAL SWINE SYMPOSIUM –PROCEEDINGS, 2009, Canada. **Anais...** Ottawa, Canada: Pfizer. Oct., 2009, p. 38-50.

CRONIN, G.M. *et al.* The effects of immuno- and surgical castration on the behaviour and consequently growth of group-housed, male finisher pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 81, p. 111-126, 2003.

CONG, M.; THOMPSON, V. F.; GOLL, D. E. The bovine calpastatin gene promoter and a new N-terminal region of the protein are targets for cAMP-dependent protein kinase activity. **The journal of Biological Chemistry**, Bethesda, E.U.A., v. 273, n. 1, p. 660-666, 1998.

CORREA, J. *et al.* A modified meat juice container (EZ-DripLoss) procedure for a more reliable assessment of drip loss and related quality changes in pork meat. **J. Muscle Foods**, v. 18, p. 67-77, 2007.

COURREAU, J. F. Sensibilité à l'halothane chez le porc Conséquences zootechniques et méthodes de prédiction. **Rec. Med. Vet.** v. 163, p. 623–630, 1987.

CULAU, P. et al. Influência do Gene Halotano sobre a Qualidade da Carne Suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 31, n. 2, p. 954-961, 2002a.

CULAU, P. et al. A contribuição do gene halotano sobre as características de qualidade da carne suína. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 115-119, 2002b.

DALLA COSTA, O. A. **Efeitos do manejo pré-abate no bem-estar e na qualidade de carne de suínos**. 2005. 162f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2005.

DEPREUX, F. F. S. et al. Paylean alters myosin heavy chain isoform content in pig muscle. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 80, n. 7, p. 1888-1894, 2002.

D'SOUZA, D.N. et al. Comparison of different dietary magnesium supplements on pork quality. **Meat Science**, v. 51, p. 221-225, 1999.

D'SOUZA, D.N. & MULLAN, B.P. Interactions between genotype and castration method can influence the eating quality characteristics of pork from male pigs. **Animal Science**, v. 77, p. 67-72, 2003.

DUNSHEA, F.R. et al. Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. **Journal of Animal Science**. v. 79, p. 2524-2535, 2001.

EINARSSON S. Vaccination against GnRH: pros and cons. **Acta Veterinaria Scandinavica**. v. 48 (suppl. 1), S10, 2006.

EFSA. Welfare aspects of the castration of piglets. Scientific Report of Scientific Panel for Animal Health and Welfare on request from the Commission related to welfare aspects of the castration of piglets. European Food Safety Authority AHAW/04-087. Available at: <http://www.efsa.europa.eu/it/scdocs/doc/r91ax.pdf> [13 July, 2010].

FÀBREGA, E. et al. Effect of the halothane gene on pre-slaughter mortality in two Spanish commercial pig abattoirs. **Animal Welfare**, v. 11, p. 449-452, 2002a.

FÀBREGA, E. et al. Effects of halothane gene and pre-slaughter treatment on meat quality and welfare from two pig crosses. **Meat Science**. v. 62, p. 463-472, 2002b.

FÀBREGA, E. et al. Differences in open field behavior between heterozygous and homozygous negative gilts for the RYR(1) gene. **Journal of Applied Animal Welfare Science**. v. 7, n. 2, p. 83-93; 2004.

FÀBREGA, E. et al. Effects of immunocastration on performance and carcass and meat quality in pigs. In: 59th EUROPEAN ASSOCIATION FOR AVIATION PSYCHOLOGY (EAAP), Vilnius, 2008. **Anais...** Proceeding EAAP meeting, Vilnius, 2008.

FÁVERO, J.A. Melhoria de carcaça de suínos: importância dos processos de tipificação e abate de machos inteiros. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS - CBNA. **Anais...** Campinas, SP., p. 135-151, 2000.

FAUCITANO, L. Production and utilisation of meat from entire pigs. In: Proc. 2nd SUINOTEC, Campinas, 1996. **Anais...** Proc. 2nd SUINOTEC, Campinas, 1996, p. 11-20.

FAUCITANO, L. Causes of skin damages to pig carcasses. **Canadian Journal of Animal Science**. v. 81, p. 39-45, 2001.

FAWC. Second Report on Priorities for Research and Development in Farm Animal Welfare. **Farm Animal Welfare Council**. MAFF Tolworth, U.K, 1993.

FERNÁNDEZ-DUEÑAS, D.M.; Myers, A.J.; Scramlin, S.M. et al. Carcass, meat quality, and sensory characteristics of heavy weight pigs fed ractopamina hydrochloride (Paylean®). **Journal of Animal Science**. 89: p. 210 – 220, 2008.

FISHER P. et al. Halothane genotype and pork quality. Carcass and meat quality characteristics of three halothane genotypes. **Meat Science**. v. 54, p. 97-105, 2000.

FRASER, A. F. (Ed.). **World animal science, A, Basic information**, 5. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B. V., 1985. 500 p.

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

FUCHS, T. et al. A comparison of the carcass characteristics of pigs immunized with a 'gonadotrophin-releasing factor (GnRF)' vaccine against boar taint with physically castrated pigs. **Meat Science**. v. 83, n. 4, Dec. 2009, p. 702-705.

FUJII .J, K . et al. Identificação de uma mutação do receptor rianodina suíno associado a hipertermia maligna. **Ciência**. v. 253, n. 5018, p. 448 - 451. [DOI: 10.1126/science.1862346].

FONT I FURNOLS, M. et al., Efecto de la inmunocastración de cerdos en las características de calidad de canal y carne, los niveles de androsterona y escatol y la composición en ácidos grasos. In: EUROCARNE, monells, 181. Anais... EUROCARNE , monells, Nov. 2009, p. 60-68.

GISPERT, M. et al. Carcass and meat quality characteristics of immunocastrated male, surgically castrated male, entire male and female pigs. **Meat Science**. v. 85, n. 4, p. 664-670, 2010.

GISPERT M. et al. Relationships between carcass quality parameters and genetic types. **Meat Science**, v. 77, n. 3, p. 397-404, 2007.

GISPERT, M . et al. Carcass and meat quality characteristics of immunocastrated male, surgically castrated male, entire male and female pigs. **Meat Science**. doi:10.1016/j.meatsci.2010.03.021.

GONZALEZ, F. H. D.; DA SILVA, S. C. **Introdução a bioquímica clínica veterinária**. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2006. 360 p.

GRANT, A. L. *et al.* Skeletal muscle growth and expression of skeletal muscle α -actin mRNA and insulin-like growth factor I mRNA in pigs during feeding and withdrawal of ractopamine. **Journal of Animal Science**. v. 71, p. 3319–3326, 1993.

GUYTON A.C. & HALL J.E. 2006. **Tratado de Fisiologia Médica**. 11. ed. Editora Elsevier, São Paulo. 1264 p.

HAESE, D. & BÜNZEN, S. Ractopamina (2005). **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 2 n. 2, p. 176-182. Disponível em: <www.nutritime.com.br/.../019V2N2P176_182_MAR2005.pdf>. Acesso em: 23 out. 2010.

HÖTZEL, M. J., & MACHADO FILHO, L. C. Estresse, fatores estressores e bem-estar na criação animal. **Anais... XVIII Encontro Anual de Etologia** (p. 25). Florianópolis, SC: Sociedade Brasileira de Etologia, 2000.

IRGANG, R. *et al.* Rendimento e qualidade da carne de suínos machos castrados e fêmeas de diferentes genótipos paternos. In: Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos, 7., 1997, Foz do Iguaçu. **Anais... Foz do Iguaçu: ABRAVES**, 1997, p. 401-402.

IRGANG, R. Melhoria da qualidade da carne suína. **Anais... VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL**. São Carlos, SP, 10 e 11 de julho de 2008.

IIDA, F. Sensory test of Improvac pork on loin meat compared with the surgical castrate pork by expert panels under field conditions in Japan. Japan women's university, 2011- not published.

JAROS, P. *et al.* Effect of active immunization against GnRH on androstenone concentration, growth performance and carcass quality in intact male pigs. **Livestock Production Science**, Rockville, v. 92, n. 4, p. 31-38, 2005.

KALTENBACH, C. C. & DUNN, T. G. Endocrinologia da reprodução. In: Hafez, E. S. E. **Reprodução animal**. São Paulo: Manole, . Cap. 5, p. 95-127, 1982.

KYRIAZAKIS, I. & WHITTEMORE, C. T. **Whittemore's science and practice of pig production**. Second edition. Blackwell publishing, 2006.

LEACH L.M. *et al.* The growth performance, carcass characteristics, and meat quality of halotane carrier and negative pigs. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 934-943, 1996.

LE DENMAT, M. *et al.* In: M. Bonneau (Org.). MEASUREMENT AND PREVENTION OF BOAR TAIN IN ENTIRE MALE PIGS, 1993, Paris. **Anais... Paris, INRA Edition**, 1993, p. 99-105.

LEHNINGER, A. L. **Princípios de bioquímica**. 4. ed. São Paulo, Ed. Sarvier, 2007. 1232 p.

LEONARDO, E. F. **A expressão da isoforma de calpastatina responsiva à ractopamina altera a maciez da carne, com implicações na eficiência de crescimento de suínos**. 2008. 150 f. (Tese de Doutorado). Universidade de São Paulo. Escola superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, São Paulo, 2008.

LIANG, W. & S. E. MILLS. Quantitative analysis of beta-adrenergic receptor subtypes in pig tissues. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 4, p. 963-970, 2002.

LINDEMANN, M.D. et al. Dietary chromium picolinate additions improve gain: feed and carcass characteristics in growing-finishing pigs and increase litter size in reproducing sows. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 2, p. 457- 465, 1995.

LISTER, D. Muscle metabolism and animal physiology in the dark-cutting condition. In: FABIANSSON, S.U. et al. Dark-cutting in cattle and sheep, Proceedings of an Australian Workshop. **Anais...** Sydney, Australia: Australian Meat & Live-stock Research & Development Corporation, 1989, p. 19 - 25.

LIU, C. Y.; MILLS, S. E. Decreased insulin binding to porcine adipocytes in vitro by betaadrenergic agonists. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 68, n. 6, p. 1603- 1608, 1990.

LUDTKE, C. B. et al. Influência do estresse no manejo pré-abate na qualidade da carne suína. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 2.; CONGRESSO DE SUINOCULTURA DO MERCOSUL, 4., 2004, Foz do Iguaçu. **Anais...** Paulínia: Animal World, 2004, p. 279-280.

LUDTKE, C.H et al. Bem-estar animal no transporte de suínos e sua influência na qualidade da carne e nos parâmetros fisiológicos do estresse. **Comunicado Técnico**, n. 475. EMBRAPA Suínos e Aves. Concórdia, SC. 2009.

LUDTKE, C. **Especial Suinocultura - Bem-Estar Animal: Qualidade Ética Da Carne**. Jan.2010. Disponível em: < http://www.agroanalysis.com.br/especiais_detalle.php?idEspecial=54&ordem=2>. Acesso em: Jan. 2011.

MACKINNON, J. D. & PEARCE, M. C. Improvac (Pfizer Animal Health): an immunological product for the control of boar taint in entire male pigs: II Practical applications in pig production and potential production benefits. **The Pig Journal**, v. 59, p. 68-90, 2007.

MARCHANT-FORDE, J.M. et al. The effects of ractopamine on the behaviour and physiology of finishing pigs. **Journal of animal Science**. v. 81: p. 416-422, 2003.

MARINHO, P. C.. et al. Efeito da ractopamina e de métodos de formulação de dietas sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 1061-1068, 2007.

McKEITH, K. F. Implications of using immunological technologies to control boar taint on growth, carcass quality and meat quality of finishing pigs. In: PFIZER INTERNATIONAL SWINE SYMPOSIUM –PROCEEDINGS, 2009, Canada. **Anais...** Ottawa, Canada: Pfizer. Oct., 2009, p. 38-50.

METZ, C. et al. Active immunization of boars against GnRH at an early age: consequences for testicular function, boar taint accumulation and N-retention Original Research Article.Livestock. **Production Science**, v. 74, n. 2, 2002, p. 147-157.

MERSMANN, H. J. Metabolic and endocrine control of adipose tissue accretion. In: WOOD, J. D.; FISHER, A. V. Reducing fat in meat animals. Londres: **Elsevier Applied Science**, 1990. p. 121-125.

MERSMANN H.J. Influence of nutritional weaning on porcine adipocyte β^2 -adrenergic and adenosine A1 receptors. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 2368-237, 1997.

MILLS, S. E. et al. Effects of ractopamine on adipose tissue metabolism and insulin binding in finishing hogs. Interaction with genotype and slaughter weight. **Dom. Anim. Endo.** v. 7, n. 2, p. 251-264, 1990.

MILLS, S. E. Biological basis of the ractopamine response. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 28-32, 2002.

MILLS, S. E. Implications of feedback regulation of beta-adrenergic signaling. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 80, p. 30-35, 2002.

MLC. Rindside damage scale. **Meat and Livestock Commission**, Bletchley, UK, 1985.

MOLONEY, A. P. & BEERMANN, D. H. Mechanisms by which β -adrenergic agonists alter growth and body composition in ruminants. In: ENNE, G.; KUIPER, H. A.; VALENTINI, A. Residues of veterinary drugs and mycotoxins in animal products. **Anais...** Wageningen: Wageningen Press, 1996. p. 124-136.

MOORE K.L. et al. Ractopamine supplementation increases lean deposition in entire and immunocastrated male pigs. **Animal Production Science**, v. 49, p. 1113-1119, 2009.

MORALES, J. et al. Evaluation of production performance and carcass quality characteristics of boars immunised against gonadotropin-releasing hormone (GnRH) compared with physically castrated male, entire male and female pigs. **Spanish Journal of Agricultural Research**, North America, n. 8, 2010.

PÖPPL, Á. G. Seminário apresentado pelo aluno na disciplina bioquímica do tecido animal, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

RADCLIFFE, J. S. A importância dos modificadores de carcaça suína para a qualidade da carne. **Revista Porkworld**, São Paulo, n. 22, p. 50-54, set./out. 2004.

RAMOS, E. M. & GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. Viçosa, MG, Ed. UFV, 2007. 599 p.

ROE, J. A., HARBER, J.M.M., & BUTTERY P. J. Protein metabolism in ovine muscle cultures derived from satellite cells: effects of selected peptide hormones and growth factors. **Journal of Endocrinology**, v. 122, p. 56, 1989.

ROSENVOLD, K. & ANDERSEN, H. J. Factors of significance for pork quality—a review. **Meat Science**, v. 64, n. 3, Jul. 2003, p. 219-237. Doi:10.1016/S0309-1740(02)00186-9.

