

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

**DIFERENTES NÍVEIS NUTRICIONAIS PARA SUÍNOS
MACHOS: DESEMPENHO ANIMAL E QUALIDADE
DA CARÇAÇA E DA CARNE**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Eloiza Lanferdini

Santa Maria, RS, Brasil

2012

**DIFERENTES NÍVEIS NUTRICIONAIS PARA SUÍNOS
MACHOS: DESEMPENHO ANIMAL E QUALIDADE DA
CARÇA E DA CARNE**

Eloiza Lanferdini

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

Orientador: Prof. Dr. Paulo Alberto Lovatto

Santa Maria, RS, Brasil

2012

L268d Lanferdini, Eloiza
Diferentes níveis nutricionais para suínos machos : desempenho animal e
qualidade da carcaça e da carne / por Eloiza Lanferdini. – 2012.
73 f. ; il. ; 30 cm

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

1. Aminoácido 2. Energia 3. Ractopamina 4. Suinocultura I. Lovatto,
Paulo Alberto II. Título.

CDU 636.4

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

©2012

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

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


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

**DIFERENTES NÍVEIS NUTRICIONAIS PARA SUÍNOS MACHOS:
DESEMPENHO ANIMAL E QUALIDADE DA CARÇAÇA E DA CARNE**

elaborada por
Eloiza Lanferdini

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia

COMISSÃO EXAMINADORA:


João Radunz Neto, Dr.
(Presidente/Orientador)


Irineo Zanella, Dr. (UFSM)


Vladimir de Oliveira, Dr. (UFSC)

Santa Maria, 16 de Fevereiro de 2012

DEDICATÓRIA

*Amo minha família, cada um de vocês e...
Mesmo distantes, conseguimos manter a chama desse amor
O amor que nos une a cada dia, nos dando força para...
Viver, nos dando força a cada caminhada, pois...
Onde quer que vamos, sabemos que jamais estamos sozinhos.
Os caminhos são diferentes, mas quando precisamos ali estamos nós
Em qualquer situação, acolhendo uns aos outros
Semeando o amor de Deus, e o amor de nossos pais.*

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

AGRADECIMENTOS

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

Aos meus pais Sadi Lanferdini e Idene Stefanon Lanferdini e aos meus irmãos Eliseu e Henrique, por sempre estarem ao meu lado.

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

Ao professor Paulo Alberto Lovatto (*in memoriam*), pela orientação, incentivo e amizade e por ter acreditado em mim.

Aos professores do Departamento de Zootecnia, em especial ao Gerson Guarez Garcia, Irineo Zanella, João Radünz Neto e Arlei Bonet de Quadros pelos ensinamentos e apoio.

Aos colegas de pós-graduação, em especial a Cheila Roberta Lehnen, Ines Andretta, Marcos Kipper e Raquel Melchior pela amizade e ensinamentos.

A equipe do Setor de Suínos, em especial a Aline Remus, Cristieli Carolina Klein, Dieison Nichele Fernandes, Fernanda Pivotto Felin, Jéssica Silveira, Jomara Broch, Lucas Flores Madruga, Mariana Ribas, Rafael Dal Forno Gianluppi, Sidnei Tavares pela amizade e responsabilidade.

Às empresas Adisseo, Brasil Foods e Pfizer pela infraestrutura para realização do trabalho e financiamento parcial do projeto.

À todos meus amigos que estiveram comigo durante essa fase maravilhosa da minha vida e que de certa maneira sempre me ajudaram.

RESUMO

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

DIFERENTES NÍVEIS NUTRICIONAIS PARA SUÍNOS MACHOS: DESEMPENHO ANIMAL E QUALIDADE DA CARÇAÇA E DA CARNE

AUTOR: ELOIZA LANFERDINI

ORIENTADOR: PAULO ALBERTO LOVATTO

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

O trabalho foi realizado para avaliar o desempenho e a qualidade da carcaça e carne de suínos machos castrados, inteiros/imunocastrados alimentados com dietas contendo diferentes níveis de aminoácidos e energia com ou sem ractopamina. Foram utilizados 72 suínos (machos castrados e inteiros/imunocastrados) com peso médio inicial de 20 kg, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro tratamentos (T1 - suínos machos castrados alimentados com dieta controle; T2 - suínos machos inteiros/imunocastrados alimentados com dieta controle; T3 - suínos machos inteiros/imunocastrados alimentados com dieta controle + 3% aminoácidos e energia e T4 - suínos machos inteiros/imunocastrados alimentados com dieta controle + 5% aminoácidos e energia), seis repetições de três animais por unidade experimental. A segunda dose da vacina de imunocastração foi realizada 28 dias antes do abate. Neste período foram adicionados 5 ppm de ractopamina na dieta de metade das unidades experimentais de cada tratamento. Foram abatidos 24 animais (um/unidade experimental) selecionados pelo peso médio da unidade experimental. Os suínos machos inteiros apresentaram consumo de ração 11% inferior ($P<0,05$) e conversão alimentar 16% melhor ($P<0,05$) em relação aos machos castrados. A suplementação com 5% de aminoácidos e energia reduziu ($P<0,05$) em 6,9% o consumo diário de ração e melhorou ($P<0,05$) em 3,0% a conversão alimentar de suínos machos inteiros. Suínos machos imunocastrados suplementados com 5% de aminoácidos e energia e 5 ppm de ractopamina ganharam diariamente 0,13 kg de peso a mais ($P<0,05$) e apresentaram conversão alimentar 13% melhor ($P<0,05$) em relação aos machos imunocastrados alimentados com a dieta controle sem ractopamina. O peso de abate de suínos machos imunocastrados suplementados com 5% de aminoácidos e energia foi 12% superior ($P<0,05$) aos machos castrados alimentados com a dieta controle sem ractopamina. Quando não suplementados com ractopamina, os suínos machos imunocastrados apresentaram rendimento de carcaça fria em média 5,4% inferior ($P<0,05$) aos machos castrados. Suínos machos imunocastrados suplementados com 5% de aminoácidos e energia com ractopamina apresentaram barriga e costela mais ($P<0,05$) pesados e valor superior ($P<0,05$) da coloração b* (amarelo-azul) da carne às 24 horas. A suplementação com 5% de aminoácidos e energia reduz o consumo de ração, melhora a conversão alimentar e o peso de abate, de barriga e costela de suínos machos imunocastrados.

Palavras-chave: Aminoácidos. Energia. Ractopamina. Suinocultura.

ABSTRACT

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

DIFFERENT NUTRITIONAL LEVELS TO MALE PIGS: ANIMAL PERFORMANCE AND CARCASS AND MEAT QUALITY

AUTHOR: ELOIZA LANFERDINI

ADVISOR: PAULO ALBERTO LOVATTO

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

The study was carried out to evaluate the performance and carcass and meat quality of surgically castrated, entire male/immunocastrated pigs fed with diets containing different levels of amino acids and energy with or without ractopamine. Seventy two pigs (surgically castrated and entire male/immunocastrated pigs) with average initial weight of 20 kg were used. The animals were distributed in a completely randomized experimental design with four treatments (T1 - surgically castrated pigs fed control diet; T2 - entire male/immunocastrated pigs fed control diet; T3 - entire male/immunocastrated pigs fed control diet + 3% amino acids and energy and T4 - entire male/immunocastrated pigs fed control diet + 5% amino acids and energy), with six replications, and three animals as an experimental unit. The second dose of immunocastration vaccine occurred 28 days before slaughter, at this time 5 ppm of ractopamine was added to the diet of half of the experimental units for each treatment. Twenty four animals were slaughtered (one per experimental unit) selected by experimental unit's average weight. The entire male pigs had feed intake 11% lower ($P<0.05$) and feed conversion 16% better ($P<0.05$) compared to surgically castrated. Supplementation with 5% of amino acids and energy reduced ($P<0.05$) at 6.9% the feed intake and improved ($P<0.05$) at 3.0% the feed conversion of entire male pigs. Immunocastrated pigs supplemented with 5% of amino acids and energy and 5 ppm ractopamine gained daily 0.13 kg more weight ($P<0.05$) and feed conversion was 13% better ($P<0.05$) compared to immunocastrated male pigs fed control diet without ractopamine. The slaughter weight of immunocastrated pigs supplemented with 5% of amino acids and energy was 12% higher ($P<0.05$) than surgically castrated fed control diet without ractopamine. When don't supplemented with ractopamine, the immunocastrated pigs had carcass yield 5.4% lower ($P<0.05$) than surgically castrated. Immunocastrated pigs supplemented with 5% of amino acid and energy with ractopamine had higher ($P<0.05$) weight of the belly and rib and superior value ($P<0.05$) in color b^* (yellow-blue) of meat at 24 hours. Supplementation with 5% of amino acids and energy reduces feed intake, improves feed conversion and slaughter, belly and ribs weight of immunocastrated pigs.

Key-words: Amino acids. Energy. Ractopamine. Swine production.

LISTA DE TABELAS

Table 2.1 – Ingredients, chemical composition and ratio of amino acid/energy and ratio of amino acid/amino acid of the experimental diets	41
Table 2.2 – Performance of surgically castrated and entire male pigs fed with different levels of amino acids and energy.....	42
Table 2.3 – Performance and carcass traits of surgically castrated and immunocastrated pigs fed with different levels of amino acids and energy with or without ractopamine.....	43
Tabela 3.1 – Composição centesimal, bromatológica e relação aminoácido/energia e aminoácido/aminoácido das dietas experimentais.....	59
Tabela 3.2 – Pesos (kg) e rendimentos (%) de carcaça e dos cortes de suínos machos castrados e imunocastrados alimentados com diferentes níveis de aminoácidos e energia com ou sem ractopamina	60
Tabela 3.3 – pH, cor e quebra de peso da carne de suínos machos castrados e imunocastrados alimentados com diferentes níveis de aminoácidos e energia com ou sem ractopamina.....	61
Tabela 4.1 – Custo alimentar (R\$/kg) de suínos machos castrados e inteiros/imunocastrados alimentados com diferentes níveis de aminoácidos e energia com ou sem ractopamina.....	64

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 ESTUDO BIBLIOGRÁFICO.....	13
1.1 Suinocultura: cenários	13
1.2 Suínos machos.....	13
1.2.1 Aspectos fisiológicos e hormonais	14
1.2.2 Odor na carcaça.....	14
1.2.2.1 Androsterona.....	15
1.2.2.2 Escatol	15
1.2.2.3 Androsterona X Escatol.....	16
1.2.2.4 Testosterona	16
1.2.3 Castração cirúrgica.....	17
1.2.4 Imunocastração	17
1.2.5 Produção de suínos machos inteiros.....	18
1.3 Nutrição	19
1.3.1 Proteína	20
1.3.2 Aminoácidos	21
1.3.2.1 Aminoácidos limitantes	22
1.3.2.2 Exigências de aminoácidos.....	23
1.3.3 Energia.....	24
1.3.4 Aditivo: ractopamina.....	25
2 CAPÍTULO II – Feeding surgically castrated, entire male and immunocastrated pigs with different levels of amido acids and energy with or without ractopamine.....	27
Abstract.....	29
Introduction	29
Material and methods.....	31
Results	32
Discussion	34
Conclusions	36
Acknowledgements.....	36
References	36

**3 CAPÍTULO III – Pós-abate de suínos machos castrados e
imunocastrados alimentados com diferentes níveis**

nutricionais.....	44
Resumo.....	45
Abstract.....	46
Introdução.....	47
Material e métodos.....	48
Resultados e discussão.....	50
Conclusão	54
Agradecimentos	54
Referências	54
4 DISCUSSÃO GERAL.....	62
5 CONCLUSÕES.....	65
REFERÊNCIAS.....	66

INTRODUÇÃO

O complexo agroindustrial de suínos e a comunidade científica trabalham incessantemente para melhorar a eficiência na produção de carne e atender as exigências crescentes do mercado consumidor. As tecnologias utilizadas na produção de suínos têm como foco a genética, manejo, sanidade, reprodução e nutrição dos animais, associadas à rentabilidade e ao bem-estar animal.

No Brasil são abatidos 34 milhões de suínos anualmente, sendo metade machos. Os problemas relacionados ao odor na carcaça dos suínos machos tornam a castração cirúrgica o procedimento mais prático para a eliminação deste fator. Leitões são castrados cirurgicamente durante os primeiros dias ou semanas de vida sem anestesia (PRUNIER et al., 2006). No entanto, este é um procedimento doloroso e estressante aos animais e limita o potencial de crescimento dessa categoria sexual (ZENG et al., 2002). A partir de 2009 foi proibida a castração cirúrgica, sem anestesia, nos países da União Europeia como um dos requisitos impostos pelo bem-estar animal.

Uma alternativa a castração cirúrgica de suínos é a imunocastração. Esta nova tecnologia consiste na vacinação dos suínos machos inteiros e utiliza o próprio sistema imune dos animais para impedir a produção dos hormônios responsáveis pelo odor na carcaça (ZAMARATSKAIA et al., 2008a). A imunocastração possibilita a atuação da testosterona, por boa parte da vida produtiva dos suínos, melhorando o desempenho e a qualidade da carcaça desses animais (JAROS et al., 2005).

No Brasil, a produção de suínos machos inteiros foi rapidamente adotada, sendo que as estratégias nutricionais e alimentares não acompanharam essa evolução. Por diferentes razões, os suínos machos inteiros são normalmente alimentados com as mesmas dietas de machos castrados e fêmeas. Já que as exigências de proteína bruta, aminoácidos e energia para diferentes categorias sexuais nem sempre são fornecidas em tabelas de exigências.

O potencial genético para deposição proteica de suínos machos inteiros é superior ao de machos castrados e fêmeas. Suínos machos inteiros apresentam maior deposição muscular e melhor conversão alimentar (PAULY et al., 2009). Com todas as diferenças entre suínos machos inteiros e castrados, é esperado que as exigências de nutrientes, sobretudo em aminoácidos e energia, sejam superiores. Dessa forma, as dietas para essa categoria sexual

devem ser nutricionalmente mais densas para valorização desta diferença de potencial. No entanto, não existe ainda um consenso do nível de suplementação.