ROTHSCHILD, M.F.; RUVINSKY, A. **The Genetics of the Pig**. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, p. 622, 1998.

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

PAGE, K. A. et al. Beta-adrenergic receptor agonists increase apoptosis of adipose tissue in mice. **Domestic Animal Endocrinology**, Texas, E.U.A., v. 26, n. 1, p. 23-31, 2004.

PAULY, C. et al. 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**, v. 3, n. 7, p. 1057-1066, 2009.

PARR, T. et al. Expression of calpastatin isoforms in muscle and functionality of multiple calpastatin promoters. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, San Diego, E.U.A., v. 427, n. 1, p. 8-15, 2004.

PARANHOS, M. J. R. (2002). Ambiente e qualidade de carne. In: L.A. Josahkian (Org.). **Anais...** do 5º Congresso das Raças Zebuínas, ABCZ: UberabaMG p. 170-174.

PATIENCE, J. F. et al. The effects of ractopamine supplementation at 5 ppm of swine finishing diets on growth performance, carcass composition and ultimate pork quality. **Canadian Journal of Animal Science**. v. 89, p. 53-66, 2009.

PELOSO, J. V. Qualidade da carne. **Revista Suinocultura Industrial**, São Paulo: 1999. Disponível em: <<http://www.bichoonline.com.br/artigos/gsuino0013.htm>>. Acesso em: 23 ago. 2009.

PÉREZ, M. P. et al. Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs. **Meat Science**, Barking, v. 61, p. 425-433, 2002.

PEREIRA, L.M. et al. Níveis de lisina em rações com ou sem ractopamina, sobre a composição e rendimento de cortes da carcaça de suínos machos castrados e fêmeas. PorkExpo & IV Fórum Internacional de Suinocultura. **Anais**. p. 128-130, 2008.

PFIZER. Pfizer International swine symposium –**Proceedings**, Otawwa, Canada, p. 38-50, Oct. 2009.

POLETTO, R. et al. The effects of ractopamine, gender, and social rank on aggression and peripheral monoamine levels in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 352, 2008.

POLETTO, R. et al. Aggressiveness and brain amine concentration in dominant and subordinate finishing pigs fed the β -adrenoreceptor agonist ractopamine. **Journal of Animal Science**. Sep. 1, 2010, v. 88, p. 1184-1194.

POMMIER, S. A., C. POMAR and D. GODBOUT. Effect of the Halothane genotype and stress on animal performance, carcass composition and meat quality of crossbred pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 78, p. 257-264, 1998.

PRUNIER, A. A review of the welfare consequences of surgical castration in piglets and the evaluation of non-surgical methods. **Animal Welfare**, v. 15, p. 277-289, 2006.

RAMOS, F. & DA SILVEIRA, M. I. N. Agonistas adrenérgicos β_2 e produção animal: II - relação estrutura-atividade e farmacocinética. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, Portugal, v. 96, n. 540, p. 167-175, 2001.

RULE, D. C. et al. Effects of adrenergic agonists and insulin on porcine adipose tissue metabolism in vitro. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 65, p. 136-140, 1987.

RÜBENSAM, J. M., FELÍCIO, P. E.; TERMIGNONI, C. Influência do genótipo *Bos indicus* na atividade de calpastatina e na textura da carne de novilhos abatidos no Sul do Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 4, p. 405-409, 1998.

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

SAINZ, R. D. et al. Effects of ractopamine in pig muscles: histology, calpains and β -adrenergic receptors. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 44, p. 1441-1448, 1993.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S. & SILVA, L. C. **Produção de suínos tipo carne**. Universidade Federal do Espírito Santo (Boletim Técnico). 2007.

SCHINCKEL, A. P. et al. Efeitos da ractopamina sobre o crescimento, a composição da carcaça e a qualidade dos suínos. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2., 2001, Concórdia, SC. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001. p. 324- 335.

SCHINCKEL, A. P. et al. Development of a model to describe the compositional growth and dietary lysine requirements of pig fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 1106-1119, 2003.

SEE, M. T. et al. Effect of a ractopamine feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, p. 2474-2480, 2004.

SILVA, M. L. F. et al. Efeito da ractopamina em rações com diferentes níveis de lisina sobre as características de carcaça de suínos machos castrados e fêmeas. PorkExpo & IV Fórum Internacional de Suinocultura. **Anais**. p. 111-113, 2008.

SILVEIRA, E. et al. Vaccination of boars with GnRF vaccine (Improvac) and effects an meat quality. Proceedings **International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST)**, Dublin, Ireland, 2006.

SILVEIRA, E. et al. Vaccination of boars with a GnRF vaccine (Improvac) and its effects on meat quality. Proceeding **International Pig Veterinary Society (IPVS)**. Congress, Durban, South Africa, 2008.

SILVEIRA, T. Improvac: implications on pig carcass composition. IN: PFIZER INTERNATIONAL SWINE SYMPOSIUM –PROCEEDINGS, 2009, Canada. **Anais...** Ottawa, Canada: Pfizer. Oct., 2009, p. 38-50.

SILVEIRA, E. and POLEZE, E. Immunological castration: Carcass characteristics and the Brazil experience. **Proceedings Reciprocal Meat Conference**, Rogers, Arkansas, 2009.

SMITH, D. J. The pharmacokinetics, metabolism, and tissue residues of beta-adrenergic agonists in livestock. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 76, n. 1, p. 173-194, 1998.

SQUIRES, E. J., DENG, H.; WU, L. Colorimetric method for the determination of androst-16-ene steroids in carcasses. In: M. Bonneau (Ed.) Measurement and Prevention of Boar Taint in Entire Male Pigs. **Anais...** Proc. EAAP Working Group, October 12–14 1992, Roskilde, Denmark. INRA, Paris, 1993.

SQUIRES, E.J, O. Adeola, LG Young, and RR Hacker. The role of growth hormones, β -adrenergic agents and intact males in pork production: A review. **Canadian Journal of Animal Science**. v. 73, p. 1–23, 1993.

STABENFELDT, G. H.; EDQVIST, L. Processos reprodutivos do macho. In: SWENSON, M. J.; REECE, W. O. Dukes – fisiologia dos animais domésticos. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A., 1996. Cap. 35, p. 603-614.

THUN, R. et al. Castration in male pigs: techniques and animal welfare issues. **Journal of Physiology and Pharmacology**, Rockville, v. 57, n. 8, p. 189-194, Jan. 2006.

VASCONCELOS, C. H. F. et al. Ractopamina na alimentação de suínos. **Caderno Técnico de Veterinária e Zootecnia**, v. 53, p. 86-108, 2007.

VELARDE A. *et al.* The effect of immunocastration on the behaviour of pigs. In: EAAP Working Group Production and Utilisation of Meat from Entire Male Pigs, Monells, Spain, 2008. **Anais...** EAAP Working Group Production and Utilisation of Meat from Entire Male Pigs, Monells, Spain, 2008.

VELARDE, A. & MANTECA, X. **Castração Cirúrgica sem Anestesia**. Disponível em: <http://www.3tres3.com.pt/opinion/ficha.php?id_ficha=1081>. Acesso em: 20 dez. 2010.

VELARDE, A. **Alternativa à castração cirúrgica sem anestesia – 15/09/2010**. Disponível em: <http://www.3tres3.com.pt/opinion/ficha.php?id_ficha=1082>. Acesso em: 20 jan. 2011.

WARRISS, P. D., & S. N. BROWN. The physiological responses to fighting in pigs and the consequences for meat quality. **Journal of animal Science Food Agriculture**, v.b36, p.b89, 1985.

WARRISS, P. D. **Meat Science: an introductory text**. Wallingford: CABI Publishing, 2000. p. 310.

WARRISS, P. **Meat science: an introductory text**. Oxon: CABI Publishing, 2010. University of Bristol Bristol United Kingdom. 2 ed.

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**, Philadelphia, E.U.A., v. 84, n. 3, p. 720-732, 2006.

WEILER, U. et al. Influence of androstenone sensitivity on consumer reactions to boar meat. In: M. Bonneau, K Lundström, and B. Malmfors (Org.). **Boar taint in entire male pigs**. Stockholm, Sweden p. 147-151, 1997

WINDHORST, H. W. *Padrões Globais da Produção e da Comercialização de Carne Suína*. In: _____. **Anais... 2º Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína**, 5 de Novembro a 6 de Dezembro de 2001-Concórdia, SC, Brasil.

WOOD, J.D. et al. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. **Meat Science**, v. 78, p. 343-358, 2008.

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

ZAMARTSKAIA, G. et al. Boar Taint is Related to Endocrine and Anatomical Changes at Puberty but not to Aggressive Behaviour in Entire Male Pigs. **Reproduction in Domestic Animals** v. 40, n. 6, p. 500–506, Dec. 2005.

ZAMARATSKAIA, G. et al. Long-term effect of vaccination against gonadotropin-releasing hormone, using Improvac™, on hormonal profile and behaviour of male pigs. **Animal Reproduction Science** – Oct. 2008, v. 108, Issue 1, 37-48 p., DOI: 10.1016/j.anireprosci.2007.07.001.

ZAMARATSKAIA, G. & SQUIRES, E.J. Biochemical, nutritional and genetic effects on boar taint in entire male pigs. **Animal**. v. 3, p. 1508-1521, 2009.

CAPÍTULO 2

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

1 ARTIGO 1

EFEITOS DA ADMINISTRAÇÃO DA RACTOPAMINA, GENÉTICA, IMUNOCASTRAÇÃO E SUAS INTERAÇÕES EM TERMOS DE CARÇAÇA E QUALIDADE DA CARNE DE SUÍNOS

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da administração da ractopamina, genótipo Pietran e método de castração e suas interações na carcaça e qualidade da carne dos suínos. Um total de 756 suínos (peso vivo 115 ± 5 kg) foram distribuídos em um delineamento em blocos casualizado em esquema fatorial $2 \times 2 \times 2$, sendo dois grupos (376 e 380 suínos cada), recebendo 7,5 ppm de ractopamina (RAC) ou não (NRAC) em sua dieta durante os últimos 28 dias finais do período de terminação, 377 foram castrados cirurgicamente (CAS) e 379 foram imunocastrados (IC), e dois genótipos, sendo 379 controles (CONT) e 377 Pietran^{NN} (PI). A castração cirúrgica ocorreu no segundo dia de idade, enquanto imunocastração foi realizada através de duas injeções subcutâneas de IMPROVAC® (2 mL) com 10 e 4 semanas antes do abate. A qualidade da carne foi avaliada no (LD) *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus* (SM). Os dados foram analisados utilizando o procedimento Proc Mixed do SAS. A suplementação com ractopamina e a imunocastração apresentaram bons resultados para rendimento de carne magra. A ractopamina proporcionou algumas alterações nos valores de a^* e b^* e perda de água nos músculos *Semimembranosus* e *Longissimus Dorsi*. O fator genótipo proporcionou aumentos na força de cisalhamento e os valores de pHu no músculo *Longissimus dorsi* para animais 50% Pietran (B) e aumentos na força de cisalhamento nos músculos *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus* de animais imunocastrados. A interação entre ractopamina e genótipo, proporcionou aumentos na força de cisalhamento para o músculo *Longissimus Dorsi*. A interação entre ractopamina e castração apresentou maiores valores para perdas de água no músculo *Longissimus Dorsi*. A interação entre ractopamina, genótipo e imunocastração, causou aumentos nos valores de L^* para o músculo *Semimembranosus*. Portanto o uso da ractopamina, genótipo, imunocastração e suas interações apresentaram alterações em termos de cor, perda de água por exsudação, pHu e força de cisalhamento, porém sem afetar negativamente a qualidade da carne. Assim, o uso da ractopamina, genótipo 50% Pietran, imunocastração ou sua associação, parece ser uma alternativa viável, uma vez que assegura a produção de carcaças magras e apresentaram efeitos sem afetar a qualidade da carne suína.

Palavras-chave: Aditivos. Beta-adrenérgico. Castração. GnRH. Odor sexual.

EFFECTS OF RACTOPAMINE ADMINISTRATION, GENETIC, IMMUNOCASTRATION AND THEIR INTERACTION ON CARCASS AND MEAT QUALITY OF PIGS

Abstract: The objective of this study was to evaluate the effects of administration of ractopamine, and genetic Pietran and immuno-castration and their interactions on carcass and meat quality of pigs. A total of 756 pigs (115+5 kg live weight) were distributed into two main groups (376 and 380 pigs each), receiving 7.5 ppm of ractopamine (RAC) or not (NRAC) in their diet during the last 28 days of the finishing period. Within each group of pigs, 377 traits (CAS) and 379 immuno-castrates (IC), and two genotypes (379 controls, CONT, and 377 PietrainNN, PI) were assigned according to a 2 x 2 x 2 factorial design. Castration took place at two day of age, while imunocastration was performed through two subcutaneous injections of Improvac® (2 mL) at 10 and 4 weeks before slaughter. Meat quality was assessed in the *Longissimus dorsi* (LD) muscle. Data were analyzed resolution in Proc Mixed procedure in SAS. Ractopamine supplementation and immuno-castration showed good results for lean meat yield. The ractopamine provided some changes in the values of a * and b * and drip loss on *Longissimus dorsi* and *Semimembranosus* muscles. The genotype factor gave increases in shear force values and the pHu in *Longissimus dorsi* for Pietrain animals 50% (B) and increases values of shear force in the *Longissimus dorsi* and *Semimembranosus* of immuno-castrated animals. The interaction between genotype and ractopamine, provided increases in shear force for the *Longissimus Dorsi*. The interaction between ractopamine fed and castration showed higher values for drip loss in *Longissimus Dorsi*. The interaction between ractopamine fed, genotype and immuno-castration caused increases in L* values for *Semimembranosus* muscle. Therefore the use of ractopamine, genotype, and their interactions immuno-castration showed changes in color, drip loss by exudation, pHu and shear force, but without adversely affecting the quality of meat. Thus, the use of ractopamine, genotype Pietran 50%, immuno-castration or their association, seems to be a viable alternative, since it ensures the production of lean carcasses and showed effects without affecting the quality of pork.

Keywords: Additives. Beta-adrenergic. Boar taint. Castration. GnRF.