A lisina é o aminoácido mais limitante na deposição de proteína nos suínos em crescimento, em virtude de sua constância na proteína corporal e de sua destinação metabólica preferencial para a deposição de tecido magro (GASPAROTTO et al., 2001). Já, os níveis de energia podem ser manipulados para afetar diretamente a utilização de outros nutrientes, por estarem relacionados à regulação do consumo pelos animais (REZENDE et al., 2006) e interferir nos processos digestivos de outros nutrientes, principalmente dos aminoácidos (ALMEIDA et al., 2007). O ajuste de lisina, proteína e energia na dieta às exigências dos animais pode, portanto, melhorar os índices zootécnicos. Já o uso de ractopamina como aditivo nas dietas de suínos pode ser uma alternativa para potencializar o desempenho e aumentar a produção de carne (DUNSHEA et al., 1993).

O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho e a qualidade da carcaça e carne de suínos machos castrados, inteiros e imunocastrados alimentados com dietas contendo diferentes níveis de aminoácidos e energia com ou sem adição de ractopamina. O problema da pesquisa e as questões a serem respondidas são apresentados nesta dissertação através de um estudo bibliográfico, dois artigos científicos, discussão geral e conclusões.

1 ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

1.1 Suinocultura: cenários

A carne suína é a proteína animal mais consumida no mundo, representando 39% do consumo total de carnes pela população mundial. A produção mundial é de 115 milhões de toneladas, sendo quase a metade produzida na China e outro terço na União Europeia e nos Estados Unidos. A participação do Brasil tem aumentado em importância no mercado mundial, sendo que o país é o quarto maior produtor, com 3% da produção e 11% das exportações. Os Estados Unidos, União Europeia, Canadá, Brasil e China são responsáveis por 96% das exportações mundiais (ABIPECS, 2010).

O aumento da renda interna, o crescimento da população e das exportações são os três principais fatores que têm garantido a expansão da cadeia produtiva. Em 2010, a oferta de suínos para abate no Brasil aumentou 1,8% passando de 33,8 milhões de cabeças para 34,3 milhões. A disponibilidade interna de carne suína cresceu 4,1%, sendo que mais de 83% da produção foi absorvida pelo mercado interno. O potencial de consumo brasileiro de carne suína permaneceu abaixo do esperado e está estimado em 15 kg por habitante/ano (ABIPECS, 2010). Ao contrário do perfil mundial, o consumo de carne suína no Brasil é inferior ao das carnes de frango e bovina. O consumidor nacional prefere os produtos processados, mesmo assim, a carne suína *in natura* representa mais de um terço do consumo.

A cadeia suinícola tem procurado acompanhar o programa de pesquisa de suíno macho inteiro que está sendo desenvolvido na Europa. A partir de 2009 alguns países da União Europeia proibiram a castração cirúrgica após o sétimo dia de vida, sem anestesia, como um dos requisitos impostos pelo bem-estar animal (PRUNIER et al., 2006). A produção de suíno macho inteiro oferece vantagens econômicas para o complexo agroindustrial de suínos.

1.2 Suínos machos

1.2.1 Aspectos fisiológicos e hormonais

A diferenciação sexual do macho ocorre durante o crescimento fetal. Nos túbulos seminíferos as células somáticas se diferenciam formando as células de Sertoli e as células mesenquimais se diferenciam em intersticiais (células de Leydig). A partir disto, os testículos passam a produzir hormônios que induzem o desenvolvimento fenotípico masculino normal (HAFEZ & HAFEZ, 2004).

Os eventos que desencadeiam a puberdade começam após os cinco meses de idade, sendo que os suínos alcançam a maturidade sexual por volta dos 10 meses. A partir do início da puberdade, ocorre um aumento na produção de hormônios que definem as características reprodutivas secundárias. O principal responsável é o hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH). O GnRH é um decapeptídeo produzido no hipotálamo, que fornece uma ligação humoral entre os sistemas endócrino e nervoso e age na hipófise anterior, induzindo a secreção de hormônios gonadotróficos (hormônio luteinizante – LH e hormônio folículo-estimulante - FSH). Estas duas gonadotrofinas agem nas gônadas estimulando o crescimento testicular, a espermatogênese e a esteroidogênese.

O LH e FSH têm influência em diversos aspectos da espermatogênese. O LH estimula o crescimento testicular e a secreção de testosterona e outros hormônios esteróides nas células de Leydig. O FSH apoia diversas fases críticas da maturação dos espermátócitos, por meio da estimulação das células de Sertoli. A testosterona e os outros esteróides testiculares são subsequentemente liberados na circulação e transportados a vários tecidos. Sendo responsáveis por diversas funções, incluindo controle ou retroalimentação negativa de regulação da secreção de GnRH, LH e FSH, e desenvolvimento das características sexuais masculinas, causando elevação dos níveis de esteróides testiculares (JAROS et al., 2005).

1.2.2 Odor na carcaça

O odor na carcaça está relacionado com a maturidade sexual e produção de hormônios dos suínos machos inteiros, tornando a carne de animais não castrados imprópria para o consumo (BABOL et al., 1998). Este odor ocorre pelo acúmulo ou associação dos seguintes

compostos: a androsterona (5 α -androsterona) e o escatol (3-metil-indol) (JAROS et al., 2005; ZAMARATSKAIA et al., 2008b).

1.2.2.1 Androsterona

A androsterona foi identificada por PATTERSON (1968). É um hormônio esteróide produzido pelas células de Leydig nos testículos. É secretada e transportada via corrente sanguínea para as glândulas salivares, onde se une a uma proteína denominada feromaxina, sintetizada nestas glândulas (MATTHEWS et al., 2000). Após ser liberada na saliva age como feromônio, composto volátil de extrema importância na transmissão das informações sexuais, principalmente na indução do estro nas fêmeas. Parte da androsterona que não é secretada na saliva, é depositada no tecido adiposo (JAROS et al., 2005). Sabe-se pouco sobre a degradação deste composto, que ocorre principalmente no fígado. A deposição excessiva de androsterona no tecido adiposo ocorre tanto por uma desproporcional taxa de produção de androsterona nos testículos, por um metabolismo deficiente da androsterona ou ambos os fatores (DORAN et al., 2004). O acúmulo de androsterona é parcialmente responsável pelo odor na carcaça e é facilmente associada ao odor da urina, devido sua hidrofobicidade (CLAUS et al., 2007). Quando sua produção é reduzida, a remoção de androsterona pelo tecido adiposo ocorre de maneira lenta, pois a meia vida da androsterona é de cerca de 14 dias (CAMPBELL, 2006). Os níveis de androsterona podem ser influenciados pelo peso, maturidade sexual e composição genética dos animais (BONNEAU et al., 1997).

1.2.2.2 Escatol

O escatol foi isolado por VOLD (1970). Está associado ao odor das fezes e não é inteiramente específico de animais machos. É produzido pelas bactérias no intestino grosso dos suínos, a partir da degradação do triptofano. Esta reação ocorre na ausência de energia, devido à ação de bactérias lácticas presentes no cólon intestinal, mais precisamente no reto. Tanto o triptofano da dieta quanto dos resíduos celulares da degradação da mucosa intestinal

podem ser metabolizados a escatol. A produção de escatol depende em grande parte da microflora intestinal e da disponibilidade de substrato, que podem ser alterados pela alimentação (LANTHIER et al., 2006).

O escatol é metabolizado no fígado, absorvido no intestino, e através da corrente sanguínea parte é transportada até o tecido adiposo, onde se acumula e outra é eliminada através da urina. Este acúmulo causa o odor fecal facilmente perceptível quando a carne é aquecida (JAROS et al., 2005; ZAMARATSKAIA et al., 2008a). O regime alimentar, o suprimento de água e as condições de manejo (tipo de piso das instalações, densidade populacional e periodicidade de higienização das instalações) são os fatores que podem influenciar na formação e concentração de escatol (CLAUS et al., 1994).

1.2.2.3 Androsterona X Escatol

A correlação entre os níveis de escatol e os níveis de androsterona no tecido adiposo de suínos machos inteiros pode ser explicada pela inibição do catabolismo do escatol provocado pelos andrógenos. As concentrações excessivas de androsterona impedem a expressão do citocromo hepático CYP2E1, responsável pelo metabolismo do escatol no fígado, provocando a redução na degradação deste composto, e consequentemente, o acúmulo no tecido adiposo (DORAN et al., 2004). Os níveis máximos para detecção da presença de androsterona na carne estão estabelecidos entre 0,5-1,0 ppm e para o escatol entre 0,20-0,25 ppm (BARTON-GADE et al., 1996).

1.2.2.4 Testosterona

A testosterona é um hormônio andrógeno, produzido e secretado pelas células de Leydig nos testículos. É um hormônio essencial à função reprodutiva dos machos, pois estimula os estágios finais da espermatogênese, por meio da preservação das condições termorreguladoras. Os níveis de testosterona aumentam à medida que o suíno macho envelhece, atingindo seu máximo aos 180 dias (THUN et al., 2006). Este hormônio masculino

determina as características físicas e comportamentais dos suínos machos. A maior taxa de crescimento e a eficácia elevada para deposição de proteína observadas em suínos machos inteiros em comparação aos animais castrados estão relacionadas com os diferentes níveis de testosterona (PRUNIER et al., 2006).

1.2.3 Castração cirúrgica

A castração de suínos é uma prática antiga, que data por volta do período de domesticação dos animais pelos humanos, entre os séculos 16 e 11 a.C., na China. O método é difundido como forma de evitar efeitos negativos de hormônios sexuais sobre a qualidade da carne (THUN et al., 2006). A castração cirúrgica é um procedimento com ação direta nos testículos, impedindo assim a produção de espermatozóides, de androsterona e testosterona, eliminando a possibilidade da ocorrência de odor na carcaça. Além disso, reduz o comportamento sexual e agressividade, facilitando o manejo destes animais (BONNEAU & ENRIGHT, 1995; THUN et al., 2006).

Durante os últimos anos, organizações de defesa do bem-estar animal vêm se manifestando contraria a castração cirúrgica, sem anestesia, por considerar um procedimento cruel e doloroso para o animal (JAROS et al., 2005). O ato de puxar os testículos e raspar o cordão espermático é um dos aspectos mais dolorosos para os leitões durante a castração (TAYLOR & WEARY, 2000). A aplicação de anestesia local ou geral certamente poderia reduzir a dor aguda durante a castração, mas não é suficiente para eliminar o estresse e desconforto devido ao manejo da castração e prevenir a dor pós-castração (THUN et al., 2006). Considerando as dificuldades práticas em reduzir a dor associada com a castração cirúrgica, uma solução mais promissora pode estar na busca por alternativas não cirúrgicas. Alguns países, como a Inglaterra, Dinamarca, Espanha abatem suínos machos inteiros dentro de critérios de peso e idade bem definidos.

1.2.4 Imunocastração

Em 1998 foi lançada na Austrália e Nova Zelândia a primeira vacina para a prevenção do odor sexual na carcaça de suínos. Estudos em diferentes países sobre esse tipo de castração mostraram que a técnica poderia ser utilizada respeitando critérios bem definidos. Isso fez com que a utilização de uma vacina comercial fosse acordada por agências de saúde e vigilância sanitária. Dentre os maiores países produtores de carne suína, o Brasil foi o primeiro a ter esse acordo. O produto foi lançado ao mercado em 2007 e atualmente tem autorização para uso em mais de 60 países.

A imunocastração baseia-se na aplicação de vacinas contendo uma forma modificada de GnRH conjugada à uma proteína, que induz a formação de anticorpos direcionados contra o GnRH (ZAMARATSKAIA et al., 2008a). São aplicadas duas doses da vacina, sendo que a primeira serve apenas para sensibilizar o sistema imune e a segunda visa promover a produção de anticorpos contra o GnRH.

A utilização do próprio sistema imune do suíno para suprimir o GnRH interrompe o eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal, pelo estabelecimento de uma barreira imunológica que interrompe a passagem de GnRH do local de liberação no hipotálamo ao local de ação, na glândula pituitária. Em consequência não haverá liberação de LH e FSH, reduzindo o desenvolvimento dos testículos e a síntese de hormônios esteróides, incluindo a androsterona (CLAUS et al., 2007; ZAMARATSKAIA et al., 2008a).

A imunocastração é uma alternativa que vem sendo muito utilizada na produção mundial de suínos em substituição ao método tradicional de castração cirúrgica dos suínos machos. O uso da técnica no final do período de terminação reduz os níveis de androstenona e de escatol e, ao mesmo tempo aproveitam-se os benefícios dos efeitos anabólicos dos andrógenos e estrógenos durante a maior parte da vida produtiva do animal (JAROS et al., 2005). Além disso, reduz o comportamento agressivo dos machos e respeita o bem-estar dos animais (CRONIN et al., 2003).

1.2.5 Produção de suínos machos inteiros

A produção de suínos machos inteiros tem-se mostrado uma prática bastante atrativa devido a suas vantagens econômicas. No Brasil, somente em 1998, o abate de suínos não castrados que façam parte de programas de melhoramento genético foi permitido, desde que

suas carcaças sejam avaliadas. Neste contexto, a imunocastração surgiu como uma alternativa para evitar o aparecimento do odor sexual, e ainda aproveitar os efeitos dos anabolizantes naturais produzidos nos testículos dos machos inteiros pela maior parte da sua vida produtiva.

Suíños machos inteiros apresentam menor consumo de ração e melhor conversão alimentar que machos castrados (MATTHEWS et al., 2000; PAULY et al., 2009). As alterações no ganho de peso de machos inteiros em relação a machos castrados estão relacionadas com agentes anabólicos testiculares (SINCLAIR et al., 2005). Alguns esteróides, como o androstenediol, a dihidropiandrosterona e a testosterona, podem atuar na retenção de nitrogênio e no crescimento muscular (LANTHIER et al., 2006).

A castração de machos produtores de carne vem sendo usada há muitos anos por uma série de razões organolépticas, físicas e comportamentais. Com a globalização, os consumidores aumentaram as exigências em relação a uma maior demanda de carne magra e menores custos de produção associados ao bem-estar animal. A imunocastração de suínos reduz a agressão e o comportamento sexual, aumenta a deposição de carne e melhora a deposição de gordura intramuscular (OLIVER et al., 2003; GISPERT et al., 2010). O tecido adiposo de suínos machos inteiros tem um menor teor de lipídeos e o grau de insaturação é maior do que nos machos castrados (PAULY et al., 2008). O menor teor de lipídios intramuscular de machos inteiros pode fazer com que a carne seja menos macia que a dos castrados, mas favorável do ponto de vista dietético.

1.3 Nutrição

O crescimento dos suínos é resultado de uma série de processos biológicos, de modo que o genótipo determina o nível máximo em que estes processos ocorrem. Para o crescimento, o processo metabólico mais importante é a retenção de nitrogênio, representada pela deposição de proteína na carcaça (ANDERSSON et al., 1997). Portanto, as estratégias de alimentação devem ser estabelecidas de forma específica para cada grupo genético, pois quanto maior o potencial genético para deposição de músculo maior será as exigências diárias de aminoácidos na alimentação dos animais (FRIESEN et al., 1994). O ajuste de aminoácidos na dieta dos animais pode, portanto, resultar em melhor eficiência alimentar e, conseqüentemente, melhor custo/benefício de produção.

Suíños machos castrados com potencial de deposição de carne magra na carcaça entre 100 e 150 gramas, normalmente não utilizam, de forma eficiente, altos níveis de aminoácidos, transformando em gordura o excedente à sua capacidade de deposição de carne (MOREIRA et al., 2002). Por outro lado, animais com alto potencial de produção, como os suínos machos inteiros, que têm deposição de carne magra elevada, respondem melhor quando alimentados com dietas contendo elevados níveis de nutrientes (XUE et al., 1997). Desta forma, a produção de suínos machos inteiros sendo estes suplementados com aminoácidos é de suma importância na produção de suínos. Já que, este tipo sexual obtém uma melhor conversão alimentar e menor custo de produção (PAULY et al., 2009).

Por diferentes razões, no Brasil, os suínos machos inteiros ainda são alimentados com as mesmas dietas que machos castrados. Considerando-se a escassez de informações na literatura brasileira em relação às exigências nutricionais de proteína bruta, aminoácidos e energia para suínos machos inteiros é importante que se realizem estudos para estabelecer os níveis adequados para suínos de acordo com o seu potencial genético.

1.3.1 Proteína

Proteínas são compostos orgânicos formados por cadeias de aminoácidos. A sequência de aminoácidos determina as propriedades físicas, químicas e biológicas das proteínas. Possuem função estrutural, de manutenção e reparo de tecidos, formação de enzimas e hormônios, proteção imunológica, transporte e armazenamento, geração e transmissão de impulsos nervosos, coagulação do sangue, equilíbrio ácido-base e fonte de energia. A digestão das proteínas tem início no estômago onde são desnaturadas pelo pH ácido e sofrem a ação da enzima pepsina. O processo tem continuidade no lúmen do intestino pela ação das enzimas pancreáticas que degradam as proteínas até tripeptídios e dipeptídios. Através da ação das enzimas aminopeptidases, os mono-peptídios e dipeptídeos são convertidos a aminoácidos junto à mucosa intestinal. Desta forma são então absorvidos pela via sanguínea.

O potencial de deposição proteica de suínos em crescimento depende da idade, sexo e genótipo (THONG & LIEBERT, 2004). A concentração da proteína corporal aumenta do nascimento aos 60-70 kg de peso vivo aproximadamente, intervalo no qual a utilização da

lisina se torna mais relevante na diferenciação das características corporais do suíno selecionado para deposição de carne magra (SCHINCKEL & DE LANGE, 1996).

Dietas a base de milho e farelo de soja não tem um padrão ideal de aminoácidos, sendo que um excesso de proteínas deve ser fornecido para atender a exigência do primeiro aminoácido limitante. Consequentemente, muitos outros aminoácidos são consumidos em excesso e são convertidos em energia ou gordura. A utilização do conceito de proteína ideal na formulação de dietas para suínos tem sido bastante recomendado uma vez que está ligada a uma redução nos elementos poluentes nos dejetos (DE LA LLATA et al., 2002). A proteína ideal é o fornecimento de aminoácidos essenciais nas proporções exatas para atender aos requisitos para a manutenção e crescimento. Portanto, não há deficiências ou excessos de aminoácidos em dietas baseadas na proteína ideal. Para isto, a correta definição dos níveis de aminoácidos nas dietas e a relação entre eles merecem atenção especial, pois podem melhorar a rentabilidade do suinocultor e colaborar com a produção de suínos, de forma sustentável, minimizando a contaminação ambiental (PEDERSEN et al., 2003).

1.3.2 Aminoácidos

Desde a década de 50, é reconhecido que a necessidade nutricional de proteína é a combinação de demandas dos diferentes aminoácidos. Aminoácidos são compostos orgânicos quaternários (C, H, O, N) usados diretamente na síntese de substâncias proteicas, para a síntese de outros aminoácidos ou para a produção de energia quando em excesso. Os aminoácidos são os produtos finais da digestão das proteínas no organismo e constituem as unidades estruturais através das quais as proteínas corporais são sintetizadas. Muitos aminoácidos podem ser sintetizados pelo organismo em quantidades suficientes a partir de outros compostos nitrogenados e por isso são considerados não essenciais. Outros aminoácidos não podem ser sintetizados ou o são em quantidades insuficientes para suprir as necessidades fisiológicas. Estes são considerados essenciais, devendo ser fornecidos na dieta e requerendo atenção especial na formulação de rações.

Suínos em crescimento necessitam de aminoácidos tanto para manutenção, quanto para síntese de proteínas. A exigência para deposição tecidual está diretamente associada à capacidade de síntese de proteína do animal. A quantidade de aminoácidos fornecida acima

das necessidades não pode ser armazenada no corpo e todo o excesso é catabolizado. O catabolismo envolve a remoção e a excreção do grupo amino e o uso do carbono na gliconeogênese, lipogênese ou, ainda, a sua oxidação, que resulta em gás carbônico e água (MOUGHAN, 2003).

Idealmente, o suíno em crescimento e terminação deve consumir diariamente apenas o suficiente de aminoácidos essenciais, aminoácidos não essenciais e energia necessária para permitir a taxa de deposição máxima estabelecida pelo seu genótipo. Sob essas condições, o desempenho, crescimento, excreção de nitrogênio e a qualidade da carcaça seria otimizado (VAN DER PEET-SCHWERING et al., 1999). Para atender a essas condições requer um conhecimento preciso das exigências de aminoácidos pelo suíno, a disponibilidade biológica de aminoácidos e de energia nos alimentos e os fatores que influenciam o consumo voluntário de alimento.

1.3.2.1 Aminoácidos limitantes

Aminoácido limitante é aquele cuja ausência na dieta restringe a síntese de proteína, apesar de estarem presentes os outros aminoácidos necessários para que se produza a proteína. Para a síntese de proteína em suínos alimentados com dieta à base de milho e farelo de soja, os principais aminoácidos limitantes são lisina, treonina, metionina e triptofano. A deposição proteica nos suínos em crescimento está associada às exigências de aminoácidos, sendo que a lisina é o aminoácido mais limitante, em virtude de sua constância na proteína corporal e de sua destinação metabólica preferencial para a deposição de carne magra (GASPAROTTO et al., 2001). O teor de aminoácidos essenciais na dieta é um importante fator na diferenciação da composição corporal durante o crescimento do suíno (GU et al., 1992).

O destino principal da lisina é o acúmulo de massa muscular e a variação na sua concentração tem implicações no desenvolvimento de determinadas partes do corpo (SUSENBETH, 1995). As mudanças na concentração dietética de lisina devem ser acompanhadas pela proporção dos demais aminoácidos essenciais, pois o balanço ideal com a lisina evitaria possíveis variações nas respostas dos animais. Quando o consumo de algum aminoácido essencial está abaixo das necessidades, a utilização dos demais aminoácidos é

prejudicada, afetando o ganho muscular e a retenção proteica se torna praticamente constante (ABREU et al., 2007).

A redução acentuada da concentração proteica na dieta implica na necessidade de inclusão de aminoácidos sintéticos, como lisina, treonina, metionina e triptofano (LE BELLEGO & NOBLET, 2002). Os aminoácidos essenciais devem ser suplementados, para evitar deficiências nutricionais, principalmente em suínos machos inteiros (OLIVEIRA et al., 2006). Além disso, a falta de balanceamento correto de aminoácidos na dieta pode reduzir o consumo voluntário dos alimentos nestes animais (ABREU et al., 2007). A suplementação com aminoácidos tem uma eficiência elevada na produção de carne magra, pois dessa forma diminuiu o gasto energético para eliminar o excesso de aminoácidos (RIDEOUT et al., 2004).

Considerando-se que existem diferenças no consumo, na taxa e eficiência de crescimento entre as categorias sexuais (HANSEN & LEWIS, 1993), existe a necessidade de que as exigências nutricionais dos aminoácidos sejam estabelecidas por categoria. Suínos com genótipos superiores requerem mais proteína e aminoácidos na dieta para promover alta deposição de proteína, em relação a suínos de genótipos inferiores (CAMERON et al., 2003).

1.3.2.2 Exigências de aminoácidos

Para que o suíno tenha um crescimento e deposição de carne adequado, as suas células devem receber os nutrientes necessários ao metabolismo em quantidade e proporção adequada. As exigências são influenciadas por fatores como genética, peso corporal, sexo, ambiente, ingestão de energia, nível proteico das dietas e relação entre lisina e os demais aminoácidos limitantes (FRIESEN et al., 1994). Portanto, estes fatores devem ser considerados no estabelecimento das exigências de proteína e aminoácidos.

As exigências de aminoácidos para suínos machos inteiros nas diferentes fases de crescimento nem sempre são fornecidas em tabelas de exigências. Considerando as diferenças entre suínos machos castrados e inteiros existe a necessidade de que as exigências nutricionais dos aminoácidos sejam estabelecidas por categoria sexual (GOMEZ et al., 2002). Já que, suínos com alto potencial genético, como os suínos machos inteiros, têm produção de carne magra superior aos animais de baixo potencial de produção de carne, como os machos castrados (AROUCA et al., 2004). Com isso, estes animais necessitam de níveis diários mais

elevados de aminoácidos por causa da maior síntese de proteína e exigência de manutenção ligeiramente mais elevada para alguns aminoácidos, a fim de maximizar o desempenho e a taxa de deposição de proteína (ABREU et al., 2007). Dessa forma, as dietas para suínos machos inteiros devem ser nutricionalmente mais densas para valorização do potencial de crescimento desses animais.

Quando os suínos são alimentados com dietas com baixa proteína e suplementadas com aminoácidos há uma tendência de carcaças mais gordas (TUITOEK et al., 1997). O baixo nível de proteína reduz a desaminação de aminoácidos em excesso e conseqüentemente a síntese e excreção de uréia na urina e reduz a produção de calor dos animais (NOBLET et al., 2001; REN et al., 2007). Portanto, reduzir a proteína aumenta a energia disponível para deposição de tecido (LE BELLEGO et al., 2001). Por outro lado, os aminoácidos suplementados podem ser absorvidos e atingir os locais de síntese de proteína nas células mais rapidamente quando comparados à absorção de aminoácidos presentes na proteína dos alimentos (CHIARADIA, 2008). Com isso os aminoácidos sintéticos podem interferir no crescimento do animal devido à quantidade relativa presente na dieta ou a energia necessária para seu metabolismo.

1.3.3 Energia

O crescimento dos suínos depende dos aminoácidos essenciais e do conteúdo de energia (DOURMAD et al., 1996). Os níveis de energia na dieta são responsáveis pela regulação do consumo dos suínos e interferem nos processos digestivos de outros nutrientes, principalmente dos aminoácidos (ALMEIDA et al., 2007). O excesso ou falta de aminoácidos essenciais e a relação com a energia tem um efeito negativo sobre o desempenho dos animais (OLIVEIRA et al., 2006). A relação proteína (aminoácido)/ energia determina principalmente a taxa de deposição de proteína e lipídios pelo suíno (REZENDE et al., 2006). As dietas dos suínos podem conter altos níveis de aminoácidos essenciais e estes altos níveis de aminoácidos representam um gasto de energia para sua metabolização, aumentando o custo de produção (GASPAROTTO et al., 2001). Portanto, para que haja adequado aproveitamento energético e máxima deposição de aminoácidos pelo trato gastrointestinal a relação entre energia e lisina na dieta deve ser ideal.

Em animais jovens (15 a 30 kg PV) as exigências de manutenção entre suínos machos inteiros e castrados são semelhantes e estão relacionadas com o peso vivo (NOBLET et al., 1993). No entanto, a partir do crescimento, as exigências de energia metabolizável para manutenção de suínos machos inteiros são superiores em relação aos castrados (NOBLET et al., 1999). As equações para manutenção consideram a energia necessária para a síntese muscular, que em machos inteiros é superior. Além disso, a produção hormonal (androsterona e testosterona) altera o comportamento de machos inteiros quando alojados em grupos, aumentando as exigências de manutenção (VELARDE et al., 2008). A maior capacidade de retenção de nitrogênio e a produção de tecido magro pelos suínos machos inteiros têm favorecido a maior produção de calor corporal em animais deste sexo (VAN MILGEN et al., 2000). A síntese de proteína é menos eficiente, em termos energéticos, que a síntese de gordura, o que pode, provavelmente, explicar o aumento na exigência energética destes animais (BONNEAU, 1998).

1.3.4 Aditivo: ractopamina

Os agonistas β -adrenérgicos, como a ractopamina são substâncias de estrutura análoga aos hormônios denominados catecolaminas (adrenalina e noradrenalina), são empregados na produção animal como aditivo. Eles agem como modificadores do metabolismo animal, alterando a partição de nutrientes desviando e promovendo o crescimento e a deposição de tecido magro e reduzindo o teor de gordura na carcaça de suínos em terminação (BRIDI et al., 2003). A ractopamina tem sido estudada com grande interesse pela suinocultura, pois altera o metabolismo animal, desviando nutrientes para característica desejável (BELLAVAR et al., 1991).