1.1 INTRODUÇÃO

Após a aprovação do uso de ractopamina (RAC) na alimentação animal, no Brasil em 1996 (Brasil, 1996) e no Canadá em 2005 (Canadian Pork Council, 2005) tem-se a disposição dos suinocultores uma alternativa para potencializar a produção de carne. A RAC é um aditivo alimentar, classificada como um agonista β -adrenérgico (ABA) de ação específica nas células adiposas e musculares (Haese & Büsen, 2005), atua como modificador metabólico, e possui a capacidade de alterar o crescimento animal (Guyton & Hall, 2006). Capaz de proporcionar carcaças com

maiores proporções de carne magra (+11%) e redução da deposição de gordura na carcaça (-3%) (SCHINKEL et al., 2001).

A primeira alternativa seria o uso do genótipo Pietran, por apresentar elevados ganhos de carne magra, bom desempenho e conformações de carcaça (FÀBREGA et al., 2002ab), e que após a erradicação do gene halotano nesta raça, resultou na redução de perdas durante o transporte e em qualidade da carne, sem prejudicar a qualidade das carcaças, mantendo-as com elevados padrões de qualidade e conformação (GISPERT et al., 2007).

Uma segunda alternativa seria o uso de machos inteiros. Em geral, quando comparados aos castrados, apresentam a produção de carcaças mais magras (+4,6%) (FAUCITANO, 1996). Apesar destes benefícios, de acordo com Warriss & Brown (1985) os machos inteiros apresentam mais atividade e agressividade quando misturados com outros animais e prejuízos em termos de qualidade da carne. O principal problema é a presença do odor sexual quando estes atingem a puberdade (BONNEAU & SQUIRES, 2000).

Estes odores ocorrem pelo acúmulo e associação dos compostos androsterona (5α -androsterona) e escatol (3-metil-indol) depositados principalmente na camada de gordura da carcaça (BONNEAU & SQUIRES, 2000; JAROS ET AL., 2005; EINARSSON, 2006; ZAMARATSKAIA, 2008 B; MCKEITH, 2009; VELARDE & MANTECA, 2010).

Atualmente, o método da castração cirúrgica é o mais praticado na produção suínica mundial para evitar o odor de macho inteiro (THUN et al., 2006). Organizações de defesa do bem-estar animal acusam este procedimento como cruel e doloroso para o animal (JAROS et al., 2005). Nesse aspecto, vêm sendo testados produtos que usam o sistema imunológico de suínos como alternativa à castração cirúrgica para controlar o odor de macho inteiro.

O objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos da administração da ractopamina, do genótipo e da imunocastração e suas interações na carcaça e qualidade da carne dos suínos em condições comerciais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ANIMAIS E TRATAMENTOS

O experimento foi realizado em uma unidade produtora de suínos de crescimento e terminação, localizado no norte do Canadá. Foram usados 756 suínos, em fase de terminação (com peso vivo de 115 ± 5 kg), distribuídos em blocos casualizado em esquema fatorial $2 \times 2 \times 2$, com 8 tratamentos e 6 repetições, sendo um grupo de 376 suínos que receberam 7,5 ppm ractopamina (RAC) e outro grupo de 380 suínos que não receberam ractopamina (NRAC) em sua dieta durante os últimos 28 dias do período de terminação, dois tipos de castração, 377 castrados cirurgicamente (CAS) e 379 imunocastrados (IC), e dois genótipos, 379 controles (CONT) e 377 Pietrain^{NN} (PI).

Os animais foram obtidos do cruzamento de linhagens paternas de Pietran de pura raça e do cruzamento de Duroc X Pietran, respectivamente, com fêmeas híbridas da linhagem comercial (F-20 desenvolvida pela Empresa Genetiporc Inc., St.-Bernard, Canada) resultando em cruzamentos com 25% (genótipo A; n=377) e 50% (genótipo B; n=379) da genética Pietran livres do gene Halotano (Hal^N).

A castração cirúrgica foi realizada no segundo dia de vida dos leitões, pelo método tradicional (um corte vertical, em cada testículo) e a imocastração (IC), com duas doses subcutâneas de Improvac[®] (2 mL), no terço médio entre a orelha e a paleta, sendo que, a primeira dose foi administrada 10 semanas antes do abate e a segunda dose quatro semanas antes do abate.

2.2 MANEJO

Os animais foram alojados em baias de alvenaria, com piso semi-ripado, climatizadas, com dimensões de 2,44 x 4,88 m², com densidades de 0,79m²/animal para a primeira fase (de março a maio de 2010) e 0,74m²/animal para a segunda fase do experimento (de julho a setembro de 2010).

Os animais receberam dois tipos de alimentação, animais sem suplementação de ractopamina, receberam 5% mais de Lisina que o proposto pelo

programa nutricional da Empresa Du Breton para suprir as necessidades básicas nutricionais para animais inteiros em fase de crescimento e terminação.

A ractopamina (RAC) foi administrada a 7,5 ppm, durante os 28 dias finais da fase de terminação, começando no mesmo dia em que foi administrada a segunda dose da vacina de imunocastração.

2.3 EMBARQUE

No dia anterior ao abate foi realizada a pesagem dos animais e selecionados os animais que atingiram peso médio de 115 ± 5 kg.

Os animais permaneceram 10 horas em jejum sólido antes do transporte. Os carregamentos foram iniciados as 2 horas e 30 minutos da manhã e tiveram duração de 1 hora e 45 minutos, devidamente controlados, para seguir o mesmo protocolo com os mesmos intervalos de horários em todas as fases do experimento.

Foi utilizado o caminhão tipo *Pot belly trailer*, que possui treze compartimentos. Para o experimento foram utilizados nove compartimentos com uma rotação semanal, onde um compartimento, nunca o mesmo, fazia a viagem vazio. Cada tratamento passou duas vezes em cada andar do caminhão e não houve repetição de compartimento.

Os embarques foram realizados por dois manipuladores treinados utilizando pás de manejo (16,5 x 35,5 cm; Ukal Élevage, Eschbach, Canada) e tábuas de manejo (91,4 x 76,2 cm; Ukal Élevage, Eschbach, Canada) e sempre em pequenos grupos (3 a 5 animais).

Para simular o efeito de embarques convencionais, os animais foram misturados no momento do embarque. Assim, em cada compartimento havia um novo grupo composto de 5 animais (2 brincos azuis e 3 brancos), mais animais extras para completar a densidade, sempre vindos de duas baias diferentes, dentro da mesma combinação de tratamento.

As densidades dos compartimentos mantiveram-se inalteradas durante todo o experimento, mantendo a densidade de $0,41 \text{ m}^2/\text{animal}$.

A viagem se iniciava às 4 horas e 15 minutos da manhã, para a unidade de abates Frigorífico Breton® na cidade de Rivière-du- Loup- Québec com duração de 40 ± 5 minutos.

Todos os procedimentos experimentais realizados neste estudo foram aprovados pela comissão institucional de cuidados animal com base nas diretrizes atuais do Canadian Council on Animal Care (1993).

2.4 CARÇAÇA

Os animais foram pesados um dia antes do carregamento, para a obtenção do peso vivo. Ao final da linha de abate, as carcaças foram pesadas para a obtenção de peso de carcaça quente. Com esses valores foi possível calcular o rendimento de carcaça. O rendimento de carne foi estimado pelo método de tipificação eletrônica (pistola automática) da unidade de abates.

2.5 QUALIDADE DE CARNE

Após 24 horas de resfriamento, o músculos *Longissimus dorsi* (ao nível da terceira/quarta costela e os músculos *Semimembranosus* e *Aductor*, foram retirados da meia carcaça esquerda e utilizados para realizar as análises de qualidades de carne.

2.5.1 pH Final

O pH final (pHu) da carne, foi avaliado 24 horas *post mortem*, no músculos *Longissimus dorsi* (LD), ao nível da terceira/quarta costela no sentido crânio-caudal, *Semimembranosus* (SM) e no músculo *Aductor* da carcaça esquerda, utilizando o medidor de pH (Oakton Instruments modelo pH 100 Series, Vernon Hills, IL) equipado com um eletrodo (Cole Palmer Instrument Company, Vernon Hills, IL) e de um medidor automático de temperatura por sonda de inserção.

2.5.2 Cor

A cor foi mensurada através do colorímetro (Chromameter Minolta CR-300) utilizando as coordenadas colorimétricas do método CIELab (Commission Internationale de L'Eclairage), em triplicata nos músculos *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus* após expor a superfície do músculo a luz por 30 minutos.

Também foi realizada avaliação subjetiva da cor para o músculo *longissimus dorsi* utilizando a escala de cores do padrão japonês (JCS) que tem variação de 1 = pálido a 6 = escura, como descrito por Nakai et al.(1975).

2.5.3 Condutividade Elétrica

As medidas de condutividade elétrica (CE) foram realizadas no mesmo local anatômico do músculo *Longissimus dorsi* das medidas de pH e temperatura, após 24 horas *post mortem*, em triplicata, por inserção da sonda de Qualidade de Carne Suína (PQM-I-INTEK, GmbH, Aichach, Alemanha).

2.5.4 Perda de Água por Gotejamento

A perda de água por gotejamento foi mensurada no músculo *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus*. Foram coletadas três amostras cilíndricas de cada músculo, cortadas por uma 'faca cilíndrica especial', na medida de 25 mm de diâmetro em média. As amostras foram pesadas e postas em descanso em recipiente plástico modificado (Christensen Aps Industrivaengetand, Hilleroed, Dinamarca), seguindo a metodologia de Corrêa et al. (2007), armazenadas a 4-5° C por 48 horas, suavemente passadas em papel toalha e pesadas novamente. Os resultados foram obtidos da subtração do recipiente mais amostra, menos o peso da amostra após 48 horas.

2.5.5 Força de Cisalhamento

Amostras dos músculos *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus* foram cortadas com 10 centímetros de comprimento, embaladas a vácuo, maturadas

por 5 dias sob refrigeração (4°C) e congeladas (-20°C) até o momento da análise. A força de cisalhamento foi realizada em 336 suínos, sendo 42 animais para cada um dos oito tratamentos, contabilizando 56 animais para cada semana de abates, sempre com doze replicatas de cada amostra. Foi utilizada a metodologia "Warner-Bratzler Shear", proposta por Van Oeckel et al. (1999) e o texturômetro Texture Analyser TA - XTplus, acoplado com lâmina Warner Bratzler 30°.

Os resultados foram obtidos pelo software Texture Exponent 32 e analisados posteriormente a partir das médias, eliminando o menor e maior valor para cada amostra.

2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises para os dados de parâmetros de carcaça e qualidade da carne foram analisados utilizando o procedimento MIXED para experimentos fatoriais Statistical Analysis System- SAS®, em que foram considerados três efeitos fixos (ractopamina, imunocastração e genética) e suas interações. Quando foi encontrada diferença estatística ($P \leq 0,05$), o ajuste Tukey-Kramer foi utilizado para comparar as médias de tratamento. O critério para tomada de decisão adotada foi α 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS

3.1 CARCAÇA

Houve interação significativa para peso de carcaça quente (kg) entre os fatores castração e genótipo ($P=0,004$). A suplementação com ractopamina ($P=0,001$), apresentou maiores valores quando comparados a animais sem suplementação. Resultados significativos para peso de carcaça quente também foram observados para castração ($P=0,0008$), onde animais castrados cirurgicamente apresentaram maiores valores que animais imunocastrados. A variável também apresentou significância para genótipo ($P=0,05$).

A interação significativa entre castração e genótipo ($P=0,01$), influenciou o rendimento de carcaça (%). A ractopamina ($P=0,01$), castração ($P<0,001$) e genótipo ($P=0,0001$), apresentaram resultados significativos. Animais suplementados com ractopamina, castrados e 50% Pietran (B) apresentaram maiores rendimentos que animais não suplementados, imunocastrados e 25% Pietran, respectivamente.

O genótipo e as interações entre os fatores não apresentaram resultados significativos para a variável rendimento de carne magra. Em termos de rendimento de carne magra (%) para os fatores simples, foram encontradas diferenças significativas para ractopamina ($P=0,0004$) e castração ($P=0,002$), onde animais suplementados com ractopamina e imunocastrados apresentaram maior rendimento de carne que animais não suplementados e aos castrados cirurgicamente, respectivamente.

3.2 PH

A interação tripla entre ractopamina, genótipo e castração modificou o pHu nos músculos *Semimembranoso* e *Aductor*, como demonstrado nas Tabelas 3 e 4, respectivamente. A interação entre ractopamina e castração, tende a influenciar os valores de pHu no músculo *Aductor*, tornando-os sutilmente mais elevados.

Os fatores ractopamina e imunocastração não apresentaram diferenças significativas entre os valores de pHu para os músculos *Longissimus dorsi*, *Semimembranosus* e *Aductor* (Tabelas 2, 3 e 4).

Como demonstrado na Tabela 2, os valores de pHu no músculo *Longissimus Dorsi* apresentaram diferença significativas para genótipo ($P=0,04$) onde os animais 25%Pietran (A) apresentaram valores mais altos para pHu.

3.3 Cor

A interação entre ractopamina e genótipo tende a aumentar os valores de a^* no músculo *Longissimus dorsi* de animais 50% Pietran (B) sem suplementação de ractopamina.

O músculo *Longissimus dorsi* apresentou diferença na cor pelo padrão de escala de cor japonesa (JCS), atribuída ao genótipo ($P=0,04$), em que animais 50% Pietran (B), apresentaram pontuações mais baixas, indicando uma carne mais pálida.

A suplementação com ractopamina ($P=0,007$), ($P<0,0001$), ($P<0,0001$), alterou os valores de L^* , a^* e b^* , respectivamente, no músculo *Longissimus dorsi*, tornando a carne mais escura (menores valores de L^*), com maior intensidade de vermelho (menores valores de b^*) e do amarelo (menores valores de a^*).

Houve interação entre ractopamina, genótipo e castração ($P=0,04$), que aumentou os valores de L^* , no músculo *Semimembranosus*. Não foi observada diferença estatística entre os valores de L^* no músculo (Tabela 3) em função da ractopamina, imunocastração ou genótipo.

A suplementação com ractopamina influenciou nos valores de a^* ($P<0,0001$) e b^* ($P=0,0001$), apresentando carnes com menor intensidade do vermelho e amarelo no músculo *Semimembranosus*.

3.4 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E PERDA DE ÁGUA POR GOTEJAMENTO

A interação entre ractopamina e castração, tende a aumentar os valores de condutividade elétrica. Não houve influencia da ractopamina, genética ou

imunocastração nos valores de condutividade elétrica no músculo *Longissimus dorsi*, demonstrado na Tabela 2.

Como demonstrado na Tabela 2, a interação significativa entre ractopamina e castração ($P=0,05$), tornou os valores levemente maiores para perda de água no músculo *Longissimus dorsi*.