Após ser absorvida no intestino delgado, a ractopamina é metabolizada pelo fígado (SMITH, 1998). Uma série de efeitos em cascata desde a membrana celular até o interior da célula é iniciada com a ligação destas substâncias com os receptores β -adrenérgicos nas membranas. Esta ligação resulta na ação de fosforilação e ativação de lipases sensíveis a hormônios, as quais catalisam a quebra de triacilgliceróis no tecido adiposo. Os β -receptores quando ativados pelas catecolaminas, estimulam a lipólise e conseqüentemente a redução do teor de gordura (MILLS, 2002).

A ractopamina é classificada como aditivo melhorador de desempenho, agindo na modificação do metabolismo, levando a redução significativa dos teores de gordura da carcaça (MARINHO et al., 2007). Paralelamente ao tecido adiposo, a ractopamina se liga aos β -receptores presentes na membrana plasmática das células musculares, aumentando a retenção de aminoácidos e potencializando a síntese proteica nessas células. A ação hipertrófica da ractopamina sobre o músculo esquelético pode ser mediada pelo IGF-I (Fator de crescimento semelhante a insulina-I), que atua estimulando a síntese de proteína miofibrilar pelas células musculares (MILLS, 2002).

Entretanto, para que seu uso proporcione efeitos desejáveis, há a necessidade de ajustes nutricionais nas dietas, porque os suínos suplementados com ractopamina apresentam maior taxa de deposição proteica, em decorrência, exigirão maior quantidade de aminoácidos (PEREIRA et al., 2008). Entre os aminoácidos essenciais, a lisina é considerada o primeiro aminoácido limitante para suínos e seu nível de inclusão deve ser aumentado nas dietas que contenham ractopamina. Além disso, os ajustes dos demais aminoácidos em relação à lisina devem ser observados durante a formulação destas dietas (ALMEIDA et al., 2010a).

Neste contexto, quando este aditivo é utilizado, a deficiência de lisina pode ser um fator limitante, pois esta é diretamente responsável pela síntese proteica e consequente deposição de tecido muscular. Entretanto, o excesso de lisina também pode limitar os efeitos benéficos promovidos pelos agonistas β -adrenérgicos, pois poderá ocorrer competição pelos sítios de absorção e catabolismo destes aminoácidos em excesso ao invés do aumento da síntese proteica (ALMEIDA et al., 2010a).

Vários estudos (DUNSHEA et al., 1993; UTTARO et al., 1993; SEE et al., 2004; RIKARD-BELL et al., 2009) avaliaram o efeito da inclusão de ractopamina na dieta em função do sexo dos suínos. A suplementação com ractopamina para suínos machos castrados em geral proporciona melhora na conversão alimentar e no ganho de peso sem afetar o consumo de ração (SANCHES et al., 2010; ANDRETTA et al., 2011). Além disso, a ractopamina melhora as características de carcaça por aumentar a deposição muscular e reduzir a deposição de gordura, sem afetar a qualidade da carne (CARR et al., 2009; ALMEIDA et al., 2010b). Porém, a suplementação de ractopamina em dietas para suínos machos inteiros pode não apresentar o mesmo comportamento (DUNSHEA et al., 1993; MORAES et al., 2010). Esses resultados podem indicar que, assim como os suínos machos inteiros, os machos imunocastrados podem não responder à inclusão de ractopamina na dieta, evidenciando a necessidade de maiores estudos.

2 CAPÍTULO II

**FEEDING SURGICALLY CASTRATED, ENTIRE MALE AND
IMMUNOCASTRATED PIGS WITH DIFFERENT LEVELS OF AMIDO
ACIDS AND ENERGY WITH OR WITHOUT RACTOPAMINE**

Este capítulo é apresentado de acordo com as normas para publicação na *Livestock Science*. O artigo foi submetido para publicação em 26 de Novembro de 2011.

**Feeding surgically castrated, entire male and immunocastrated pigs with different levels
of amido acids and energy with or without ractopamine**

E. Lanferdini^{a*}, P.A. Lovatto^a, R. Melchior^a, U.A.D. Orlando^b, M. Ceccantini^c e E. Poleze^d

^aUniversidade Federal de Santa Maria, Departamento de Zootecnia, 97105-900, Santa Maria, RS, Brazil.

^bBrasil Foods, 80030-200, Curitiba, PR, Brazil.

^cAdisseo Latin America, 05804-900, São Paulo, SP, Brazil.

^dPfizer Saúde Animal, 04717-004, São Paulo, SP, Brazil.

*Corresponding author. Address: Departamento de Zootecnia, UFSM, Faixa de Camobi - Km 9, Campus Universitário, Prédio 78, 97105-900, Santa Maria, RS, Brazil.

Fax: +55 55 3220 8692.

E-mail address: eloiza_lanferdini@yahoo.com.br (E. Lanferdini)

Abstract – The study was carried out to evaluate the performance and carcass traits of surgically castrated, entire male and immunocastrated pigs fed with diets containing different levels of amino acids and energy with or without ractopamine. Seventy two pigs (surgically castrated and entire male pigs) with average initial weight of 20 kg were used. The animals were distributed in a completely randomized experimental design with four treatments (T1 - surgically castrated pigs fed control diet; T2 - entire male pigs fed control diet; T3 - entire male pigs fed control diet + 3% amino acids and energy and T4 - entire male pigs fed control diet + 5% amino acids and energy), with six replications, and three animals as an experimental unit. The first dose of vaccine immunocastration was applied when the entire male pigs reached average live weight of 65 kilograms. The second dose of vaccine occurred 28 days before slaughter, at this time 5 ppm of ractopamine was added to the diet of half of the experimental units for each treatment. Twenty four animals were slaughtered (one per experimental unit) selected by experimental unit's average weight. The entire male pigs had feed intake 11% lower ($P<0.05$) and feed conversion 16% better ($P<0.05$) compared to surgically castrated. Supplementation with 5% of amino acids and energy reduced ($P<0.05$) at 6.9% the feed intake and improved ($P<0.05$) up to 3.0% the feed conversion of entire male pigs. Immunocastrated pigs supplemented with 5% of amino acids and energy and 5 ppm ractopamine gained 0.13 kg more weight ($P<0.05$) and feed conversion was 13% better ($P<0.05$) compared to entire male pigs fed control diet without ractopamine. Entire male and immunocastrated pigs fed diets supplemented with 5% amino acids and energy have less feed intake and better feed conversion.

Keywords: carcass, nutrition, performance, protein, swine production, β -adrenergic.

Introduction

The consumer of pork requires more attention to the form of production, especially on issues like animal welfare and sustainability of production systems. Accordingly, immunological castration has proved a practice able to answer these questions and meet the demands of consumers (Cronin et al., 2003).

The immunocastration consists in vaccination of animals with a modified form of GnRH conjugated to a protein that induces the formation of anti-GnRH (Zamaratskaia et al., 2008). The method avoids the occurrence of boar taint and enjoys the effect of testicular steroids, anabolic nature of the entire males. The production of entire male pigs had shown a very attractive practice, especially under the economic point of view. The category has a higher genetic potential for protein deposition and improved feed efficiency (Pauly et al., 2009).

The genotype, body weight and sex are the main factors that influence protein deposition in pigs by modifying the lysine requirements of animals (Andersson et al., 1997). The efficiency of lysine use for protein gain is related to the concept of ideal protein (Wecke and Liebert, 2009). Therefore, when the lysine level is appropriate, the animal response will be determined by limiting essential amino acid (Kim et al., 2009).

Another additive that can improve performance and increase the production of meat is the ractopamine (Dunshea et al., 1993). Beta-adrenergic agonist of phenethanolamines group, the ractopamine is the nutritional alternative commonly used in animal production. It's acts as a nutrient partitioning, improving nitrogen retention, growth rates and deposition of muscle tissue rather than fat (Armstrong et al., 2004).

In Brazil, the production of entire male pigs had an adoption so fast that feed and nutrition strategies have not followed this trend. The demands of energy, protein and amino acids for different sexual categories are not always provided in tables of requirements. The adjustment nutritional and the use of additives in diets for entire male and immunocastrated

pigs can result in better productive responses. Therefore, the aim of this study is to evaluate the performance and carcass traits of surgically castrated, entire male and immunocastrated pigs fed with diets containing different levels of amino acids and energy with or without ractopamine.

Material and methods

The experiment was conducted at the Swine Sector of the Animal Science Department at the Federal University of Santa Maria (UFSM) in Santa Maria, RS, Brazil and approved by Internal Ethics Committee on Animal Experiments (n° 003/2011). Seventy-two pigs, surgically castrated and entire male pigs, genetically homogeneous, from trade creation, with average initial weight of 20 kg and 63 days old were used. The animals were housed in pens with concrete floor area of 4.5 m², equipped with feeder and drinker type pacifier.

The experimental design was completely randomized experimental design with four treatments: T1 - surgically castrated pigs fed control diet; T2 - entire male pigs fed control diet; T3 - entire male pigs fed control diet + 3% amino acids and energy and T4 - entire male pigs fed control diet + 5% amino acids and energy, with six replications, and three animals as an experimental unit. The relationship between amino acid: energy was maintained in all treatments. The second dose of immunocastration vaccine occurred 28 days before slaughter. At this time 5 ppm of ractopamine was added to diet of half of the experimental units for each treatment. The experimental period was 103 days.

The diets (Table 2.1) were formulated to meet the nutritional requirements of the genetic of type animals in the experimental. The ingredients were analyzed for chemical and total amino acids by HPLC (High-performance liquid chromatography). The basal diet was common to all treatments, equivalent to 90% of the total diet. The differential fraction of 10% was added later. The experimental period was divided into four phases, as the exchange of

feed. These were: initial (63-84 days old), growth (85-112 days old), finish I (112-140 days old) and finish II (140-165 days old). The finish II diet was provided 28 days before slaughter to surgically castrated and immunocastrated pigs. The diets were provided ad libitum and the animals had free access to water.

The first dose of vaccine immunocastration was applied when the entire male pigs reached average live weight of 65 kg and the second dose 28 days before slaughter. Per dose were applied 2 mL, subcutaneously, by company responsible for the vaccine. After the second dose of immunocastration vaccine the entire male pigs were considered immunocastrated pigs. Pigs were slaughtered in commercial abattoirs certified by the Ministry of Agriculture (SIF). Twenty-four animals were slaughtered (one per experimental unit) selected by experimental unit's average weight.

Performance and carcass traits were evaluated. The daily feed intake was obtained by weekly weighing of feed offered minus leftovers daily. Weight gain was obtained by weekly weighing and individual animal. Carcass length was measured from the cranial edge of the pubic symphysis to the skull-ventral edge of the atlas vertebra. The thickness of fat and muscle were measured with calipers between the tenth and eleventh rib.

For the analysis of performance variables were used PROC MIXED of SAS statistical software (SAS, 2006). The post-slaughter data were subjected to analysis of variance by General Linear Model procedure using the program Minitab 15 (MINITAB, 2007), with slaughter weight used as covariate. Differences between means were compared by Tukey test at 5% significance.

Results

The performance of surgically castrated and entire male pigs is presented in table 2.2. The daily feed intake differed ($P < 0.05$) between surgically castrated and entire male pigs

throughout the experimental period, being on average 11% lower ($P<0.05$) in entire male. Supplementation with 3 and 5% of amino acids and energy did not change ($P>0.05$) the daily feed intake of entire male pigs.

The sexual category influenced ($P<0.05$) feed conversion. The entire male pigs had improved ($P<0.05$) 16% feed conversion compared to surgically castrated. The addition of 5% amino acids and energy improved ($P<0.05$) in 3.0% feed conversion of entire male pigs in relation to animals that received the control diet. Surgically castrated and entire male pigs fed with different levels nutritional did not differ ($P>0.05$) for weight gain and body weight.

The performance and carcass characteristics of surgically castrated and immunocastrated pigs are presented in table 2.3. The immunocastrated pigs fed with control diet with ractopamine had feed intake on average 9.7% higher ($P<0.05$) than surgically castrated fed with control diet without ractopamine. The average daily weight gain was 10% higher ($P<0.05$) in immunocastrated pigs supplemented with 5% of amino acids and energy with ractopamine when compared to immunocastrated pigs fed with control diet without ractopamine. The surgically castrated pigs fed with or without ractopamine had weight gain 15% lower ($P<0.05$) than immunocastrated fed with control diet without ractopamine.

The feed conversion in the last 28 days before slaughter was better ($P<0.05$) in immunocastrated pigs fed with control diet supplemented with 5% of amino acids and energy with ractopamine. The feed conversion of immunocastrated pigs fed with control diet improved ($P<0.05$) 13% compared to surgically castrated, independent with or without addition of ractopamine in the diet. Supplementation the diet with amino acids and energy to immunocastrated pigs improved ($P<0.05$) feed conversion. Body weight was not influenced ($P>0.05$) by sexual category and supplementation with amino acids, energy and ractopamine. There were no differences ($P>0.05$) for carcass length and thickness of muscle and fat from surgically castrated and immunocastrated pigs fed different levels nutritional.

Discussion

The entire male pigs have better feed efficiency for the anabolic action of estrogens and androgens testicular (Bowen et al., 2006). Androgens stimulate the appetite and favor the retention of nitrogen, improving feed conversion rates (Davis and Squires, 1999). This increased nitrogen retention requires higher levels of lysine in the diet. What leads to increased protein deposition in finishing animals, since the balance of amino acids improves the efficiency of energy utilization for deposition of lean meat (Kim et al., 2009).

The lower feed intake of the entire male pigs may be related to increased physical activity, because they spend less time eating and increase the time mounting, especially between the first and second dose of vaccine immunocastration (Cronin et al., 2003). The high feed intake observed in surgically castrated pigs can be explained by effect of leptin, it was demonstrated by the genetic positive correlation between residual intake and plasma leptin concentration (Hoque et al., 2009). After the second dose of vaccine immunocastration, increased feed intake by immunocastrated pigs favors the growth of animals, meat deposition and improves the deposition of intramuscular fat (Oliver et al., 2003).

The weight gain of entire male pigs may be higher (Dunshea et al., 2001), similar (Sinclair et al., 2005) or lower (Pauly et al., 2008) to surgically castrated. This variability can be explained by factors such as gender, genotype, nutrition and anabolic agents of testicular origin (Weis et al., 2004; Pauly et al., 2010). These factors stimulate muscle growth and nitrogen retention in entire male (Oliver et al., 2003).

From a nutritional standpoint, the pattern of muscle deposition in swine can be changed based on gender, genetics, energy intake and level, protein level, amino acid profile, environmental temperature, among others (Wecke and Liebert, 2009). Supplementation with amino acids to entire male pigs improves the production of lean meat and reduced feed intake

(Kerr et al., 2003). Differences observed between entire male pigs supplemented or not with amino acids can be explained by lower thermogenesis associated with protein metabolism, common in diets supplemented with free amino acids (Van Milgen et al., 2000).

The age of the animals in vaccination determines the period in which they can profit the anabolic potential of the entire male (Skrlep et al., 2010). Pigs that responded to early vaccination, after the first immunocastration have higher backfat thickness and muscle thickness reduced, similar to the surgically castrated. For those who respond late, after the second immunocastration, show similar to entire male (Turkstra et al., 2002). The comparison of different sexual categories shows differences in backfat and muscle thickness between surgically castrated and entire male pigs, but not between surgically castrated and immunocastrated (Gispert et al., 2010). In this study, immunocastrated pigs show backfat and muscle thickness similar to surgically castrated.

Several studies (Dunshea et al., 1993; See et al., 2004; Rikard-Bell et al., 2009) evaluated the effect of inclusion of ractopamine in the diet according to sex of pigs. In general, the inclusion of ractopamine in the diet of surgically castrated and females resulted in growth increased and feed intake similar. However, when relating the performance of entire male and surgically castrated pigs, it appears that ractopamine increases weight gain in surgically castrated, but not in entire male (Dunshea et al., 1993). These results may indicate that, entire male that immunocatrated pigs may not answer to the inclusion of ractopamine in the diet.

The action of ractopamine may be restricted by lysine levels especially in pigs selected for deposition of lean meat (Armstrong et al., 2004). Lysine is responsible for the synthesis of protein and after deposition of muscle tissue. However, an excess of lysine can restrict the benefits provided by beta-adrenergics. Amino acids compete with beta-adrenergics for

absorption sites and catabolism of excess amino acids causes increased protein synthesis (Almeida et al., 2010).

The immunocastration allows the creation of entire male pigs and enables the use of natural anabolic effects produced in the testes throughout the productive life. These compounds, already present in the animal are metabolized before immunocastration allowing the slaughter of pigs heavier. After the last vaccination, the pigs have an increased feed intake and better growth rate. The use of diets supplemented with amino acids improves the feed efficiency of entire male pigs but the use of ractopamine does not affect performance.

Conclusions

Entire male pigs have lower feed intake and better feed conversion than surgically castrated. Supplementation with 5% amino acids and energy improves feed conversion, before and after immunocastration. The ractopamine does not affect the performance and characteristics of post-slaughter of surgically castrated and immunocastrated pigs fed diets containing different levels nutritional.

Acknowledgements

To National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), to the Coordination of Personnel Improvement of Higher Education (Capes) and enterprises Adisseo, Brasil Foods and Pfizer for the infrastructure to perform the work and partial funding of the project.

References

- Almeida, E.C., Fialho, E.T., Rodrigues, P.B., Zangeronimo, M.G., Lima, J.A.F., Fontes, D.O., 2010. Ractopamine and lysine levels on performance and carcass characteristics of finishing pigs. **Rev. Bras. Zoot.**, 39, 1961-1968.
- Andersson, K., Schaub, A., Andersson, K., Lundström, K., Thomke, S., Hansson, I., 1997. The effects of feeding system, lysine level and gilt contact on performance, skatole levels and economy of entire male pigs. **Livest. Prod. Sci.**, 51, 131-140.
- Armstrong, T.A., Ivers, D.J., Wagner, J.R., Anderson, D.B., Weldon, W.C., Berg, E.P., 2004. The effect of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. **J. Anim. Sci.**, 82, 3245-3253.
- Bowen, A., Khan, S., Berghman, L., Kirby, J.D., Wettemann, R.P., Vizcarra, J.A., 2006. Immunization of pigs against chicken gonadotropin-releasing hormone-II and lamprey gonadotropin-releasing hormone-III: Effects on gonadotropin secretion and testicular function. **J. Anim. Sci.**, 84, 2990-2999.
- Cronin, G., Dunshea, F., Butler, K., McCauley, I., Barnett, J., Hemsworth, P., 2003. The effects of immuno- and surgical-castration on the behaviour and consequently growth of group-housed, male finisher pigs. **Appl. Anim. Behav. Sci.**, 81, 111-126.
- Davis, S.M., Squires, E.J., 1999. Association of cytochrome b5 with 16-androstene steroid synthesis in the testis and accumulation in the fat of male pigs. **J. Anim. Sci.**, 77, 1230-1235.
- Dunshea, F.R., Colantoni, C., Howard, K., McCauley, I., Jackson, P., Long, K.A., Lopaticki, S., Nugent, E.A., Simons, J.A., Walker, J., Hennessy, D.P., 2001. Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. **J. Anim. Sci.**, 79, 2524-2535.

- Dunshea, F.R., King, R.H., Campbell, R.G., Sainz, R.D., Kim, Y.S., 1993. Interrelationships between sex and ractopamine on protein and lipid deposition in rapidly growing pigs. **J. Anim. Sci.**, 71, 2919-2930.
- Gispert, M., Àngels Oliver, M., Velarde, A., Suarez, P., Pérez, J., Font i Furnols, M., 2010. Carcass and meat quality characteristics of immunocastrated male, surgically castrated male, entire male and female pigs. **Meat Sci.**, 85, 664-670.
- Hoque, M.A., Katoh, K., Suzuki, K., 2009. Genetic associations of residual feed intake with serum insulin-like growth factor-I and leptin concentrations, meat quality, and carcass cross sectional fat area ratios in Duroc pigs. **J. Anim. Sci.**, 87, 3069-3075.
- Kerr, B.J., Yen, J.T., Nienaber, J.A., Easter, R.A., 2003. Influences of dietary protein level, amino acid supplementation and environmental temperature on performance, body composition, organ weights and total heat production of growing pigs. **J. Anim. Sci.**, 81, 1998-2007.
- Kim, B.G., Petersen, G.I., Hinson, R.B., Allee, G.L., Stein, H.H., 2009. Amino acid digestibility and energy concentration in a novel source of high-protein distillers dried grains and their effects on growth performance of pigs. **J. Anim. Sci.**, 87, 4013-4021.
- MINITAB, 2007. **Minitab Inc.**, Versão 15. 15.1.
- Noblet, J., Le Bellego, L., Milgen, J.V., Dubois, S., 2001. Effects of reduced dietary protein level and fat addition on heat production and nitrogen and energy balance in growing pigs. **Anim. Res.**, 50, 227-238.
- Oliver, W.T., McCauley, I., Harrell, R.J., Suster, D., Kerton, D.J., Dunshea, F.R., 2003. A gonadotropin-releasing factor vaccine (Improvac) and porcine somatotropin have synergistic and additive effects on growth performance in group-housed boars and gilts. **J. Anim. Sci.**, 81, 1959-1966.

- Pauly, C., Spring, P., O'Doherty, J.V., Kragten, S.A., Bee, G., 2008. Performances, meat quality and boar taint of castrates and entire male pigs fed a standard and a raw potato starch-enriched diet. **Animal.**, 2, 1707-1715.
- Pauly, C., Spring, P., O'Doherty, J.V., Kragten, S.A., Bee, G., 2009. Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically castrated, immunocastrated (Improvac^R) and entire male pigs and individually penned entire male pigs. **Animal.**, 3, 1057-1066.
- Pauly, C., Spring-Staehli, P., O'Doherty, J.V., Kragten, S.A., Dubois, S., Messadene, J., Bee, G., 2010. The effects of method of castration, rearing condition and diet on sensory quality of pork assessed by a trained panel. **Meat Sci.**, 86, 498-504.
- Rikard-Bell, C., Curtis, M.A., Van Barneveld, R.J., Mullan, B.P., Edwards, A.C., Gannon, N.J., Henman, D.J., Hughes, P.E., Dunshea, F.R., 2009. Ractopamine hydrochloride improves growth performance and carcass composition in immunocastrated boars, intact boars, and gilts. **J. Anim. Sci.**, 87, 3536-3543.
- SAS, 2006. **The SAS System.** Cary, NC, USA.
- 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. **J. Anim. Sci.**, 82, 2474-2480.
- Sinclair, P., Hancock, S., Gilmore, W., Squires, E., 2005. Metabolism of the 16-androstene steroids in primary cultured porcine hepatocytes. **J. Steroid. Biochem. Mol. Biol.**, 96, 79-87.
- Skrlep, M., Segula, B., Prevolnik, M., Kirbis, A., Fazarinc, G., Potokar, M.C. 2010. Effect of immunocastration (Improvac[®]) in fattening pigs II: carcass traits and meat quality. **Slov. Vet. Res.**, 47, 65-72.

- Turkstra, J.A., Zeng, X.Y., Van Diepen, J.T.M., Jongbloed, A.W., Oonk, H.B., Van de Wiel, D.F.M., Melen, R.H., 2002. Performance of male pigs immunized against GnRH is related to the time of onset of biological response. **J. Anim. Sci.**, 80, 2953-2959.
- Van Milgen, J., Quiniou, N., Noblet, J., 2000. Modeling the relation between energy intake and protein and lipid deposition in growing pigs. **J. Anim. Sci.**, 71, 119-130.
- Wecke, C., Liebert, F., 2009. Lysine requirement studies in modern genotype barrows dependent on age, protein deposition and dietary lysine efficiency. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.**, 93, 295-304.
- Weis, R.N., Birkett, S.H., Morel, P.C.H., Lange, C.F.M., 2004. Effects of energy intake and body weight on physical and chemical body composition in growing entire male pigs. **J. Anim. Sci.**, 82, 109-121.
- Zamaratskaia, G., Andersson, H., Chen, G., Andersson, K., Madej, A., Lundström, K., 2008. Effect of a gonadotropin-releasing hormone vaccine (ImprovacTM) on steroid hormones, boar taint compounds and performance in entire male pigs. **Reprod. Domest. Anim.**, 43, 351-359.

Table 2.1 Ingredients, chemical composition and ratio of amino acid/energy and ratio of amino acid/amino acid of the experimental diets

	Initial			Growth			Finish		
	CD	CD + 3%AA	CD + 5%AA	CD	CD + 3%AA	CD + 5%AA	CD	CD + 3%AA	CD + 5%AA
Ingredients (%)									
Basal diet	100.0	94.00	89.00	100.0	94.00	90.00	100.0	95.00	90.00
Corn	-	0.40	1.39	-	0.55	0.88	-	0.06	1.35
Soybean meal 48%	-	3.41	5.89	-	3.29	5.52	-	2.81	5.08
Soybean oil	-	2.08	3.48	-	2.05	3.44	-	2.05	3.42
Dicalcium phosphate	-	0.10	0.20	-	0.10	0.15	-	0.07	0.14
Methionine (HMTBA 88%)	-	0.01	0.02	-	0.01	0.01	-	0.01	0.01
Lysine (L-lysina HCl 99%)	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-
Threonine (L-threonine 98%)	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Chemical composition (base NM)									
CP, %	18.50	19.06	19.43	18.10	18.64	19.01	17.00	17.51	17.85
ME, kcal/kg	3300	3399	3465	3300	3398	3465	3300	3399	3465
Calcium, %	0.70	0.70	0.69	0.70	0.69	0.68	0.60	0.60	0.59
Phosphorus avail., %	0.40	0.40	0.40	0.30	0.30	0.30	0.25	0.26	0.26
Arginine, %	1.18	1.23	1.26	1.14	1.19	1.23	1.06	1.11	1.13
Lysina, %	1.14	1.17	1.20	1.07	1.11	1.12	0.98	1.01	1.03
Methionine, %	0.34	0.35	0.36	0.34	0.35	0.36	0.30	0.32	0.32
MET + CYS, %	0.65	0.67	0.68	0.65	0.67	0.68	0.59	0.61	0.61
Tryptoplan, %	0.21	0.22	0.23	0.20	0.21	0.22	0.18	0.19	0.19
Threonine, %	0.75	0.77	0.79	0.73	0.75	0.77	0.67	0.68	0.70
Valine, %	0.86	0.89	0.91	0.84	0.87	0.89	0.79	0.81	0.83
Ratio AA/ME (g/Mcal) e AA/AA (g/g)									
CP/ME	56.06	56.08	56.08	54.85	54.86	54.86	51.52	51.52	51.52
LYS/ME	3.45	3.44	3.46	3.24	3.27	3.23	2.96	2.97	2.97
MET/ME	1.03	1.03	1.04	1.03	1.03	1.04	0.92	0.94	0.92
THR/ME	2.27	2.27	2.28	2.21	2.21	2.22	2.02	2.00	2.02
LYS/MET	3.35	3.34	3.33	3.15	3.17	3.11	3.23	3.16	3.22
LYS/THR	1.52	1.52	1.52	1.47	1.48	1.45	1.47	1.49	1.47

CD: Control diet; AA: Amino acids; NM: Natural matter; CP: Crude protein; ME: Metabolizable energy; MET: Methionine; CYS: Cystine; LYS: Lysine; THR: Threonine.