A perda de água por exsudação no músculo *Longissimus dorsi* foi afetada pelo uso da ractopamina ($P=0,01$). Animais não suplementados com ractopamina apresentaram maiores perdas de água que os animais suplementados com ractopamina. O tipo de castração tendeu a influenciar na perda de água, sendo menor para animais castrados cirurgicamente em relação aos imunocastrados.

Como observado na Tabela 3, a interação entre ractopamina, genótipo e castração, tendeu a diminuir a capacidade de retenção de água no músculo *Semimembranosus*. O fator genótipo tendeu a influenciar na capacidade de retenção de água, indicando que animais 50% Pietran (B) tenderam a apresentar menores valores que 25% Pietran (A). Porém, ambas as tendências, não apresentam qualquer prejuízo à qualidade de carne, pois os valores se mantêm na faixa de carnes consideradas normais.

3.5 FORÇA DE CISALHAMENTO

A interação entre ractopamina e genótipo ($P=0,009$) apresentou forte influencia no aumento da força de cisalhamento no músculo *Longissimus dorsi*.

A ractopamina influenciou no aumento dos valores para força de cisalhamento nos músculos *Longissimus dorsi* ($P=0,001$) e *Semimembranosus* e ($P=0,0006$).

O tipo de castração ($P=0,01$) e genótipo ($P=0,001$), também exerceram influência nos resultados para animais imunocastrados e de 50% Pietran (B), que apresentaram aumentos na força de cisalhamento no músculo *Longissimus dorsi*.

Como demonstrado na Tabela 3, a imunocastração tende a aumentar os valores relativos à força de cisalhamento no músculo *Semimembranosus* em relação aos castrados cirurgicamente.

4 DISCUSSÃO

4.1 CARÇAÇA

A interação entre castração e genótipo, demonstra que o genótipo foi influenciado pela forma de castração, e assim, apresentou melhores valores para peso de carcaça quente e rendimento de carcaça (%).

Isto ocorre devido ao fato de animais da raça Pietran, sem a presença do gene Halotano (NN), ainda apresentarem maiores resultados de rendimento ao abate (83,34%), e maior taxa de deposição de carne magra, confirmando o melhor rendimento de carcaças provindas de linhas genéticas sem a presença do gene Halotano (GISPERT et AL., 2007).

Em relação ao tipo de castração, animais castrados cirurgicamente apresentam maiores valores para rendimento de carcaça quando comparados a imunocastrados, de acordo com (GISPERT et al., 2010), isso pode ser explicado devido ao conteúdo intestinal de imunocastrados, que possuem maior peso que de animais castrados, e também pela presença dos testículos.

Animais 50% Pietran (B) apresentaram maiores valores para rendimento de carcaça, comparados a animais 25% Pietran (A). E o tipo de castração influenciou o rendimento de carcaça, no qual animais castrados cirurgicamente apresentaram maiores valores quando comparados a imunocastrados.

A ractopamina afetou o rendimento de carcaça (%), apresentando melhores valores para animais suplementados. Resultados similares foram encontrados por Fernandez-Dueñas et al. (2008), See et al. (2004), Carr et al. (2005a) e Pérez et al. (2006) que também verificaram um aumento no rendimento de carcaça devido à suplementação com ractopamina com níveis entre 7,5 a 10 ppm. Crome et al. (1996) explicam que o maior rendimento de carcaça pode ser obtido devido a maior deposição de tecido muscular na carcaça de animais suplementados, em relação ao crescimento de órgãos e vísceras.

O rendimento de carne magra (%) foi influenciado pela suplementação com ractopamina. Animais suplementados apresentaram maior rendimento de carcaça que animais não suplementados. Estes resultados estão

coerentes com os efeitos da ractopamina sobre o organismo animal observado em estudos anteriores com suplementações ente 7,5 a 10 ppm/dia (Bellaver et al.(1991), Schinckel et al. (2003) e Patience et al. (2009). Esse resultado se deve á diminuição da proteólise, influenciando diretamente o aumento da quantidade de carne magra nas carcaças de animais alimentados com ractopamina (Moloney & Beermann, 1996), que de acordo com Aalhus et al., (1992) é ocasionado pelo aumento no diâmetro das fibras musculares, denominada hipertrofia induzida pela ractopamina.

A imunocastração apresentou maiores valores para rendimento de carne magra (%) comparado com a castração cirúrgica. Assim, apesar de animais castrados apresentarem maior rendimento de carcaça, os imunocastrados apresentam maior porcentagem de carne magra. Os resultados divergem dos resultados encontrados por Font i Furnols et al. (2009), que não encontraram diferença de rendimento de carne para imunocastrados quando comparados a animais castrados e estão de acordo com os resultados encontrados por Jaros et al., (2005); Fuchs et al., (2009) e Silveira & Poleze (2009), que também encontraram que animais imunocastrados apresentavam maior porcentagem de carne magra que animais castrados, representando vantagens econômicas diretas para o produtor.

Isso ocorre devido aos benefícios dos hormônios sexuais antes da segunda dose da vacina que não foram totalmente perdidos (Pauly et al. 2009), por isso animais imunocastrados apresentam carcaças com maior teor de carne magra que animais castrados (FUCHS et al., 2009). Segundo Metz et al. (2002), esses hormônios contribuem para a melhora da performance de crescimento dos animais devido ao aumento de aproximadamente 20% da retenção de nitrogênio da dieta, e levam a uma hipertrofia muscular pela simulação da síntese de proteínas musculares e melhora a reutilização de aminoácidos (BAUER; LACORN & CLAUS, 2008), deixando evidente a diferença de deposição de tecido magro, para animais com os diferentes métodos de castração (D'SOUZA & MULLAN, 2003).

Desta forma, podemos dizer que, a interação entre tipo de castração e genótipo, apresentou resultados vantajosos em termos de rendimento de carcaça. A suplementação com ractopamina e a imunocastração apresentaram bons resultados para rendimento de carne magra.

4.2 pHu

Nos termos de qualidade de carne, a interação entre ractopamina, genótipo e castração, tende a aumentar ligeiramente os valores de pHu no músculo *Semimembranosus e Aductor*.

De acordo com Warriss et al. (1990), um aumento no valor de pHu de animais suplementados com ractopamina é normal, e ocorre porque o uso de β -adrenérgico consome mais glicogênio muscular, o que resulta em menor acúmulo de ácido láctico na carcaça pós-abate.

Animais do genótipo Pietran livres do gene Halotano podem produzir resultados similares ou melhores em termos de pHu, indicando que esses animais possuem potencial glicolítico normal (FÀBREGA et al., 2002b).

O genótipo influenciou os resultados de pHu, no qual animais 25% Pietran (A) apresentaram valores mais elevados no músculo *Longissimus dorsi*, comparados a animais 50% Pietran (B), demonstrando que animais Pietran possuem potencial glicolítico normal (FÀBREGA et al., 2002b).

Entretanto, todos os valores de pHu encontrados neste estudo para o músculo *Longissimus dorsi* ficaram dentro da normalidade variando de 5,5 a 5,8 (DALLA COSTA, 2005) em suínos.

Apesar das diferenças estatísticas apresentadas, os resultados ainda continuam dentro da normalidade de acordo com o padrão proposto por Faucitano et al. (2001).

Neste sentido, a interação tripla tende a afetar levemente os valores de pHu nos músculos *Semimembranosus e Aductor*. E genótipo afetou ligeiramente os valores de pHu no músculos *Longissimus dorsi*.

4.3 Cor

O genótipo apresentou influencia na cor no músculo *Longissimus dorsi*, pelo padrão de cor japonês (JCS), em que animais 50% Pietran (B) apresentaram resultados mais baixos, indicando uma carne mais pálida, porém de acordo com o padrão, os graus de cor 1 e 2 estão relacionados à carne PSE e os

graus 3 e 4, à carne normal (VAN OECKEL et al., 1999). Assim, as carnes apesar da diferença estatística permanecem dentro da normalidade.

A interação entre ractopamina e genótipo, tendeu a apresentar maiores valores para a^* , ou seja, carnes mais vermelhas, com maior concentração de oximioglobina presente. Este resultado estão de acordo com resultados encontrados por Ferreira & Bastos (1994), que sugerem que a carne oriunda de animais alimentados com dietas contendo ractopamina apresenta-se mais escura devido à estimulação *ante mortem* da glicogenólise, levando à redução do glicogênio muscular e limitando a acidificação normal *post mortem*.

As diferenças observadas nos valores de L^* , a^* e b^* , no músculo *Longissimus dorsi*, atribuídos à ractopamina, indicam que a carne de animais com suplementação, apresenta-se mais escura (menores valores de L^*), com menor intensidade do vermelho (menores valores de a^*) e menor intensidade do amarelo (menores valores de b^*). Segundo Carr et al. (2005), os decréscimos nos valores de a^* , são resultados diretos de menores números de oximioglobina no músculo ou indiretamente uma diluição do efeito causado pela hipertrofia muscular ou mudança da função de fibras intermediárias para fibras brancas. Stahl et al. (2007) também encontraram valores reduzidos de a^* , para suplementação com 5 ppm de ractopamina, sem efeitos para L^* e b^* . Os autores sugeriram que são valores tão ínfimos que não são perceptíveis ao consumidor e portanto não comprometem qualidade de carne.

Segundo (BRESSAN et al., 2004), o valor de b^* representa a deposição de pigmentos carotenóides que se depositam no tecido adiposo dos suínos, assim a diminuição das gorduras corporais, particularmente, a subcutânea e a intermuscular em animais tratados com ractopamina, pode ter ocasionado essas alterações de b^* .

A interação entre ractopamina, castração e genótipo apresentou maior valor de L^* , ou seja, carnes mais pálidas no músculo *Semimembranosus*.

Não foram observadas diferenças para os valores de L^* no músculo *Semimembranosus* em função da ractopamina, genótipo e imunocastração, divergindo do encontrado por Gispert et al. (2010), que observaram diferenças para luminosidade (L^* maior) em animais imunocastrados.

A ractopamina influenciou o aumento dos valores de a^* e b^* no músculo *Semimembranosus*, em que os animais sem suplementação apresentaram carnes mais avermelhadas e amareladas, efeito que pode ser consequência dos altos valores de perda de água e aumento nas saturações de a^* e b^* (Ahmed, 1990) e maior presença de gordura na carcaça.

A interação entre ractopamina, genótipo e castração, causou alterações na cor da carne, mas sem grandes prejuízos, discordando de Moore et al. (2009) que não encontraram qualquer alteração na qualidade de carne devido a suplementação com ractopamina. A imunocastração não apresentou qualquer efeito negativo para a coloração da carne, resultados que concordam com os apresentados por Font i Furnols et al. (2009); Zaramatskaya et al. (2008) e Pauly et al. (2009), que não encontraram diferenças significativas para as características de qualidade de carne entre imunocastrados e castrados. O genótipo, também não acarretou mudanças negativas na cor da carne.

4.4 CONDUCTIVIDADE ELÉTRICA E PERDA DE ÁGUA POR EXSUDAÇÃO

A interação entre ractopamina e castração tendeu a apresentar maiores valores para condutividade elétrica. Condutividade elétrica é indicativa da facilidade com a qual o músculo é capaz de conduzir uma corrente elétrica, com alta correlação com perda de água no músculo e está de acordo com os resultados encontrados neste estudo, em que a mesma interação apresentou menor capacidade de retenção de água. Porém os resultados estão dentro da faixa aceita como normal (<4 mS).

Não foram observadas diferenças entre os valores de condutividade elétrica no músculo *Longissimus dorsi*, influenciadas pela ractopamina, genótipo ou castração.

A interação entre ractopamina e castração apresentou maiores valores para perdas de água no músculo *Longissimus Dorsi*.

Segundo (WARRISS et al., 1990), a capacidade de retenção de água é aumentada nos animais tratados com ractopamina e Crome et al. (1996) explica que este efeito se deve à menor deposição de gordura e à maior deposição proteica. Isso ocorre, porque os grupos hidrofílicos das proteínas musculares atraem

água, formando uma capa de moléculas, fortemente unidas e que se orientam de acordo com sua polaridade e com o grupo carregado (ROÇA, 2005).

Com relação ao tipo de castração, animais imunocastrados apresentam maiores perdas de água, isso ocorre de acordo com (REHFELDT et al., 2000) devido ao aumento do diâmetro celular que diminui a capacidade de retenção de água. Assim, animais com maiores proporções protéicas na carcaça (WEGNER et al., 2000) e com fibras de maior diâmetro (LARZUL et al., 1997).

A ractopamina influenciou na capacidade de retenção de água no músculo *Longissimus dorsi*, sendo maior para animais suplementados, diferente do observado por (PATIENCE et al., 2009) que não encontraram diferença nos resultados para os valores de perda de água no músculo *Longissimus dorsi* de animais suplementados com ractopamina e concordando com Almeida et al. (2010), que também encontrou que o referido β -agonista aumentou a retenção de água na carne.

A castração cirúrgica tende a apresentar maiores valores para retenção de água, indicando que animais imunocastrados, tendem a perder mais água por exsudação e por isso apresentam uma carne menos suculenta, devido a maior proporção de fibras glicolíticas em sua musculatura, que apresentam carnes com menor capacidade de retenção de água (RYU; KIM, 2005).

A interação entre ractopamina, genótipo e castração tende a diminuir as perdas de água no músculo *Semimembranosus*. O músculo *Semimembranosus* possui mais fibras vermelhas (com metabolismo oxidativo abundante e metabolismo glicolítico escasso), o que resulta em aumento da capacidade de retenção de água e consequentemente uma menor perda de água por exsudação (Aberle et al., 1994) comparado ao *Longissimus dorsi*, o que é coerente aos resultados apresentados na Tabela 3. Animais 50% Pietran (B) tendem a apresentar menor capacidade de retenção de água no músculo *Semimembranosus*.

Entretanto, mesmo com as diferenças estatísticas apresentadas, as carnes permaneceram dentro da normalidade de perdas de água, estabelecida por (CORREA et al., 2007), que classifica uma carne normal = 2-5%.

4.5 FORÇA DE CISALHAMENTO

A interação entre ractopamina e genótipo apresentou aumentos na força de cisalhamento para o músculo *Longissimus Dorsi*. Esse efeito pode ser explicado devido aumento do diâmetro da fibra muscular, aliados a fatores intrínsecos do animal (CARR et al., 2005; PATIENCE et al., 2009) e redução da atividade da enzima proteolítica calpaína (Warriss et al., 1990b). Resultados encontrados por Parr et al. (2004a) sustentam que a carne de animais tratados com ractopamina apresenta maior força de cisalhamento, coincidente com o aumento da expressão gênica relativa às isoformas da calpastatina. Porém, (XIONG et al., 2006), explicam a redução da maciez devido à redução na degradação de proteína e quebra de miofibrilas nos músculos de suínos suplementados com ractopamina.