Table 2.2 Performance of surgically castrated and entire male pigs fed with different levels of amino acids and energy

	Period, days old	Treatments			
		CD - SC	CD - EM	CD + 3%AA - EM	CD + 5%AA - EM
Feed intake, kg·day ⁻¹	63-84	1.61	1.54	1.52	1.47
	85-112	2.36 ^a	2.08 ^b	2.01 ^b	1.93 ^b
	113-140	3.19 ^a	2.78 ^b	2.72 ^b	2.56 ^b
	Average	2.46 ^a	2.18 ^b	2.13 ^b	2.03 ^b
Weight gain, kg·day ⁻¹	63-84	0.95	0.94	0.96	0.94
	85-112	1.06	1.08	1.06	1.03
	113-140	1.08	1.23	1.23	1.16
	Average	1.04	1.09	1.09	1.05
Feed conversion	63-84	1.71 ^a	1.67 ^{ab}	1.60 ^b	1.57 ^b
	85-112	2.26 ^a	1.95 ^b	1.94 ^b	1.90 ^b
	113-140	2.84 ^a	2.26 ^b	2.21 ^b	2.23 ^b
	Average	2.34 ^a	1.99 ^b	1.95 ^{bc}	1.93 ^c
Body weight, kg	63	20.44	20.44	20.44	20.44
	85	40.39	40.20	40.58	40.26
	113	70.07	70.34	70.18	69.11
	140	96.23	104.88	104.69	101.57

^{a,b}different letters on the same line differ by Tukey Test (P<0.05); Probability ProcMixed – Feed intake: Treatment (T) = 0.005; Period (P) < 0.0001; T*P = 0.008; epr = 0.07; Weight gain: Treatment (T) = 0.46; Period (P) < 0.0001; T*P = 0.26; epr = 0.03; Feed conversion: Treatment (T) < 0.0001; Period (P) < 0.0001; T*P < 0.0001; epr = 0.02; Body weight: Treatment (T) = 0.74; Period (P) < 0.0001; T*P = 0.59; epr = 1.66;
CD: Control diet; SC: Surgically castrated; EM: Entire male; AA: Amino acids.

Table 2.3 Performance and carcass traits of surgically castrated and immunocastrated pigs fed with different levels of amino acids and energy with or without ractopamine

	Treatments							
	CD - SC		CD - IM		CD + 3%AA - IM		CD + 5%AA - IM	
	Without RAC	With RAC	Without RAC	With RAC	Without RAC	With RAC	Without RAC	With RAC
Performance ⁽¹⁾								
Feed intake, kg·day ⁻¹	3.17 ^b	3.24 ^{ab}	3.34 ^{ab}	3.51 ^a	3.41 ^{ab}	3.41 ^{ab}	3.32 ^{ab}	3.24 ^{ab}
Weight gain, kg·day ⁻¹	0.99 ^c	0.99 ^c	1.17 ^b	1.26 ^{ab}	1.25 ^{ab}	1.27 ^{ab}	1.27 ^{ab}	1.30 ^a
Feed conversion	3.25 ^a	3.26 ^a	2.86 ^b	2.81 ^b	2.77 ^b	2.71 ^{bc}	2.62 ^{bc}	2.49 ^c
Body weight initial, kg	89.0	102.3	104.5	105.2	104.9	104.4	100.5	102.7
Body weight final, kg	122.7	128.2	134.8	137.4	136.9	137.0	133.4	136.5
Carcass traits ⁽²⁾								
Carcass length, cm	72.9	75.6	76.7	75.4	77.3	76.7	76.2	77.1
Thickness of muscle, cm	5.72	6.66	5.74	6.49	6.31	6.11	5.33	6.41
Thickness of fat, cm	2.15	2.01	1.49	1.78	1.78	1.64	1.99	1.67

^{a,b}different letters on the same line differ by Tukey Test (P<0.05); ⁽¹⁾Probability ProcMixed – Feed intake: Treatment (T) = 0.35; Period (P) < 0.0001; T*P < 0.0001; epr = 1.03; Weight gain: Treatment (T) < 0.0001; Period (P) < 0.0001; T*P = 0.004; epr = 0.04; Feed conversion: Treatment (T) < 0.0001; Period (P) = 0.001; T*P = 0.16; epr = 0.09; Body weight: Treatment (T) = 0.28; Period (P) < 0.0001; T*P = 0.11; epr = 5.70; ⁽²⁾Probability ANOVA, slaughter weight used as covariate, adjusted means (LSMeans) - Carcass length: P = 0.60; epr = 2.33; Thickness of muscle: P = 0.07; epr = 0.46; Thickness of fat: P = 0.47; epr = 0.36;

CD: Control diet; SC: Surgically castrated; IM: Immunocastrated; RAC: Ractopamine; AA: Amino acids.

3 CAPÍTULO III
PÓS-ABATE DE SUÍNOS MACHOS CASTRADOS E
IMUNOCASTRADOS ALIMENTADOS COM DIFERENTES NÍVEIS
NUTRICIONAIS

Este capítulo é apresentado de acordo com as normas para publicação na *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. O artigo foi submetido para publicação em 07 de Novembro de 2011.

Pós-abate de suínos machos castrados e imunocastrados alimentados com diferentes níveis nutricionais

Eloiza Lanferdini⁽¹⁾, Paulo Alberto Lovatto⁽¹⁾, Raquel Melchior⁽¹⁾, Cristieli Carolina Klein⁽¹⁾,
Jomara Broch⁽¹⁾ e Gerson Guarez Garcia⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Zootecnia, Avenida Roraima, N° 1.000, Bairro Camobi CEP 97105-900 Santa Maria, RS.

E-mail: eloiza_lanferdini@yahoo.com.br, lovatto@smail.ufsm.br,
raquelmelchior@gmail.com, KristiKarol@gmail.com, brochjomara@yahoo.com.br,
ggg@smail.ufsm.br.

Resumo – O trabalho foi realizado para avaliar o pós-abate de suínos machos castrados e imunocastrados alimentados com dietas contendo diferentes níveis nutricionais. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com oito tratamentos (T1-suínos machos castrados alimentados com dieta controle; T2-machos castrados alimentados com dieta controle+ractopamina; T3-machos imunocastrados alimentados com dieta controle; T4-machos imunocastrados alimentados com dieta controle+ractopamina; T5-machos imunocastrados alimentados com dieta controle+3% aminoácidos e energia; T6-machos imunocastrados alimentados com dieta controle+3% aminoácidos e energia+ractopamina; T7-machos imunocastrados alimentados com dieta controle+5% aminoácidos e energia e T8-machos imunocastrados alimentados com dieta controle+5% aminoácidos e energia+ractopamina). Os suínos machos imunocastrados suplementados com 5% de aminoácidos e energia apresentaram peso de abate 12% superior ($P<0,05$) aos machos castrados alimentados com a dieta controle sem ractopamina. Quando não suplementados com ractopamina, os suínos machos imunocastrados apresentaram rendimento de carcaça fria em média 5,4% inferior ($P<0,05$) aos machos castrados. Suínos machos imunocastrados

suplementados com 5% de aminoácidos e energia com ractopamina apresentaram barriga e costela mais ($P<0,05$) pesados e valor superior ($P<0,05$) da coloração b^* (amarelo-azul) da carne às 24 horas. Suínos machos imunocastrados suplementados com 5% de aminoácidos e energia têm melhor peso de abate, peso e rendimento de barriga e costela.

Termos para indexação: carcaça, carne, energia, proteína, suinocultura, β -adrenérgicos.

Post-slaughter surgically castrated and immunocastrated pigs fed different nutritional levels

Abstract – The study was carried out to evaluate the post-slaughter surgically castrated and immunocastrated pigs fed with different nutritional levels. The animals were distributed in a completely randomized experimental design with eight treatments (T1-surgically castrated pigs fed with control diet; T2-surgically castrated pigs fed with control diet+ractopamine; T3-immunocastrated pigs fed with control diet; T4-immunocastrated pigs fed with control diet+ractopamine; T5-immunocastrated pigs fed with control diet+3% amino acids and energy; T6-immunocastrated pigs fed with control diet+3% amino acids and energy+ractopamine; T7-immunocastrated pigs fed with control diet+5% amino acids and energy; T8-immunocastrated pigs fed with control diet+5% amino acids and energy+ractopamine). The immunocastrated pigs supplemented with 5% of amino acids and energy had slaughter weight 12% higher ($P<0.05$) than surgically castrated fed control diet without ractopamine. When don't supplemented with ractopamine, the immunocastrated pigs had carcass yield 5.4% lower ($P<0.05$) than surgically castrated. Immunocastrated pigs supplemented with 5% of amino acid and energy with ractopamine had higher ($P<0.05$) weight of the belly and rib and superior value ($P<0.05$) in color b^* (yellow-blue) of meat at 24 hours. Immunocastrated pigs supplemented with 5% of amino acids and energy improve slaughter, belly and ribs weight and belly and ribs yield.

Index terms: carcass, energy, protein, meat, swine production, β -adrenergic.

Introdução

As atuais expectativas do mercado suinícola estão relacionadas com a melhora da produtividade e na qualidade da carne, associadas à rentabilidade. Nesse contexto, a produção de suínos machos inteiros tem-se mostrado uma prática bastante atrativa, principalmente sob o ponto de vista econômico. A categoria tem maior potencial genético para deposição proteica e melhor eficiência alimentar (Pauly et al., 2009). Porém, os problemas relacionados ao odor na carcaça ainda tornam a castração cirúrgica a forma mais prática para a eliminação desse fator. Este procedimento é doloroso e estressante aos animais e causa atrasos no crescimento (Prunier et al., 2006). Destaca-se assim, a imunocastração como uma alternativa. A técnica consiste na vacinação dos animais com uma forma modificada de GnRH conjugada à uma proteína, que induz a formação de anticorpos anti-GnRH (Zamaratskaia et al., 2008).

O genótipo, peso corporal e sexo são fatores que influenciam a eficiência de deposição de proteína nos suínos e, conseqüentemente, a exigência de lisina dos animais. A lisina é o aminoácido mais limitante para a deposição de carne magra na carcaça de suínos (Andersson et al., 1997). Sendo que a resposta dos animais é afetada pelo balanço ideal dos aminoácidos essenciais (Kim et al., 2009). Portanto, o ajuste da lisina e demais aminoácidos da dieta às exigências dos animais pode resultar em melhor eficiência alimentar e em carne de melhor qualidade.

A ractopamina é uma alternativa nutricional comumente utilizada na produção animal. Agonista β -adrenérgico do grupo das fenetanolaminas, a ractopamina é uma substância exógena que altera a partição dos nutrientes para deposição muscular e de gordura (Armstrong et al., 2004). Apesar do amplo uso em nutrição animal, pouco é conhecido sobre as implicações da ractopamina como aditivo melhorador das características de carcaça e

qualidade de carne, especialmente no que diz respeito à sua interação com outras categorias sexuais.

No Brasil, a produção de suínos machos imunocastrados foi rapidamente adotada e as estratégias nutricionais e alimentares não acompanharam essa evolução. As exigências de energia, proteína bruta e aminoácidos para diferentes categorias sexuais nem sempre são fornecidas em tabelas de exigências. Portanto, é necessário estabelecer os níveis adequados para suínos de acordo com o seu potencial genético e verificar seu efeito sobre a produtividade e qualidade de carne.

O objetivo deste trabalho é avaliar o peso e rendimento da carcaça e dos cortes e a qualidade da carne de suínos machos castrados e imunocastrados alimentados com dietas contendo diferentes níveis de aminoácidos e energia com ou sem ractopamina.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Setor de Suínos do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria e aprovado pelo Comitê Interno de Ética em Experimentação Animal (nº 003/2011). Foram utilizados 72 suínos, machos castrados e inteiros, homogêneos geneticamente, oriundos de criação comercial, com peso médio inicial de 20 kg e 63 dias de idade. Os animais foram alojados em baias de piso concreto com área de 4,5 m² por animal, equipadas com comedouro e bebedouro.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com oito tratamentos: T1 - suínos machos castrados alimentados com dieta controle; T2 - suínos machos castrados alimentados com dieta controle + 5 ppm de ractopamina; T3 - suínos machos imunocastrados alimentados com dieta controle; T4 - suínos machos imunocastrados alimentados com dieta controle + 5 ppm de ractopamina; T5 - suínos machos imunocastrados alimentados com dieta controle + 3% aminoácidos e energia; T6 - suínos machos imunocastrados alimentados com

dieta controle + 3% aminoácidos e energia + 5 ppm de ractopamina; T7 - suínos machos imunocastrados alimentados com dieta controle + 5% aminoácidos e energia e T8 - suínos machos imunocastrados alimentados com dieta controle + 5% aminoácidos e energia + 5 ppm de ractopamina, com três repetições de três animais cada. A relação aminoácidos: energia foi mantida em todos os tratamentos. A ractopamina foi adicionada nos últimos 28 dias pré-abate, após a aplicação da segunda dose da vacina de imunocastração.

As dietas (Tabela 3.1) foram formuladas a fim de atender as exigências nutricionais do tipo genético dos animais do experimento. Os ingredientes foram analisados bromatologicamente e para aminoácidos totais, pela técnica HPLC (High-performance liquid chromatography). A ração basal comercial foi comum a todos os tratamentos, equivalente a 90% da ração total. A fração diferencial de 10% foi adicionada posteriormente. A ração foi fornecida a vontade e os animais tiveram livre acesso à água. Os animais receberam a dieta por 103 dias.

A primeira dose da vacina de imunocastração foi aplicada quando os suínos machos inteiros atingiram peso vivo médio de 65 kg e a segunda dose 28 dias antes do abate. Foram aplicados 2 mL por dose, via subcutânea, por técnico da empresa responsável pela vacina. Os suínos foram abatidos em abatedouro comercial certificado pelo Ministério da Agricultura (SIF). Para coleta de dados pós-abate foram selecionados 24 animais (um/unidade experimental). O critério de escolha foi o animal com peso médio na unidade experimental.

As variáveis medidas foram: rendimento e peso de carcaça quente e fria (sem cabeça) e de cortes (cabeça, pernil, paleta, barriga, costela, carré, lombo, papada, filé), pH, perda de peso e cor da carne. No coxão mole foram medidos o pH aos 45min, 24 e 48h; perda de peso às 24 e 48h e cor aos 45min e 24 horas. A cor foi analisada com colorímetro portátil Minolta. Os componentes L^* (luminosidade), a^* (vermelho-verde) e b^* (amarelo-azul) foram expressos no sistema de cor CIELAB (MINOLTA, 1998). Os dados foram submetidos à

análise de variância pelo procedimento General Linear Model do programa Minitab 15 (MINITAB, 2007), sendo o peso de abate utilizado como covariável. As diferenças entre as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância.

Resultados e discussão

Os suínos machos imunocastrados suplementados com 5% de aminoácidos e energia apresentaram peso de abate 12% superior ($P<0,05$) aos machos castrados alimentados com a dieta controle sem ractopamina (Tabela 3.2). Quando não suplementados com ractopamina, os suínos imunocastrados apresentaram peso e rendimento de carcaça fria em média 5,4% inferior ($P<0,05$) aos machos castrados.

A imunocastração reduz a agressão e o comportamento sexual e aumenta o consumo de ração favorecendo o crescimento dos animais, a deposição de carne e melhorando a deposição de gordura intramuscular (Oliver et al., 2003). Já o balanço ideal dos aminoácidos melhora a eficiência de utilização de energia para deposição de carne magra (Kim et al., 2009). Porém, os pesos adicionais do trato reprodutivo e do trato digestivo proporcionado pelo aumento da ingestão de alimentos após a imunocastração são responsáveis pelo baixo rendimento de carcaça fria dos suínos machos imunocastrados (Dunshea et al., 2001).

Suínos machos imunocastrados alimentados com a dieta controle + 5% de aminoácidos e energia com ractopamina apresentaram barriga mais ($P<0,05$) pesada (Tabela 3.2). Porém, o melhor ($P<0,05$) rendimento de barriga foi observado nos machos imunocastrados suplementados com 5% de aminoácidos e energia sem ractopamina. Quando alimentados com a dieta controle sem ractopamina, os suínos machos castrados apresentaram peso de costela 30% inferior ($P<0,05$) aos machos imunocastrados. Já os suínos imunocastrados alimentados com 5% a mais de aminoácidos e energia com adição de ractopamina apresentaram peso de costela 33% superior ($P<0,05$) aos machos castrados sem

adição de ractopamina na dieta. O pior ($P < 0,05$) rendimento de costela foi observado nos suínos machos castrados alimentados com a dieta controle sem ractopamina. Para peso e rendimento de cabeça, pernil, paleta, carré, lombo, papada e filé não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) entre os tratamentos.

Vários fatores influenciam a taxa de crescimento dos suínos, tais como, os níveis de proteína, aminoácidos e a ingestão de energia para cada categoria sexual (Van Milgen et al., 2000). Uma vez que a suplementação com aminoácidos diminui o consumo de alimento e melhora a deposição de carne magra (Kerr et al., 2003). A lisina é o aminoácido mais limitante na deposição de proteína pelos suínos em crescimento. Em virtude de sua constância na proteína corporal e de sua destinação metabólica preferencial para a deposição de tecido magro (Andersson et al., 1997). Animais com alto potencial de produção, como os suínos machos imunocastrados, que têm deposição de carne magra elevada, podem apresentar melhores respostas quando alimentados com dietas contendo elevados níveis de nutrientes.

A composição da carcaça varia entre suínos machos castrados e imunocastrados. A imunocastração melhora o conteúdo de carne magra e reduz a espessura de toucinho, sem afetar o peso e rendimento dos principais cortes como lombo, pernil e paleta (Fuchs et al., 2009). A semelhança no peso de pernil e paleta entre as categorias sexuais pode ser explicada pelo crescimento compensatório dos suínos machos imunocastrados em comparação com os castrados, no final da fase de terminação (Pauly et al., 2009). O crescimento compensatório antes do abate é acompanhado por um aumento no potencial proteolítico (M-calpaína: calpastatina) e maior taxa de maciez (Kristensen et al., 2002; Bee et al., 2006).

Um dos efeitos mais conhecidos da ractopamina em suínos é o incremento da massa muscular com aumento da quantidade de carne magra na carcaça (See et al., 2004). Uma das explicações é que este composto liga-se aos receptores de membranas e dispara uma série de eventos que levam ao aumento no diâmetro das fibras musculares, mais especificamente das

fibras brancas e intermediárias (Aalhus et al., 1992). É observado maior porcentagem de carne nos principais cortes comerciais de suínos machos castrados em terminação alimentados com dietas suplementadas com ractopamina (Schinckel et al., 2003; Carr et al., 2005).

Em nosso trabalho, a adição de ractopamina não influenciou o peso e rendimento dos cortes de suínos machos castrados e imunocastrados. De uma maneira geral, constata-se que a ractopamina propicia respostas semelhantes em termos de crescimento e deposição de tecido muscular na carcaça, tanto em machos castrados como em fêmeas (Uttaro et al., 1993), mas não apresenta o mesmo comportamento nos machos inteiros (Dunshea et al., 1993). Esses resultados podem indicar que, assim como os suínos machos inteiros, os machos imunocastrados podem não responder à inclusão de ractopamina na dieta.

Não houve diferenças ($P>0,05$) para pH e quebra de peso na carne de suínos machos castrados e imunocastrados alimentados com diferentes níveis nutricionais (Tabela 3.3). Diferenças nas características de carcaça e na qualidade da carne entre suínos machos castrados e imunocastrados dependem de uma série de fatores, como genética, nutrição e alojamento (Bonneau, 1998). Devido ao comportamento dos suínos machos imunocastrados, maior nível de agressividade e atividade física, é indicado na literatura que as reservas de glicogênio muscular podem reduzir, afetando o pH e a qualidade da carne desse tipo de animal (Cronin et al., 2003). Porém, isso não foi observado no presente estudo.

Suínos machos imunocastrados suplementados com 5% de aminoácidos e energia com ractopamina apresentaram valor superior ($P<0,05$) da coloração b^* (amarelo-azul) na carne às 24h em relação aos machos castrados alimentados com dieta controle e aos imunocastrados suplementados com 3% de aminoácidos e energia sem adição de ractopamina (Tabela 3.3). A ractopamina não influenciou ($P>0,05$) a qualidade de carne de suínos machos castrados e imunocastrados alimentados com diferentes níveis nutricionais.

Os resultados de qualidade de carne mostram a influência dos tratamentos nos parâmetros de cor, porém essa diferença não é detectada pelo olho humano e os valores de coloração são considerados bons. A carne de suínos machos castrados e imunocastrados pode diferir sobre os teores de amarelo (Skrlep et al., 2010). As alterações no teor de amarelo podem ser um indicativo de mudanças na composição de ácidos graxos da gordura intramuscular (Joo et al., 2002). O tecido adiposo de suínos machos inteiros tem um menor teor de lipídeos e o grau de insaturação é maior do que nos machos castrados (Pauly et al., 2008). Através da variação na espessura de toucinho, pode-se supor que a composição de ácidos graxos de suínos machos imunocastrados deve ser intermediária entre machos inteiros e castrados (Gispert et al., 2010).

A ação da ractopamina sobre as características que determinam a qualidade da carcaça depende da linhagem de suínos usada, da quantidade desse aditivo e do tempo de fornecimento (Bridi et al., 2006). O uso de ractopamina em dietas para suínos não afeta de forma consistente as medidas de qualidade de carne, como perda de peso por gotejamento e pH final (Carr et al., 2005; Bridi et al., 2006). Especificamente a adição de 5 e 10 ppm de ractopamina não altera a coloração da carne (Aalhus et al., 1992). No entanto, há relatos de reduções sobre os teores de vermelho e amarelo (Uttaro et al., 1993; Carr et al., 2005). Estes resultados são desejáveis, já que o uso de ractopamina na alimentação de suínos não afeta os altos padrões de qualidade de carne dentro da indústria suína.

A proposta da imunocastração é manter as vantagens produtivas dos suínos machos inteiros na maior parte da vida do animal e apenas algumas semanas antes do abate perdê-las, para diminuir as concentrações de androstenona e escatol a níveis aceitáveis. A ractopamina e outras fenetanolaminas aumentam a porcentagem de carne de suínos machos castrados, porém, não apresentam o mesmo comportamento nos suínos machos imunocastrados. O aumento do consumo de ração após a segunda dose da vacina de imunocastração pode ser

responsável pelo ganho compensatório, resultando em cortes com pesos semelhantes entre machos castrados e imunocastrados. Portanto, as respostas nas características de carcaça e qualidade de carne foram pouco afetadas pela imunocastração. A suplementação com 5% aminoácidos e energia nas dietas para suínos machos imunocastrados aumentou o peso de abate e o peso de barriga e costela.

Conclusões

1. Suínos machos castrados têm peso e rendimento de carcaça fria superior aos machos imunocastrados.
2. Suínos machos imunocastrados suplementados com 5% de aminoácidos e energia têm melhor peso e rendimento de barriga e costela. Porém, não diferem para peso e rendimento de cabeça, pernil, paleta, carré, lombo, papada e filé.
3. A coloração b^* (amarelo-azul) na carne 24h pós-abate é superior nos suínos machos imunocastrados suplementados com 5% de aminoácidos e energia com ractopamina.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Produtividade em Pesquisa de Paulo Alberto Lovatto. À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelas bolsas de mestrado de Eloiza Lanferdini e Raquel Melchior. Às empresas Adisseo e Pfizer pela infraestrutura para realização do trabalho e financiamento parcial do projeto.

Referências

AALHUS, J.L.; SCHAEFER, A.L.; MURRAY, A.C.; JONES, S.D.M. The effect of ractopamine on myofibre distribution and morphology and their relation to meat quality in swine. **Meat Science**, v.31, n.4, p.397-409, 1992.

ANDERSSON, K.; SCHAUB, A.; ANDERSSON, K.; LUNDSTROM, K.; THOMKE, S.; HANSSON, I. The effects of feeding system, lysine level and gilt contact on performance, skatole levels and economy of entire male pigs. **Livestock Production Science**, v.51, n.1-3, p.131-140, 1997.

ARMSTRONG, T.A.; IVERS, D.J.; WAGNER, J.R.; ANDERSON, D.B.; WELDON, W.C.; BERG, E.P. The effect of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, n.11, p.3245-3253, 2004.

BABOL, J.; SQUIRES, E.J.; LUNDSTROM, K. Hepatic metabolism of skatole in pigs by cytochrome P4502E1. **Journal of Animal Science**, v.76, n.3, p.822-828, 1998.

BEE, G.; BIOLLEY, C.; GUEX, G.; HERZOG, W.; LONERGAN, S.M.; HUFF-LONERGAN, E. Effects of available dietary carbohydrate and preslaughter treatment on glycolytic potential, protein degradation, and quality traits of pig muscles. **Journal of Animal Science**, v.84, n.1, p.191-203, 2006.

BONNEAU, M. Use of entire males for pig meat in the european union. **Meat Science**, v.49, p.S257-S272, 1998.

BRIDI, A.M.; OLIVEIRA, A.R.D.; FONSECA, N.A.N.; SHIMOKOMAKI, M.; COUTINHO, L.L.; SILVA, C.A.D. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.2027-2033, 2006.

CARR, S.N.; IVERS, D.J.; ANDERSON, D.B.; JONES, D.J.; MOWREY, D.H.; ENGLAND, M.B.; KILLEFER, J.; RINCKER, P.J.; MCKEITH, F.K. The effects of ractopamine

hydrochloride on lean carcass yields and pork quality characteristics. **Journal of Animal Science**, v.83, n.12, p.2886-2893, 2005.

CRONIN, G.; DUNSHEA, F.; BUTLER, K.; MCCAULEY, I.; BARNETT, J.; HEMSWORTH, P. 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.

DUNSHEA, F.R.; COLANTONI, C.; HOWARD, K.; MCCAULEY, I.; JACKSON, P.; LONG, K.A.; LOPATICKI, S.; NUGENT, E.A.; SIMONS, J.A.; WALKER, J.; HENNESSY, D.P. Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. **Journal of Animal Science**, v.79, n.10, p.2524-2535, 2001.

DUNSHEA, F.R.; KING, R.H.; CAMPBELL, R.G.; SAINZ, R.D.; KIM, Y.S. Interrelationships between sex and ractopamine on protein and lipid deposition in rapidly growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.71, n.11, p.2919-2930, 1993.

FUCHS, T.; NATHUES, H.; KOEHRMANN, A.; ANDREWS, S.; BROCK, F.; SUDHAUS, N.; KLEIN, G.; BEILAGE, E.G. 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, p.702-705, 2009.

GISPERT, M.; ÀNGELS OLIVER, M.; VELARDE, A.; SUAREZ, P.; PÉREZ, J.; FONT I FURNOLS, M. 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.

JOO, S.T.; LEE, J.I.; HA, Y.L.; PARK, G.B. Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color, and water-holding capacity of pork loin. **Journal of Animal Science**, v.80, n.1, p.108-112, 2002.

KERR, B.J.; SOUTHERN, L.L.; BIDNER, T.D.; FRIESEN, K.G.; EASTER, R.A. Influence of dietary protein level, amino acid supplementation, and dietary energy levels on growing-

finishing pig performance and carcass composition. **Journal of Animal Science**, v.81, n.12, p.3075-3087, 2003.

KIM, B.G.; PETERSEN, G.I.; HINSON, R.B.; ALLEE, G.L.; STEIN, H.H. Amino acid digestibility and energy concentration in a novel source of high-protein distillers dried grains and their effects on growth performance of pigs. **Journal of Animal Science**, v.87, n.12, p.4013-4021, 2009.

KRISTENSEN, L.; THERKILDSEN, M.; RIIS, B.; SORENSEN, M.T.; OKSBJERG, N.; PURSLOW, P.P.; ERTBJERG, P. Dietary-induced changes of muscle growth rate in pigs: Effects on in vivo and postmortem muscle proteolysis and meat quality. **Journal of Animal Science**, v.80, n.11, p.2862-2871, 2002.

MINITAB. **Minitab inc. Versão 15. 15.1**, 2007.

MINOLTA. **Precise color communication: color control from perception to instrumentation**. Japan: Minolta co., 1998. p.19.

OLIVER, W.T.; MCCAULEY, I.; HARRELL, R.J.; SUSTER, D.; KERTON, D.J.; DUNSHEA, F.R. A gonadotropin-releasing factor vaccine (Improvac) and porcine somatotropin have synergistic and additive effects on growth performance in group-housed boars and gilts. **Journal of Animal Science**, v.81, n.8, p.1959-1966, 2003.