Na avaliação de força de cisalhamento no músculo *Longissimus dorsi*, foi constatado o aumento da força de cisalhamento para animais suplementados com ractopamina. O mesmo foi encontrado para o músculo *Semimembranosus*.

O fator genótipo proporcionou aumentos na força de cisalhamento no músculo *Longissimus dorsi*, para animais 50% Pietran (B) e aumentos na força de cisalhamento nos músculos *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus* de animais imunocastrados, semelhante ao encontrado por (MCKEIT et al., 2009), (PAULY et al., 2009) e lida (2011), que encontraram no teste de avaliação sensorial, envolvendo textura durante a mastigação, em que os animais imunocastrados apresentaram carnes com menor maciez. Talvez isso ocorra devido à menor capacidade de retenção de água apresentada, aliada ao fato de animais imunocastrados possuírem, ainda que em baixo nível, uma produção de testosterona, que da mesma forma que contribuem para melhora da deposição de proteína, deixam as calpastatinas mais ativas para bloquear a ação das calpaínas, apresentando influência direta na maciez da carne. Morgan; Wheeler; Koohmaraie (1993) observaram 81% mais calpastatina na carne de bovinos inteiros comparados a castrados. Quanto maior a atividade de calpastatina, maior será a força de cisalhamento da carne e menor a maciez (DOUMIT; KOOHMARAIE, 1999). Koohmaraie (1990) relacionou a menor maciez da carne de ovinos inteiros a maior concentração de zinco, que é um potente inibidor de calpaínas.

Entretanto, de acordo com (ROCHA et al., 2011), esses aumentos na força de cisalhamento, são tão pequenos que chegam a ser imperceptíveis ao consumidor, pois, segundo Faucitano (2009), para que sejam percebidos pelo consumidor este aumento deve ter diferença de 1,0kg/F.

5 CONCLUSÕES

A suplementação com ractopamina e a imunocastração apresentaram bons resultados para rendimento de carne magra.

Tanto o uso da ractopamina, genótipo, imunocastração e suas interações apresentaram alterações em termos de cor, perda de água por exsudação, pHu e força de cisalhamento, porém sem afetar negativamente a qualidade da carne. Assim, o uso da ractopamina, genótipo 50% Pietran, imunocastração ou sua associação, parece ser uma alternativa viável, uma vez que assegura a produção de carcaças magras e apresentaram efeitos sem afetar a qualidade da carne suína.

6 AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio de Sophie Horth e Dominique Morisseti para a coleta de dados na planta de abate, coleta de sangue, medições da qualidade da carne e análise laboratorial, Marjolaine St-Louis para a coleta e análise de dados comportamentais, Steve Methode pelo auxílio estatístico dos dados. À Agricultura e Agri-Food Canada, Pfizer e Du Breton, pelo apoio financeiro e a UEL - Universidade Estadual de Londrina pelo convênio e apoio na estruturação e andamento do projeto.

7 REFERÊNCIAS

- Aberle, E. D., Forrest, J. C., Gerrard, D. E. & Mills, E. W. (1994). Properties of Fresh Meat. In: _____. **Principles of meat science**. Dubuque : Kend All: Hunt Publishing, (4thedition, p. 109-110).
- Aalhus, J. L.; Jones, S. D. & Schaefer, S. D. M. (1990). The effect of ractopamine on performance, carcass composition and meat quality of finishing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, 70 (5) 943-952.
- Ahmed, P.O. Miller, M. F.; Lyon, C. E.; Vaughters, H. M. & Reagan, J. O. (1990). Physical and sensory characteristics of low-fat fresh pork sausage processed with various level of added water. **Journal of Food Science**, 55 (3), 625-628.
- Almeida, V. V. de. Berenchtein, B.; Costa, L. B.; Livio, M.; Tse, P.; Braz, D.B.; Miyada, V. S. (2010). Ractopamina, cromo-metionina e suas combinações como aditivos modificadores do metabolismo de suínos em crescimento e terminação. **R. Bras. Zootec. [online]**. 39 (9), 1969-1977.
- Armstrong, T. A.; Ivers, D. J.; Wagner, J. R.; Anderson, D. B.; Weldon, W. C. & Berg, E. P. (2004). The effects of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, 82, 3245-3253.
- Bauer A., Lacorn M., Danowski K. & Noel R. (2008). Effects of immunization against GnRH on gonadotropins, the GH-IGF-I-axis and metabolic parameters in barrows. **Animal**, 2, 1215-122.
- Bellaver, C.; Fialho, E. T.; Fàvero, J. A.; Ajala, L. C. & Severino Neto, J. (1991). Níveis de ractopamina na dieta e efeitos sobre o desempenho e características de carcaça de suínos em terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 26 (10), 1795-1802.
- Bergen, W. G.; Johnson, S. E.; Skjaerlund, D. M.; Babiker, S. A.; Kent, A. N.; Merkel, R. A.; David, A. B. (1989). Muscle protein metabolism in finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**. 67, 2255–2262.
- Brasil. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária- MAPA. (1996). Portaria n. 301. **Aprova as normas complementares a serem observadas pelos estabelecimentos que fabriquem e/ou comerciem produtos de uso veterinário**. Diário Oficial da União.
- Bressan, M. C.; Jardim, N. S.; Perez, J. R. O.; Thomazini, M.; Lemos, A. L. S. C.; Oda, S. H. I.; Pisa, A. C. C.; Vieira, J. O.; Faria, P. B. & Freitas, R. T. F. (2004). Influência do sexo e faixas de peso ao abate nas características físico-químicas da carne de capivara. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 24 (3), 357-362.
- Bonneau M. & Squires E.J. (2000). Use of entire males for pig production. In: **Conferencia Virtual Internacional sobre Qualidade de Carne Suína**. Embrapa aves e suínos, Santa Catarina, Brazil. 16. 11–16.

Canadian Pork Council – Strengthening Our Competitiveness. Canadian Meat Council, Canadian Pork Council, **Canada Pork International**. <http://www.cpc-ccp.com>.

Carr, S. N.; Rincker, P. J.; Killefer, J.; Baker, D. H.; Ellis, M. & McKeith, F. K. (2005). Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, 83, 223-230.

Correa, J.A.; Méthot, S.; Faucitano, L. (2007). A modified meat juice container (EZ-DripLoss) procedure for a more reliable assessment of drip loss and related quality changes in pork meat. **J. Muscle Foods**, 18, 67-77.

Crome, P. K.; McKeith, F. K.; Carr, T. R.; Jones, D. J.; Mowrey, D. H.; Cannon, J. E. (1996). Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition and cutting yields of pigs slaughtered at 107 kg and 125 kg. **Journal of Animal Science**, 74, 709-716.

Dalla Costa, O. A. (2005). **Efeitos do manejo pré-abate no bem-estar e na qualidade de carne de suínos**. 162 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, Brazil.

Doumit, M. E. & Koohmaraie, M. (1999). Immunoblot analysis of calpastatin degradation: evidence for cleavage by calpain in postmortem muscle. **Journal of Animal Science**. 77 (6), 1467-1473.

D'Souza, D.N. & Mullan, B.P. (2003). Interactions between genotype and castration method can influence the eating quality characteristics of pork from male pigs. **Animal Science**, 77, 67-72.

Einarsson S. (2006). Vaccination against GnRH: pros and cons. **Acta Veterinaria Scandinavica**, 48 (suppl. 1), S10.

Fàbrega, E.; Diestre, A.; Carrión, D.; Font, M.; Manteca, X. 2002a Effect of the halothane gene on pre-slaughter mortality in two Spanish commercial pig abattoirs. **Anim. Welf.** 11, 449-452.

Fàbrega, E.; Manteca, X.; Font, M.; Gispert, M.; Carrión, D.; Velarde, A.; Ruiz-de-la-Torre, J.L. 2002b. Effects of halothane gene and pre-slaughter treatment on meat quality and welfare from two pig crosses. **Meat Sci.** 62, 463-472.

Faucitano, L. (1996). **Production and utilisation of meat from entire pigs**. *Proc. 2nd SUINOTEC*, 11-20, Campinas, Brazil.

Faucitano, L. (2001). Causes of skin damages to pig carcasses. **Can. Journal of animal Science**. 81, 39-45.

Ferreira, M. & Bastos, M.L. (1994). Os agonistas β 2 na produção de carne. **Farm. Port.** 87, 61-67.

Fernández-Dueñas, D. M.; Myers, A. J.; Scramlin, S. M. et al. (2008) Carcass, meat quality, and sensory characteristics of heavy weight pigs fed ractopamina hydrochloride (Paylean®). **Journal of Animal Science**. 89, 210 – 220.

Fuchs, T.; Nathues, H.; Koehrmann, A.; Andrews, S.; Brock, F.; Sudhaus, N.; Klein, G.; Beilage, E. G. (2009). A comparison of the carcass characteristics of pigs immunized with a 'gonadotrophin-releasing factor (GnRF)' vaccine against boar taint with physically castrated pigs. **Meat Science**. 83 (4), 702-705.

Font i Furnols, F. M.; García, R. J. A.; Díaz, L. I.; Hortós i Bahí, M.; Velarde C. A.; Oliver i Pratsevall, M. A.; Gispert M. M. (2009) Efecto de la inmunocastración de cerdos en las características de calidad de canal y carne, los niveles de androstenona y escatol y la composición en ácidos grasos. **EUROCARNE**, monells, (181), 60-68.

Gispert, M.; Font i Furnols, M.; Gil, M.; Velarde, A.; A. Diestre; Carrión, D.; Sosnicki A. A.; G. S. Plastow. (2007). Relationships between carcass quality parameters and genetic types. **Meat Science**, 77 (3), 397-404.

Gispert, M.; Àngels, M. O.; Velarde, A.; Suarez, P.; Pérez, J.; Furnols, F. M. i. (2010) Carcass and meat quality characteristics of immunocastrated male, surgically castrated male, entire male and female pigs. **Meat Science**, 85 (4), 664-670.

Grant, A. L., D. M. Skjaerlund, W. G. Helferich, W. G. Bergen, & R. A. Merkel. (1993). Skeletal muscle growth and expression of skeletal muscle α -actin mRNA and insulin-like growth factor I mRNA in pigs during feeding and withdrawal of ractopamine. **J. Anim. Sci.** 77:3319-3326.

Guyton A.C. & Hall J.E. (2006). **Tratado de Fisiología Médica**. 11. ed. São Paulo, Brazil: Editora Elsevier.

Haese, D. & Bünzen, S. Ractopamina (2005). **Revista Eletrônica Nutritime**, 2 (2), 176- 182. Available in URL: www.nutritime.com.br/.../019V2N2P176_182_MAR2005.pdf.

Iida, F. (2011). **Sensory test of Improvac pork on loin meat compared with the surgical castrate pork by expert panels under field conditions in Japan**. Japan women's university, not published.

Jaros P.; Bürgi E.; K. D. C. Stärk; Noel R.; Hennessy D. ;Thun R. 2005. Effect of active immunization against GnRH on androstenone concentration, growth performance and carcass quality in intact male pigs. **Livestock Production Science**, 92 (4), 31-38.

Koohmaraie, M. (1990). Inhibition of postmortem tenderization in ovine carcass through infusion of zinc. **Journal of Animal Science**, 68, 1476.

Larzul, C., Lefaucheur, L., Ecolan, P., Gogue, J., Talmant, P., Sellier, P., Le Roy, P. and Monin, G. (1997). Phenotypic and genetic parameter for *Longissimus* muscle fiber characteristics in relation to growth, carcass, and meat quality traits in large white pigs. **Journal of Animal Science**. 75,3126-3137.

Marchant-Forde, J.M., Lay Jr., D. C., Pajor, E. A., Richert, B. T. & Schinkel, A. P. 2003. The effects of ractopamine on the behaviour and physiology of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, 81, 416-422.

McKeith, K, F. (2009). Implications of using immunological technologies to control boar taint on growth, carcass quality and meat quality of finishing pigs. Pages 38-50. In: **Pfizer International swine symposium – Proceedings**, Ottawa, Canada.

Metz, C.; Hohl, K.; Waidelich, S.; Drochner, W.; Noel, R. (2002). Active immunization of boars against GnRH at an early age: consequences for testicular function, boar taint accumulation and N-retention Original Research Article. **Livestock. Production Science**, 74 (2), 147-157.

Moloney, A. P. & Beermann, D. H. (2009). Mechanisms by which β -adrenergic agonists alter growth and body composition in ruminants. In: Enne, G.; Moore K.L. et al. Ractopamine supplementation increases lean deposition in entire and immunocastrated male pigs. **Animal Production Science**, 49, 1113–1119.

Moore, K. L.; Dunshea, F. R.; Mullan, B. P.; Hennessy, D. P.; D'Souza, D. N. (2009). Ractopamine supplementation increases lean deposition in entire and immunocastrated male pigs. **Animal Production Science**, 49, 1113–1119.

Morgan, J. B.; Wheeler, T. L.; Koochmaraie, M. (1993). Meat tenderness and the calpain proteolytic system in longissimus muscle of young bulls and steers. **Journal of Animal Science**, 71, 1471-1476.

Nakai, H., F. Saito, T. Ikeda, S. Ando, & A. Komatsu. (1975). Standard models of pork colour. **National Institute Animal Industry**, 29, 69–74.

Parr T., Jewell K. K., Sensky P. L., Brameld J. M., Bardsley R. G. & Buttery P. J. (2004). Expression of calpastatin isoforms in muscle and functionality of multiple calpastatin promoters. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, 427 (1), 8-15.

Patience, J. F., Shand, P., Pietrasik, Z., Merrill, J., Vessie, G., Ross, K. A. & Beaulieu, A. D. (2009). The effect of ractopamine supplementation at 5 ppm of swine finishing diets on growth performance, carcass composition and ultimate pork quality. **Canadian Journal of Animal Science**, 89, 53-66.

Pauly, C., Primavera, p. O'Doherty J. V., Ampuero Kragten, S. & Bee, G. 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 (7), 1057-1066.

Pérez, M. P., J. Palacio, M. P. Santolaria, M. C. Aceña, G. Chacón, J. H. Gascón, J. H. Calvo, P. Zaragoza, J. A. Beltran & S. Garcia-Belenguer. 2002. Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs. **Meat Science**, 61,425-433.

Rehfeldt, C., Fielder, I., Dietl, G. and Ender, K. (2000). Myogenesis and postnatal skeletal muscle cell growth as influenced by selection. **Livestock Production Science**, 66, 177-188.

Rocha, L. M., Bertolini, W., Weshenfelder, A. Bridi, A. M., Faucitano, L. (2011). Study of the efficiency of immunocastration and use of Pietrain genetics as alternatives to ractopamine administration, in terms of carcass and meat quality in pigs. **EAAP Europe federation of animal science**, Norway.

Roça, R. de O. (2005). **Propriedades da Carne**. Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal. Fazenda Experimental Lageado. F.C.A. - UNESP - Campus de Botucatu, São Paulo.

Ryu, Y. C. & Kim, B. C. (2005). The relationship between muscle fiber characteristics, postmortem metabolic rate, and meat quality of pig Longissimus dorsi muscle. **Meat Science**, 71, 351-357.

SAS (2002). **System for Microsoft Windows**. Cary, NC: USA, Inst. Inc.

Silveira, E. & Poleze, E. (2009). Immunological castration: Carcass characteristics and the Brazil experience. **Proceedings Reciprocal Meat Conference**, Rogers, Arkansas.

Schinckel, A. P.; Richert, B. T.; Herr, C. T.; Einstein, M. E. & Kendal, D. C. (2001). Efeitos da ractopamina sobre o crescimento, a composição da carcaça e a qualidade dos suínos. In: **Conferência Internacional Virtual Sobre Qualidade de Carne Suína**, Concórdia, SC. Anais... Concórdia: Embrapa Suínos e Aves. 324 - 335.

Schinckel, A. P.; Herr, C. T.; Richert, B. T. & Einstein, M. E. (2003). Ractopamine treatment biases in the prediction of pork carcass composition. **Journal of Animal Science**, 81, 16-28.

See, M. T., Armstrong, T. A. & Weldon, W. C. (2004). Effect of a ractopamine feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, 82, 2474-2480.

Stahl, C.A.; Carlson-Shannon, M.S.; Wiegand, B.R.; Meyer, D.L.; Schmidt, T.B. & Berga E.P. (2007). The influence of creatine and a high glycemic carbohydrate on the growth performance and meat quality of market hogs fed ractopamine hydrochloride. **Meat Science**, 75 (1), 143-149.

Thun R.; Z. Gajewski; Janett F. F. (2006). Castration in male pigs: techniques and animal welfare issues. **Journal of Physiology and Pharmacology**, 57 (8), 189-194.

Van Oeckel M.J., WArnants N., Boucqué CH.V., (1999). Measurement and prediction of pork colour. **Meat Science**, 52, 347-354.

Velarde, A. & Manteca, X. **Castração Cirúrgica sem Anestesia**. Available in URL: http://www.3tres3.com.pt/opinion/ficha.php?id_ficha=1081

Warriss, P. D.; Brown, S. N.; Rolph, T. P. & Kestin, S. C. (1990). Interactions between the beta-adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. **Journal of Animal Science**, 68, 3669 - 3676.

Wegner, J., Albrecht, E., Fielder, I., Teuscher, F., Papstein, H.J. & Ender, K. (2000). Growth and breed-related changes of muscle fiber characteristics in cattle. **Journal of Animal Science**, 78, 148-1496.

Xiong, Y. L., Gower, M. J., Li, C., Elmore, C. A., Cromwell, G. L. & Lindemann, M. D. (2006). Effect of dietary ractopamine on tenderness and postmortem protein degradation of pork muscle. **Meat Science**, 73, 600-604.

Zamaratskaia G.; Rydhmer L.; Andersson H. K.; Gang C.; Séverine L.; Andersson K. & Lundström K. (2008). Long-term effect of vaccination against gonadotropin-releasing hormone, using Improvac™, on hormonal profile and behaviour of male pigs. **Animal Reproduction Science** - (108 (1), 37-48). DOI: 10.1016/j.anireprosci.2007.07.001.

Tabela 1 – Efeitos da ractopamina, imunocastração e genética Pietran nas características de carcaça (Peso Vivo (Kg), Peso de carcaça quente (Kg), Rendimento de Carcaça (%) e Rendimento de carne magra (%))¹

Genótipo	Com ractopamina				Sem ractopamina				SEM	Valores de P ²			
	Castração		Imuno		Castração		Imuno			RAC	CAS	GEN	CAS*GEN
	A	B	A	B	A	B	A	B					
Peso vivo (kg)	115,8	116,2	117,5	117,5	115,6	116,1	116,9	114,8	0,75	NS	NS	NS	NS
Peso de carcaça quente (kg)	92,6 ^{ab}	94,4 ^a	92,6 ^{ab}	92,6 ^{ab}	91,5 ^b	94,0 ^{ab}	91,0 ^c	90,1 ^c	0,66	0,001	0,0008	0,05	0,004
Rendimento de carcaça (%)	80,1 ^{ab}	81,2 ^a	78,8 ^{bc}	78,9 ^{bc}	79,2 ^{bc}	81,1 ^a	78,0 ^c	78,5 ^c	0,34	0,01	< 0,001	0,0001	0,01
Rendimento de carne magra (%)	62,9 ^{abc}	62,6 ^{bc}	63,3 ^{ab}	63,7 ^a	62,5 ^{bc}	62,1 ^c	62,9 ^{abc}	62,4 ^{bc}	0,28	0,0004	0,002	NS	NS

^{a,b,c} As médias diferem (P<0,05) pelo teste T Tukey-Kramer. SEM = Erro do quadrado médio.

¹RAC: Com ractopamina; NRAC: Sem ractopamina; CAS: cirurgicamente castrados, IC: Imunocastrados; GEN: genótipo; A = 25% Pietran, B = 50% Pietran.

²As interações RAC* CAS; RAC*GEN; RAC*CAS*GEN, não apresentaram resultados significativos e, portanto foram retiradas da tabela.

Tabela 2 – Efeitos da ractopamina, imunocastração e genética Pietran nas características de qualidade de carne (pHu (final), cor pelo padrão japonês – JCS, Níveis de L*, a* e b* - Cielab, condutividade elétrica, perda de água e força de cisalhamento) - avaliados no músculo *Longissimus dorsi*.¹

Genótipo	Com ractopamina				Sem ractopamina				SEM	RAC	CAS	GEN	Valores de P ²		
	Castração		Imuno		Castração		Imuno						RAC*CAS	RAC*GEN	RAC*CAS*GEN
	A	B	A	B	A	B	A	B							
pHu	5,8	5,7	5,8	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	0,03	NS	NS	0,04	NS	NS	NS
JCS	3,0	3,0	3,1	2,9	3,1	2,9	3,1	3,0	0,1	NS	NS	0,04	NS	NS	NS
L*	50,7	50,7	50,7	50,9	51,3	52,3	51,4	51,6	0,63	0,007	NS	NS	NS	NS	NS
a*	6,1 ^c	5,9 ^c	6,1 ^{bc}	5,9 ^c	7,1 ^a	7,3 ^a	6,9 ^{ab}	7,3 ^a	0,19	<,0001	NS	NS	NS	0,06	NS
b*	3,9 ^{bc}	3,7 ^c	3,8 ^{bc}	3,7 ^c	4,8 ^a	5,0 ^a	4,5 ^{ab}	4,8 ^a	0,2	<,0001	NS	NS	NS	NS	NS
Condutividade elétrica(μS)	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,2	1,2	0,11	NS	NS	NS	0,06	NS	NS
Perda de água (%)	2,9	2,9	3,9	3,5	3,7	4,0	3,7	4,0	0,40	0,01	0,06	NS	0,05	NS	NS
Força de cisalhamento (kg/F)	2,9 ^c	3,4 ^{ab}	2,9 ^c	3,6 ^a	2,7 ^d	2,9 ^c	3,0 ^{bc}	3,2 ^{abc}	0,11	0,001	0,01	<,0001	NS	0,009	NS

^{a,b,c} As médias diferem (P<0,05) pelo teste T Tukey-Kramer. SEM = Erro do quadrado médio.

¹RAC: Com ractopamina; NRAC: Sem ractopamina; CAS: cirurgicamente castrados, IC: Imunocastrados; GEN: genótipo; A = 25% Pietran, B = 50% Pietran.

²A interação CAS*GEN; não apresentou resultados significativos e, portanto foi retirada da tabela.

Tabela 3 – Efeitos da ractopamina, imunocastração e genética Pietran nas características de qualidade de carne (pHu , Níveis de L*, a* e b* - Cielab, perda de água (por exsudação) e força de cisalhamento) - Avaliados no músculo *Semimembranosus*.¹

Genótipo	Com ractopamina				Sem ractopamina				SEM	Valores de P ²			
	Castração		Imuno		Castração		Imuno			RAC	CAS	GEN	RAC*CAS*GEN
	A	B	A	B	A	B	A	B					
pHu	5,8	5,9	5,9	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	0,03	NS	NS	NS	0,08
L*	48,2	47,2	47,3	48,4	48,0	48,3	47,7	47,3	0,48	NS	NS	NS	0,04
a*	7,4 ^b	7,5 ^b	7,5 ^b	7,5 ^b	8,4 ^a	8,5 ^a	8,5 ^a	8,7 ^a	0,17	<,0001	NS	NS	NS
b*	4,2	4,0	4,0	4,2	4,6	4,6	4,5	4,6	0,16	0,0001	NS	NS	NS
Perda de água (%)	2,6	2,7	2,8	3,5	2,4	3,3	3,1	3,0	0,3	NS	NS	0,08	0,09
Força de cisalhamento (kg/F)	4,1 ^{ab}	4,2 ^{ab}	4,2 ^a	4,3 ^a	3,5 ^b	3,7 ^{ab}	3,9 ^{ab}	3,9 ^{ab}	0,17	0,0006	0,06	NS	NS

^{a,b,c} As médias diferem (P≤0,05) pelo teste T Tukey-Kramer. SEM = Erro do quadrado médio.

¹RAC: Com ractopamina; NRAC: Sem ractopamina; CAS: cirurgicamente castrados, IC: Imunocastrados; GEN: genótipo; A = 25% Pietran, B = 50% Pietran.

² As interações RAC* CAS; RAC*GEN; CAS*GEN, não apresentaram resultados significativos e, portanto foram retiradas da tabela.

Tabela 4 – Efeitos da ractopamina, imunocastração e genética Pietran nos valores de pHu avaliados no músculo *Aductor*.¹

Genótipo	Com ractopamina				Sem ractopamina				SEM	Valores de P						
	Castração		Imuno		Castração		Imuno			RAC	CAS	GEN	RAC*CAS	RAC*GEN	CAS*GEN	RAC*CAS*GEN
	A	B	A	B	A	B	A	B								
pHu	6,1	6,1	6,1	6,0	6,1	6,0	6,0	6,0	0,05	0,08	0,06	NS	NS	NS	NS	0,06

SEM = Erro do quadrado médio.

¹RAC: Com ractopamina; NRAC: Sem ractopamina; CAS: cirurgicamente castrados, IC: Imunocastrados; GEN: genótipo; A = 25% Pietran, B = 50% Pietran.

CAPÍTULO 3

O artigo a seguir está redigido em língua inglesa de acordo com as exigências para publicação na revista Journal of Animal Science.

1 ARTIGO 1

EFFECTS OF RACTOPAMINE ADMINISTRATION AND CASTRATION METHOD ON THE RESPONSE TO PRE-SLAUGHTER STRESS IN PIGS OF TWO PIETRAIN GENOTYPES ¹

Abstract: The objective of this study was to evaluate the effects of ractopamine administration, Pietrain genetics, immuno-castration and their interaction on the behavioral and physiological response to pre-slaughter stress in pigs. A total of 756 pigs (115±5 kg liveweight) were distributed into two main groups (376 and 380 pigs each), receiving 7.5 ppm of ractopamine (RAC) or not (NRAC) in their diet during the last 28 days of the finishing period. Within each group pigs, 377 castrates (CAS) and 379 immunocastrates (IC), and two Pietrain genotypes containing 50 (genotype A; 377 pigs) and 25% (genotype B; 379 pigs) of Pietrain genetics were represented according to a 2 x 2 x 2 factorial design. Castration took place at second day of age, while immuno-castration was performed through two subcutaneous injections of Improvest® (2 mL) at 10 and 4 weeks before slaughter. RAC-fed B pigs needed more vocal motivation ($P = 0.02$) and physical contacts ($P = 0.008$) from the handler to be driven forward during loading. The handler also used the rattle noise more often to B IC ($P = 0.02$) onto the truck. When IC are fed RAC the number of fights significantly increased ($P = 0.01$). Fighting activity of RAC pigs was of shorter duration compared to NRAC pigs ($P = 0.004$). Blood CPK and lactate levels tended to increase RAC-fed B ($P = 0.07$) and RAC pigs ($P = 0.06$), respectively. Feeding RAC increased urinary concentrations of cortisol and dopamine in B pigs ($P = 0.07$; $P = 0.03$, respectively) and urinary levels of nordrenaline in IC ($P = 0.01$). In conclusion, the use of Pietrain crossbreds and immunocastrates may be considered production strategies alternative to ractopamine feeding to keep similar profits at no detriment of animal welfare.

Keywords: Castration. Genotype. Meat quality. Pigs. Ractopamine. Stress.

1.1 INTRODUCTION

The feed additive ractopamine (RAC) is a β -adrenergic agonist, that when fed to pigs, increases growth rate and carcass leanness (Schinkel et al., 2001; Patience et al., 2009). However, it also increases heart rate and blood catecholamines levels during transport (Marchant-Forde et al., 2003) and aggressiveness in mixed groups (Poletto et al., 2008), eventually resulting in more animal losses and carcass condemnations (Patience et al., 2009). The use of pigs of Pietrain genetics and

immunocastrates (IC) can be valid alternative to RAC feeding. The eradication of the Hal gene in the Pietrain breed resulted in more stress-resistant pigs while keeping high carcass and meat quality standards (Fàbrega et al., 2004; Gispert et al., 2007). Immunocastration through the injection of GnRF analog (Improvest®, Pfizer Animal Health) a few weeks before slaughter proved to be a valid alternative to the painful practice of surgical castration, while keeping the growth performance of boars until a few weeks before slaughter (Fàbrega et al., 2010) and reducing the risk of boar taint in cooked pork (Font i Furnols et al., 2009). Furthermore, immunocastration appears to reduce aggression and mounting behaviour (Fàbrega et al., 2010), which may result in higher incidence of bruised carcasses and dark pork (Warriss and Brown, 1985). However, this improvement in social behavior has been only found in unmixed groups of immunocastrates in the finishing pen at the farm. No evidence of the response of immunocastrates to mixing with unfamiliar conspecifics and to other preslaughter procedures, such as handling and transportation, exists.

The objective of this study was to evaluate the effects of ractopamine administration, Pietrain genetics and immuno-castration as single factors or in interaction on the behavioural and physiological response to pre-slaughter stress.

1.2 MATERIAL AND METHODS

All experimental procedures performed in this study were approved by the institutional animal care committee based on the current guidelines of the Canadian Council on Animal Care (1993).

1.3 ANIMALS AND TREATMENTS

This study was conducted at a commercial swine growing-finishing farm in eastern Canada. In a 6-wk trial, a total of 756 pigs (115 ± 5 kg live weight) were distributed into two main groups (376 and 380 pigs each), receiving 7.5 ppm of ractopamine (RAC) or not (NRAC) in their diet during the last 28 days of the finishing

period. Within each group of pigs, 377 surgically castrates (CAS) and 379 immunocastrates (IC), and two Pietrain genotypes were represented according to a 2 x 2 x 2 factorial design. Pigs were progenies from crosses of Pietrain purebred and Duroc x Pietrain crossbred, respectively, sire lines with commercial hybrid sows (F-20 developed by Genetiporc Inc., St.-Bernard, Canada) resulting in crossbreds containing 25% (genotype A; n=377) and 50% (genotype B; n=379) Pietrain genetics. Pietrain sire lines were free of the halothane gene (Hal^N).

Surgical castration took place at two days of age, while immunocastration was performed through two subcutaneous injections of Improvest® (2 mL) at 10 and 4 weeks before slaughter.

Within each treatment combination, pigs were raised in 12 pens of 15 pigs in the first phase and 16 in the second phase each at a density of 0.79m²/pig and 0.74m²/pig. Within each group of pigs, two pigs were randomly chosen for the study of the physiological response (5 pigs per treatment combination). Pigs were feed withdrawn for 10 h prior to loading. At loading, pigs from two different pens within the same treatment combination were mixed in the alley to form a new group of 10 pigs. Each group was then kept intact until slaughter. Pigs were loaded on a pot-belly trailer in groups of 5 pigs using paddles and boards. The driver of the trailer and the handler at the farm were the same through the 6 weeks. In the trailer, pigs were distributed into eight separate compartments, in terms of one compartment per treatment combination, at an average loading density of 0.43 m²/pig. A rotation of the group position in the trailer according to the treatment group was done at every load to avoid the confounding effect of the truck compartment on the pigs' response to transport.

On arrival at the plant, pigs were unloaded using a whip only and driven to separate lairage pens based on the treatment group (no mixing). After a 120 min lairage period, pigs were electrically stunned (head-to-chest electrical stunning) and exsanguinated in the prone position.

2 BEHAVIORAL OBSERVATIONS

2.1 BEHAVIOUR AT LOADING

Behavior of pigs was recorded using two digital camcorders (Sony DCR-HC48, Japan) installed using 3 camera mounts overhead the loading ramp and the alley at the loading ramp. The cameras recorded all occurrences of pig behavior from a predetermined start gate at the farm alley until the trailer gate (Table 1). The course was divided into two zones; zone 1 was the alley from the start gate until farm door and zone 2 was between the farm door and the end of the external ramp (trailer door). The total frequency of a given behavior is the sum of zone 1 and zone 2. The video recordings were analysed by one trained observer using a handheld Psion Workabout (Teklogix Psion- HC110) computer. The total time taken to move pigs from the starting gate through the door of the trailer was also noted as well as all occurrences of manipulator interventions needed to move the pigs (Table 2).

2.2 LAIRAGE BEHAVIOUR

Behavior during lairage was recorded using video cameras (Panasonic, WV-BP50, Philippines) installed overhead the pens and connected to a digital encoder (Vérint Nextiva S5712e, Israel). Images were captured and registered by the Omnicast system (Genetec Inc., version 4.0, Canada) at a frequency of 5-7 images/s. Scan sampling was used at 2 min intervals during the first hour of lairage to determine the number of pigs lying, sitting and standing.

Aggressive behaviours were observed continuously during the first hour of lairage and classified as number of agonistic acts (bites, head knocks and overlaps) and fighting duration. It was considered a fight when two or more animals performed one of the following behaviors: press the other, mutual pressure between two animals holding that the action should be promptly and aggressively, with contacts lasting more

than 3 seconds and at no greater intervals than 10 s between attacks (Pitts et al., 2000; D'Eath, 2002).

3 PHYSIOLOGICAL MESURES

3.1 BODY TEMPERATURE

Approximately 8 h prior to loading a total of 240 pigs (40/wk) were orally administered Thermocron i-Button data loggers (model DS1921H; Dallas Semiconductor, Maxim Integrated Products, Sunnyvale, CA) to monitor gastro-intestinal tract (GIT) temperature using a snare, a heavy gauge metal “pig gag” and balling gun. Each data logger was programmed to begin recording from 1 h prior to loading until slaughter and to log temperature once per minute. GIT temperature was measured in 0.125°C increments with $\pm 1^\circ\text{C}$ accuracy in the range of + 15°C to + 46°C. To recover the data loggers, the viscera of the selected pigs were harvested and data loggers were recovered by gross dissection of the viscera. Later, the data from each pig were downloaded onto a laptop computer and stored in a separate file.

Data from 135 data loggers (56,25 % recovery rate) were used for the analysis. GIT temperatures were evaluated for each pig for six periods based on determined events, such as pre-loading, loading, travelling, unloading, lairage and just prior to slaughter.

3.2 BLOOD METABOLITES

At exsanguination, 10 mL of blood were collected in a tube (BD Vacutainers, VWR International Ltd., Montreal, Canada) to extract the serum for creatine phospho-kinase (CPK) analysis. Another 2 mL of blood were collected in a tube containing 3.0 mg of sodium fluoride and 6.0 mg of Na₂EDTA solution to extract plasma for lactate analysis. The tubes containing 2 mL of blood were immediately centrifuged at 4°C for 12 min at 1,400 x *g*. The plasma was transferred into Eppendorf tubes (1.5 mL) and stored at -80°C until lactate determination. Serum samples were kept at room temperature (~23°C) for 1 h and then refrigerated at 4°C. The following day, serum samples were centrifuged at 4°C for 12 min at 1,400 x *g*, transferred to Eppendorf tubes

(1.5 mL) and stored at -80°C until analysis. Lactate levels were measured using a commercially available kit (Lactate Assay Kit, Biomedical Research Service Center, University at Buffalo, Buffalo, NY) and CPK levels with creatine kinase-sl kit (Creatine Kinase-SL Assay of Chemicals Diagnostic Limited, Vancouver, Canada). Plasma lactate concentrations were determined with a microplate reader and serum CPK concentrations with a spectrophotometer. The coefficients of variation inter analysis were 8.38% and 8.68 % for CPK and lactate, respectively.

3.3 URINARY HORMONES

Urine samples were collected directly on the slaughter line from the bladders of the 240 sentinel pigs. Following the addition of HCl 6 M (1% of urine volume) as preservative, samples were immediately frozen (-45°C) pending analysis of urinary free corticoids (cortisol and cortisone) and catecholamines (CA), such as noradrenalin, adrenaline and dopamine. Corticoids were measured by high pressure liquid chromatography (HPLC) coupled with UV detector after extraction on reverse phase columns. CA was measured by HPLC coupled with an electrochemical detector after extraction on cationic columns. Creatinine were measured by a colorimetric quantitative method (Procedure 500, Sigma Diagnostics, Saint-Quentin-Fallavier, France) to correct for urine dilution.

3.4 STATISTICAL ANALYSIS

Data were analysed by the Mixed procedure of SAS (SAS, 2002) for factorial and repeated measures over time (for GIT temperature data only). Ractopamine feeding, castration type and genotype were included in the model as well as their interaction as fixed effects. Differences in the mean values between the levels of a factor were tested using a Tukey-Kramer correction for multiple comparisons. When statistical differences of $P \leq 0.08$ were found, Tukey-Kramer adjustment was used to compare treatment means.

4 RESULTS AND DISCUSSION

4.1 BEHAVIORAL RESPONSE

4.1.1 Loading

As showed in Table 3, RAC-fed B pigs needed more vocal motivation ($P = 0.02$) and physical contacts ($P = 0.008$) from the handler to be driven forward during loading. The handler also used the rattle noise more often to load B IC ($P = 0.02$) onto the truck. These results confirm the lower easiness of handling of RAC-fed pigs and leaner pigs (B and IC pigs in this study) previously reported by Marchant-Forde et al. (2003) and Busse and Shea-Moore (1999), respectively.

The lower easiness of handling observed in RAC-fed B pigs resulted in a trend for longer load time ($P = 0.06$). This result confirms the longer time taken to move groups of RAC-fed as previously reported by Marchant-Forde et al. (2003).

4.1.2 Lairage

During lairage, a higher ($P = 0.04$) proportion of IC were standing compared to castrates (Table 4). Increased activity in IC compared to CAS was already reported by Cronin et al. (2003), but similarly to a number of studies run at the farm level (Zamaratskaia et al., 2008; Allison, 2009; Fàbrega et al., 2010), this activity was not of aggressive type, even when unfamiliar IC pigs are mixed.

However, when IC are fed RAC the number of fights significantly increase ($P = 0.01$; Fig. 1), which shows a negative additive effect of RAC feeding on IC aggressiveness. Clement et al. (1992) also reported an increased number of severe agonistic interactions in RAC pigs. In this study, fighting activity of RAC pigs was of shorter duration compared to NRAC pigs ($P = 0.004$; Fig. 2) which may indicate that these pigs become fatigued and need some rest between the multiple aggressive bouts.

5 PHYSIOLOGICAL MEASUREMENTS

5.1 BODY TEMPERATURE

Overall, the GIT temperatures recorded through the preslaughter period were within the normal body temperature range for pigs (Andersson and Jónasson, 1993; Muirhead and Alexander, 1997). However, GIT temperature tended to be higher ($P = 0.06$; Table 5) in RAC pigs compared to NRAC pigs at loading, which may reflect the afore-mentioned lower easiness of handling at loading and the physical effort to walk through the alley and loading ramp in these pigs. Treatments had no impact on GIT temperature variation through the other preslaughter events, which is surprising considering the afore-mentioned behavior observations in lairage.

5.2 BLOOD METABOLITES

Table 6 shows the effects of the treatments on the blood levels of CPK and lactate, both indicators of physical stress (Broom, 1996). Blood CPK levels were higher ($P = 0.03$) in CAS compared to IC and tended to increase in RAC B pigs ($P = 0.07$). Based on the time taken by CPK to reach the peak level after a physical exercise (6 h; Benjamin et al., 2001), the higher CPK levels in CAS blood at slaughter may reflect the physiological response of these animals to uncontrolled on farm conditions, while it may show that RAC and B pigs were already experiencing muscle fatigue at the farm level. Fàbrega et al., (2002a) also found higher levels in the Pietrain genotype compared to other genotypes.

There was a trend for lactate to increase in RAC pigs ($P = 0.06$), which either indicates a response to physical exercise and handling at loading from which they could not recover (Correa et al., 2010; Edwards et al., 2010a) or in lairage (Edwards et al., 2010b).

5.3 URINARY HORMONES

As showed in Table 6, urinary cortisol, cortisone, adrenaline and dopamine levels were influenced by the Pietrain genotype, with levels of these hormones being higher in A (25% Pietrain) pigs. However, only cortisone levels were affected ($P = 0.04$) and adrenaline tended to be affected ($P = 0.09$) by Pietrain genetics *per se*, while the levels of cortisol and dopamine were further increased when these pigs were fed RAC ($P = 0.07$; $P = 0.03$).

These results show the impact of RAC feeding on the susceptibility to stress of pigs with lower proportion of Pietrain genetics. According to Marchant-Forde et al. (2003), the use of ractopamine is responsible for the increase of stress hormones in pigs. As cortisol is released from the peripheral circulation in 2 h (Carlstead, 1992), the higher levels of cortisol in the urine may result from the mobilization of energy stores through gluconeogenesis and lipolysis to support the fight or flight activity of RAC pigs during the longer fighting activity in the lairage pen (Matteri et al., 2000).

IC presented a tendency for higher ($P = 0.09$) dopamine and significantly increased noradrenaline levels in urine when RAC was fed ($P = 0.01$). The variation of these urinary hormones may indicate a state of physical exhaustion of these pigs at slaughter due to higher fighting rate in lairage (see behavior section).

6 CONCLUSIONS

The results of this study show that ractopamine administration in the pig diet over the last weeks before slaughter has a negative impact both as single and additive factor on the behavioral and physiological response of pigs to preslaughter handling. Based on the similar benefits, in terms of growth rate and carcass leanness (Gispert et al., 1997; 2010; Fàbrega et al., 2010), raising crossbreds containing higher proportion of Pietrain genetics and immunocastrates may be considered a valuable production strategy to increase profits at no detriment of the welfare of pigs being shipped to slaughter.

7 REFERENCES

- Andersson, B. E. and H. Jónasson. 1993. **Regulação da temperatura e fisiologia ambiental**. Pages 681-841 In: Swenson, M.J., Reece, W.O. Dukes. *Fisiologia dos animais domésticos*, ed. Guanabara Koogan S.A, Rio de Janeiro, RJ.
- Allison, J. 2009. **The impact of physical castration on animal health**. Pages 38-50 in Pfizer International swine symposium Proceedings, Ottawa, Canada.
- Benjamin, M. E., Gonyou, H., Ivers, J., Richardson, L. F., Jones, D. J., Wagner, J. R., Seneriz, R. and Anderson, D. B. 2001. **J. Anim. Sci.** 79:279.
- Broom, D. M. 1996. Animal welfare defined in terms of attempts to cope with environment. **Acta Agriculturae Sandinavica**, Section A Animal Science Suppl., Ireland, v. 27, p. 22-28,
- Busse, C. S., and Shea-Moore, M. M, 1999. Behavioural and physiological responses to transportation stress. **J Anim Sci** (Suppl.1) (Abstract) 77:147.
- Carlstead, K.; Brown, J. L.; Monfort, S. L.; Killens, R.; Wildt, D. 1992. **Urinary monitoring of adrenal responses to psychological stressors in domestic and non-domestic felids**, *Zool. I. Biol.* 11:165-176.
- Canadian Council on Animal Care. 1993. **Guide to the care and use of experimental animals**. Olfert, E. D., Cross, B. M. and McWilliam, A. ed. CCAC, Ottawa, ON.1: Page 211.
- Clement H.-W., Gemsa D., Weseman W. 1992. The effect of adrenergic drugs on serotonin metabolism in the nucleus raphe dorsalis of the rat, studies by in vitro voltammetry. *Eur. J. Pharmacol.* 217:43-48.
- Correa, J. A.; Torrey, S.; Devillers, N.; Laforest, J. P.; Gonyou, H. W.; Faucitano, L. 2010. **J. Anim. Sci.** 88: 4086-93.
- Cronin, G. M.; Dunshea, F. R.; Butler, K. L.; McCauley, I.; Barnett, J. L.; Hemsworth, P. H. 2003. The effects of immuno-castration and surgical castration on the behaviour and consequently growth of group-housed, male finisher pigs. **Applied Animal Behaviour Science.** 81: 111-126.
- D'Eath, R.B. 2002. Individual aggressiveness measured in a resident-intruder test predicts the persistence of aggressive behaviour and weight gain of young pigs after mixing. **Applied Animal Behaviour Science.** 77:267-283.
- Dunshea, F. R.; Colantoni, C.; Howard, K.; McCauley, I.; Jackson, P.; Long, K. A.; Lopaticki, S. E. A.; Simons, J. A.; Walker, J. and Hennessy, D. P. 2001.

Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. **Journal of Animal Science**. 79: 2524-2535.

Edwards, L. N.; Engle, T. E.; Correa, J. A.; Paradis, M. A.; Grandin, T.; Anderson, D.B. 2010a. **Meat Sci**. 85: 435-440.

Edwards, L. N.; Grandin, T.; Engle, T. E.; Porter, S. P.; Ritter, M. J.; Sosnicki, A.; Anderson, D.B. 2010b. **Meat Sci**. 86: 384-390.

Fàbrega, E.; Diestre, A.; Carrión, D.; Font, M.; Manteca, X. 2002a. Effect of the halothane gene on pre-slaughter mortality in two Spanish commercial pig abattoirs. **Anim. Welf**. 11:449 (Abstr).

Fàbrega, E.; Diestre, A.; Font, J.; Carrión, D.; Velarde, A.; Ruiz-de-la-Torre, J. L.; Manteca, X. 2004. Differences in open field behavior between heterozygous and homozygous negative gilts for the RYR(1) gene. **Journal of Applied Animal Welfare Science**, 7 (2), p. 83-93.

Fabrega, E.; Velarde, A.; Cros, J.; Gispert, M.; Suarez, P.; Tibau, J.; Soer, J. 2010. Effect of vaccination against gonadotropin releasing hormone, using Improvac, on growth performance, body composition, behaviour and acute phase proteins. **Livestock Science**, 132, 53-59.

Font i Furnols, M.; García, J. A. R.; López, I. D.; Hortós i Bahí, M.; Velarde, A. C.; Oliver i Pratsevall, M. A.; Gispert, M. M. Efecto de la inmunocastración de cerdos en las características de calidad de canal y carne, los niveles de androstenona y escatol y la composición en ácidos grasos. In: **EUROCARNE**, monells, 181. Anais...EUROCARNE, monells, Nov. 2009, p. 60-68.

Gispert, M.; Font i Furnols, M.; Gil, M.; Velarde, A.; Diestre, A.; Carrión, D.; Sosnicki, A. A.; Plastow, G. S. 2007. Relationships between carcass quality parameters and genetic types. **Meat Science**, v. 77, n. 3, p. 397-404.

Matteri, R. L.; Carroll, J. A. and Dyer, C. J. 2000. **Neuroendocrine Responses to Stress and**. Pages 43-77 In: Moberg, G. and Mench, J. A. The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare. Davis: University of California. EUA.

Marchant Forde J.N.; Lay Jr. D.C.; Pajor E.A.; Richert B.T. and Schinckel A.P. 2003. The effects of ractopamine on the behaviour and physiology of finishing pigs. **Journal of animal Science**. 81: 416-422.

Muirhead, M.R. and Alexander, J. L. 1997. **Managing pig health and the treatment of disease: a reference for the farm**. Pages 608. Ed. 5M Enterprises Sheffield, England.

Patience, J. F.; Shand, P.; Pietrasik, Z.; Merrill, J.; Vessie, G.; Ross, K. A.; Beaulieu, A. D. 2009. The effect of ractopamine supplementation at 5 ppm of swine finishing diets on

growth performance, carcass composition and ultimate pork quality. **Canadian Journal of Animal Science**, 89, 53-66.

Pitts, A. D.; Weary, D. M.; Pajor, E. A.; Fraser, D., 2000. Mixing at young ages reduces fighting in unacquainted domestic pigs. **Applied Animal Behaviour Science**. 68:191–197.

Poletto, R.; Garner, J. P.; Cheng, H.; Marchant Forde, J. N. 2008. The effects of ractopamine, gender, and social rank on aggression and peripheral monomamine levels in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 352.

SAS. 2002. **SAS Statistical Analysis System**, Release 9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Schinckel, A. P.; Richert, B. T.; Herr, C. T.; M. E. Einstein and D. C. Kendal. 2001. Efeitos da ractopamina sobre o crescimento, a composição da carcaça e a qualidade dos suínos. Pages 324-335 In: **Conferência Internacional Virtual Sobre Qualidade de Carne Suína**, 2. Ed. Embrapa Suínos e Aves Concórdia, SC.

Warriss, P. D and Brown, S. N. 1985. The physiological responses of fighting between in pigs and the consequences for meat quality. **J. Sci. Fd. Agric**. 36:87-92.

Zamaratskaia, G.; Rydhmer, L.; Andersson, H. K.; Gang, C.; Séverine, L.; Andersson, K.; Lundström, K. 2008. Long-term effect of vaccination against gonadotropin-releasing hormone, using Improvac™, on hormonal profile and behaviour of male pigs. **Animal Reproduction Science** – 108:Issue 1:37-48, DOI: 10.1016/j.anireprosci.2007.07.001.

Table 1 – Ethogram of pig behaviour during loading and unloading (adapted from Brown, 2009)

Pig behavior	Description
Slip/fall	Pig's leg splits away from the other legs or pig falls down (at least 2 legs buckled under)
Overlap	Pig mounts another pig, with its 2 front legs on the back of the other pig
180° turn	Pig makes a 180° turn, ending with its rear extended in the direction of intended movement
Back up	Pig moves at least two steps rearward, opposite the direction of intended motion.
Backwards	Pig move's in the intended direction with its body oriented in the opposite direction
Underlap	Pig's head goes under the body of another pig
Vocalize	Pig vocalizes
Balk	Pig refuses to walk or stops for greater than 2 seconds
Squeeze	Pig is squeezed at the door, corridor or at the exit of the ramp (or at the trailer door, when unloading)

Table 2 – Handler behaviour towards pigs during loading and unloading

Handler behavior	Description
Vocal sound	Handler uses his voice to encourage forward movement of one or a group of pigs
Rattle noise	Handler uses the paddle to produce noise (one time)
Physical intervention	Handler uses his hands, paddle or board (or whip at unloading) to push and encourage forward movement of one or a group of pigs

Table 3 – Effects of ractopamine feeding, castration method and Pietrain genetics on handler behavior at loading¹

	RAC				NRAC				SEM	<i>P</i> values					
	CAS		IC		CAS		IC			RAC	CAS	GEN	RAC*CAS	RAC*GEN	CAS*GEN
Genotype	A	B	A	B	A	B	A	B							
Vocal sound (n)	4.31	5.52	3.90	6.17	4.98	4.52	5.35	5.35	0.70	NS	NS	NS	NS	0.02	NS
Physical contact (n)	8.10	9.5	7.15	11.23	11.38	6.81	9.63	9.98	1.96	NS	NS	NS	NS	0.008	0.03
Rattle noise (n)	1.94	4.00	3.23	4.08	3.06	2.48	1.96	2.73	1.22	0.07	NS	0.06	NS	NS	0.02
Loading time (s)	17.58	22.38	17.83	21.83	22.79	18.96	21.71	21.83	2.5	NS	NS	NS	NS	0.06	NS

¹RAC: with ractopamine; NRAC: without ractopamine; CAS: surgically castrates, IC: immunocastrates; A = 25% Pietrain, B = 50% Pietrain

Table 4 – Effects of ractopamine feeding, castration method and Pietrain genetics on pig behavior in lairage¹

								<i>P values</i>		
	RAC	NRAC	CAS	IC	A	B	SEM	RAC	CAS	GEN
Lying down(%)	49.19	48.88	52.04	45.84	45.16	52.58	2.04	NS	NS	NS
Sitting(%)	16.52	16.30	16.01	16.69	17.54	15.38	0.98	NS	NS	NS
Standing (%)	34.25	34.05	31.31	36.74	36.50	32.00	1.30	NS	0.04	NS
Invisible (%)	0.02	0.74	0.03	0.71	0.78	0.02				

¹RAC: with ractopamine; NRAC: without ractopamine; CAS: surgically castrates, IC: immunocastrates; A = 25% Pietrain, B = 50% Pietrain

Table 5 – Effects of ractopamine feeding, castration method and Pietrain genetics on gastro-intestinal tract temperature¹

								<i>P values</i>		
	RAC	NRAC	CAS	IC	A	B	SEM	RAC	CAS	GEN
Pre-loading	39.55	39.38	39.45	39.48	39.53	39.40	0.20	NS	NS	NS
Loading	39.70	39.40	39.58	39.53	39.65	39.45	0.24	0.06	NS	NS
Traveling	39.83	39.75	39.90	39.68	39.90	39.68	0.25	NS	NS	NS
Unloading	39.53	39.35	39.50	39.38	39.55	39.33	0.26	NS	NS	NS
Lairage	39.38	39.25	39.33	39.30	39.35	39.28		NS	NS	NS
¹ RAC: with ractopamine; NRAC: without ractopamine; CAS: surgically castrates. IC: immunocastrates; A = 25% Pietrain. B = 50% Pietrain										

Table 6 – Effects of ractopamine feeding, castration method and Pietrain genetics on blood metabolites and urinary hormones¹

	RAC				NRAC				SE M	P values				
	CAS		IC		CAS		IC			RAC	CA S	GE N	RAC*CA S	RAC*GE N
Genotype	A	B	A	B	A	B	A	B						
Blood														
N										0.00				
CPK log	3.7 ^{ab}	3.8 ^a	3.8 ^{ab}	3.7 ^{ab}	3.8 ^a	3.7 ^{ab}	3.6 ^{ab}	3.5 ^b	0.07	5	0.03	NS	NS	0.07
Lactate (ml/L)	23.5	24.9	20.6	24.3	21.8	24.4	21.2	22.9	2.82	0.06	NS	NS	NS	NS
Urine														
N														
Cortisol (ng/ml)	47.2	41.8	57.0	31.5	49.4	43.2	38.7	36.9	7.58	NS	NS	0.05	NS	0.07
Cortisone (ng/ml)	42.1	38.2	48.9	32.9	48.4	39.7	39.5	32.8	6.55	NS	NS	0.04	NS	NS
Adrenaline (ng/ml)	17.58 ^a b	13.60 ^b	23.0 ^a	17.6 ^b	14.4 ^a b	16.9 ^a b	17.2 ^a b	14.1 ^a b	2.92	NS	NS	0.09	NS	NS
Noradrenaline (ng/ml)	20.4 ^{ab}	16.8 ^b	32.8 ^a	24.0 ^a b	21.2 ^a b	24.4 ^a b	24.7 ^a b	22.2 ^a b	3.95	NS	0.01	NS	0.02	NS
Dopamine (ng/ml)	19.7	16.6	22.6	19.4	16.2	19.0	18.3	19.6	2.69	NS	0.09	NS	NS	0.03

^{a,b} Within a row, means with a different superscript differ ($P < 0.05$)

¹RAC: with ractopamine; NRAC: without ractopamine; CAS: surgically castrates. IC: immunocastrates; A = 25% Pietrain. B = 50% Pietrain

Figure 1 – Effects of ractopamine feeding and immuno-castration on the number of fights during lairage. There was a RAC x CAS interaction ($P = 0.01$)

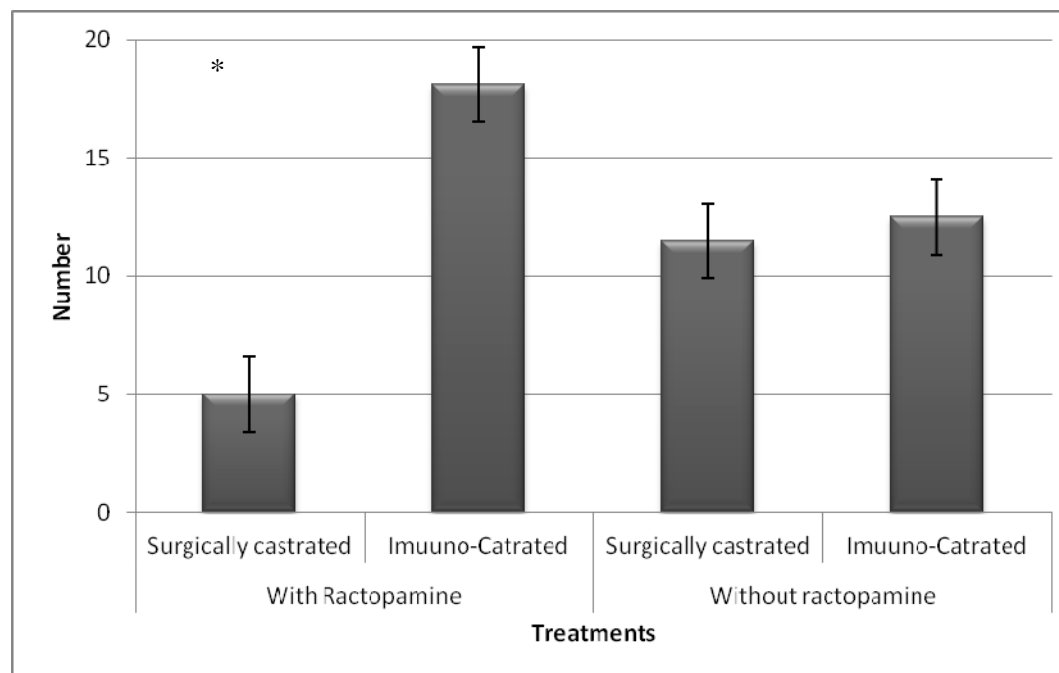


Figure 2 – Effects of ractopamine feeding on the duration of fights during lairage. There was an effect of ractopamine administration ($P = 0.004$)