PAULY, C.; SPRING, P.; O'DOHERTY, J.V.; KRAGTEN, S.A.; BEE, G. Performances, meat quality and boar taint of castrates and entire male pigs fed a standard and a raw potato starch-enriched diet. **Animal**, v.2, p.1707-1715, 2008.

PAULY, C.; SPRING, P.; O'DOHERTY, J.V.; KRAGTEN, S.A.; BEE, G. Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically castrated, immunocastrated (Improvac^R) and entire male pigs and individually penned entire male pigs. **Animal**, v.3, p.1057-1066, 2009.

- PRUNIER, A.; BONNEAU, M.; BORELL, E.V.; CINOTTI, S.; GUNN, M.; FREDRIKSEN, B.; GIERSING, M.; MORTON, D.; TUYTTENS, F.; VELARDE, 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.
- SCHINCKEL, A.P.; LI, N.; RICHERT, B.T.; PRECKEL, P.V.; EINSTEIN, M.E. Development of a model to describe the compositional growth and dietary lysine requirements of pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.81, n.5, p.1106-1119, 2003.
- SEE, M.T.; ARMSTRONG, T.A.; WELDON, W.C. Effect of a ractopamine feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, n.8, p.2474-2480, 2004.
- SKRLEP, M.; SEGULA, B.; PREVOLNIK, M.; KIRBIS, A.; FAZARINC, G.; POTOKAR, M.C. Effect of immunocastration (Improvac[®]) in fattening pigs II: Carcass traits and meat quality. **Slovenian Veterinary Research**, v.47, n.2, p.65-72, 2010.
- UTTARO, B.E.; BALL, R.O.; DICK, P.; RAE, W.; VESSIE, G.; JEREMIAH, L.E. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. **Journal of Animal Science**, v.71, n.9, p.2439-2449, 1993.
- VAN MILGEN, J.; QUINIOU, A.N.; NOBLET, J. Modeling the relation between energy intake and protein and lipid deposition in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.71, p.119-130, 2000.
- ZAMARATSKAIA, G.; ANDERSSON, H.; CHEN, G.; ANDERSSON, K.; MADEJ, A.; LUNDSTRÖM, K. Effect of a gonadotropin-releasing hormone vaccine (ImprovacTM) on steroid hormones, boar taint compounds and performance in entire male pigs. **Reproduction in Domestic Animals**, v.43, n.3, p.351-359, 2008.

Tabela 3.1 Composição centesimal, bromatológica e relação aminoácido/energia e aminoácido/aminoácido das dietas experimentais.

	Inicial			Crescimento			Terminação		
	DC	DC + 3%AA	DC + 5%AA	DC	DC + 3%AA	DC + 5%AA	DC	DC + 3%AA	DC + 5%AA
Ingredientes (%)									
Ração basal	100,0	94,00	89,00	100,0	94,00	90,00	100,0	95,00	90,00
Milho	-	0,40	1,39	-	0,55	0,88	-	0,06	1,35
Farelo de soja 48%	-	3,41	5,89	-	3,29	5,52	-	2,81	5,08
Óleo de soja	-	2,08	3,48	-	2,05	3,44	-	2,05	3,42
Fosfato bicálcico	-	0,10	0,20	-	0,10	0,15	-	0,07	0,14
Metionina (HMTBA 88%)	-	0,01	0,02	-	0,01	0,01	-	0,01	0,01
Lisina (L-Lisina HCl 99%)	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-
Treonina (L-treonina 98%)	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Composição Bromatológica (base MN)									
PB, %	18,50	19,06	19,43	18,10	18,64	19,01	17,00	17,51	17,85
EM, kcal/kg	3300	3399	3465	3300	3398	3465	3300	3399	3465
Cálcio, %	0,70	0,70	0,69	0,70	0,69	0,68	0,60	0,60	0,59
Fósforo disp., %	0,40	0,40	0,40	0,30	0,30	0,30	0,25	0,26	0,26
Arginina, %	1,18	1,23	1,26	1,14	1,19	1,23	1,06	1,11	1,13
Lisina, %	1,14	1,17	1,20	1,07	1,11	1,12	0,98	1,01	1,03
Metionina, %	0,34	0,35	0,36	0,34	0,35	0,36	0,30	0,32	0,32
MET + CIS, %	0,65	0,67	0,68	0,65	0,67	0,68	0,59	0,61	0,61
Triptofano, %	0,21	0,22	0,23	0,20	0,21	0,22	0,18	0,19	0,19
Treonina, %	0,75	0,77	0,79	0,73	0,75	0,77	0,67	0,68	0,70
Valina, %	0,86	0,89	0,91	0,84	0,87	0,89	0,79	0,81	0,83
Relações AA/EM (g/Mcal) e AA/AA (g/g)									
PB/EM	56,06	56,08	56,08	54,85	54,86	54,86	51,52	51,52	51,52
LIS/EM	3,45	3,44	3,46	3,24	3,27	3,23	2,96	2,97	2,97
MET/EM	1,03	1,03	1,04	1,03	1,03	1,04	0,92	0,94	0,92
TRE/EM	2,27	2,27	2,28	2,21	2,21	2,22	2,02	2,00	2,02
LIS/MET	3,35	3,34	3,33	3,15	3,17	3,11	3,23	3,16	3,22
LIS/TRE	1,52	1,52	1,52	1,47	1,48	1,45	1,47	1,49	1,47

DC: Dieta controle; AA: Aminoácidos; PB: Proteína bruta; EM: Energia metabolizável; MET: Metionina; CIS: Cistina; LIS: Lisina; TRE: Treonina.

Tabela 3.2 Pesos e rendimentos de carcaça e dos cortes de suínos machos castrados e imunocastrados alimentados com diferentes níveis de aminoácidos e energia com ou sem ractopamina.

Variáveis ¹	Tratamentos								epr ²	P
	DC - MC		DC - MI		DC + 3%AA - MI		DC + 5%AA - MI			
	Sem RAC	Com RAC	Sem RAC	Com RAC	Sem RAC	Com RAC	Sem RAC	Com RAC		
PESOS, kg										
Peso de abate	119,8 ^b	127,0 ^{ab}	129,6 ^{ab}	130,6 ^{ab}	130,2 ^{ab}	131,4 ^{ab}	126,9 ^{ab}	136,4 ^a	7,23	*
Carcaça quente	102,4	101,7	97,5	100,4	98,3	102,0	99,2	101,3	2,61	ns
Carcaça fria	98,7 ^a	95,6 ^{ab}	93,2 ^b	95,6 ^{ab}	92,8 ^b	95,4 ^{ab}	94,0 ^b	95,4 ^{ab}	1,74	**
Cabeça	4,21	4,47	4,92	4,77	4,74	5,15	4,68	5,21	0,22	ns
Pernil	12,25	13,70	14,39	14,73	14,29	14,90	13,58	14,85	0,65	ns
Paleta	16,40	14,55	14,39	16,05	14,69	15,82	14,30	15,97	1,09	ns
Barriga	8,37 ^{ab}	9,41 ^{ab}	8,96 ^{ab}	8,24 ^b	9,54 ^{ab}	8,46 ^{ab}	9,55 ^{ab}	9,69 ^a	0,60	*
Costela	1,45 ^b	1,85 ^{ab}	2,08 ^a	1,82 ^{ab}	2,01 ^{ab}	1,79 ^{ab}	2,03 ^{ab}	2,17 ^a	0,18	*
Carré	6,37	7,12	5,90	6,35	6,55	6,62	6,22	6,46	0,50	ns
Lombo	2,63	3,31	2,86	3,11	3,09	3,05	2,74	3,10	0,27	ns
Papada	2,11	2,00	1,91	1,74	1,87	1,22	1,63	1,81	0,41	ns
Filé	0,80	0,88	0,76	0,82	0,84	0,89	0,82	0,90	0,08	ns
RENDIMENTO, %										
Carcaça quente	80,0	79,2	75,9	77,9	76,6	78,2	77,1	77,8	2,01	ns
Carcaça fria	77,9 ^a	74,5 ^{ab}	72,6 ^b	74,2 ^{ab}	72,4 ^b	74,2 ^{ab}	73,0 ^b	73,5 ^{ab}	1,34	**
Cabeça	3,52	3,52	3,80	3,65	3,64	3,92	3,69	3,82	0,16	ns
Pernil	10,21	10,77	11,11	11,30	10,97	11,35	10,69	10,90	0,51	ns
Paleta	12,74	11,23	11,13	12,32	11,30	12,07	11,25	11,70	0,86	ns
Barriga	6,99 ^{ab}	7,39 ^{ab}	6,92 ^{ab}	6,31 ^b	7,32 ^{ab}	6,44 ^{ab}	7,54 ^a	7,12 ^{ab}	0,47	*
Costela	1,21 ^b	1,46 ^{ab}	1,61 ^a	1,40 ^{ab}	1,55 ^{ab}	1,37 ^{ab}	1,59 ^a	1,60 ^a	0,14	*
Carré	5,32	5,62	4,57	4,86	5,03	5,05	4,89	4,75	0,38	ns
Lombo	2,20	2,61	2,21	2,38	2,37	2,32	2,16	2,28	0,21	ns
Papada	1,76	1,56	1,48	1,34	1,44	0,94	1,27	1,34	0,32	ns
Filé	0,66	0,68	0,59	0,64	0,65	0,69	0,64	0,67	0,06	ns

^{ns}Não significativo, *significativo a 5% de probabilidade e **significativo a 1% de probabilidade; ^{a,b}letras diferentes na mesma linha diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05) e (P<0,01); ¹Peso de abate utilizado como covariável, médias ajustadas (LSMeans); ²Erro padrão das médias;

DC: Dieta controle; MC: Machos castrados; MI: Machos imunocastrados; RAC: Ractopamina; AA: Aminoácidos.

Tabela 3.3 pH, cor e quebra de peso da carne de suínos machos castrados e imunocastrados alimentados com diferentes níveis de aminoácidos e energia com ou sem ractopamina.

	Tratamentos								epr ¹	P
	DC - MC		DC - MI		DC + 3%AA - MI		DC + 5%AA - MI			
	Sem RAC	Com RAC	Sem RAC	Com RAC	Sem RAC	Com RAC	Sem RAC	Com RAC		
pH 45min	6,16	6,14	6,19	6,03	6,43	6,43	6,42	6,02	0,32	ns
L*	35,40	35,98	36,49	33,58	35,57	34,38	35,63	36,62	1,15	ns
a*	11,66	9,26	10,12	14,66	10,88	11,10	12,02	12,09	2,19	ns
b*	-6,21	-6,25	-6,04	-6,29	-5,79	-6,20	-5,51	-5,63	0,44	ns
pH 24 horas	5,74	5,65	5,68	5,89	5,78	5,85	5,63	5,48	0,33	ns
Quebra de peso, %	-2,02	-2,14	-1,54	-2,21	-2,23	-2,24	-2,51	-2,58	0,55	ns
pH 24 horas	5,66	5,40	5,63	5,57	5,63	5,51	5,86	5,39	0,19	ns
L*	40,56	42,17	42,48	41,06	42,32	42,80	41,71	45,49	1,77	ns
a*	13,32	11,49	11,65	12,90	11,98	12,16	12,40	12,78	0,82	ns
b*	-5,96 ^b	-5,74 ^b	-5,27 ^b	-5,73 ^b	-5,49 ^b	-5,13 ^{ab}	-5,22 ^{ab}	-4,12 ^a	0,38	**
pH 48 horas	5,53	5,23	5,61	5,30	5,09	5,30	5,63	4,96	0,29	ns
Quebra de peso, %	-2,47	-1,98	-2,19	-1,33	-1,69	-1,46	-1,57	-2,02	0,72	ns

^{ns}Não significativo e ^{**}significativo a 1% de probabilidade; ^{a,b}letras diferentes na mesma linha diferem pelo Teste de Tukey (P<0,01); ¹Erro padrão das médias;

DC: Dieta controle; MC: Machos castrados; MI: Machos imunocastrados; RAC: Ractopamina; AA: Aminoácidos; L*: Luminosidade; a*: componente (vermelho-verde); b*: componente (amarelo-azul).

4 DISCUSSÃO GERAL

Os resultados do presente estudo evidenciam que suínos machos inteiros e imunocastrados necessitam de maiores níveis de suplementação para expressar o seu potencial de crescimento. Neste estudo, os suínos machos inteiros apresentaram consumo de ração 11% inferior ($P < 0,05$) aos suínos machos castrados. Porém, o consumo de ração não diferiu ($P > 0,05$) entre suínos machos castrados e imunocastrados. O comportamento alimentar de suínos é alterado após a aplicação da segunda dose da vacina de imunocastração, quando os níveis de testosterona decrescem, estimulando o apetite (CLAUS et al., 2007). Esta categoria pode ser beneficiada pelo potencial de crescimento do macho inteiro até a aplicação da segunda dose da vacina e pelo ganho compensatório que está correlacionado a maior ingestão de alimento e ao efeito anabólico residual (DUNSHEA et al., 2001).

Os suínos machos castrados apresentaram conversão alimentar 16% pior ($P < 0,05$) em relação aos machos inteiros e 13% pior ($P < 0,05$) em relação aos machos imunocastrados. Os machos inteiros são mais eficientes quanto à conversão alimentar em função da ação dos esteróides testiculares (DÍAZ et al., 1990). O ganho de peso não diferiu ($P > 0,05$) entre suínos machos castrados e inteiros. Porém, após a imunocastração os suínos machos imunocastrados apresentaram ganho de peso 15% superior ($P < 0,05$) aos castrados. Suínos machos castrados, inteiros e imunocastrados alimentados com diferentes níveis nutricionais não diferiram ($P > 0,05$) para peso vivo. Vários fatores podem ter influenciado na taxa de crescimento dos suínos e, portanto, devem ser levados em consideração na comparação entre suínos machos inteiros e castrados. Esses fatores incluem sexo, genótipo e nutrição (WEIS et al., 2004; PAULY et al., 2010).

A suplementação com 5% de aminoácidos e energia reduziu ($P < 0,05$) em 6,9% o consumo diário de ração e melhorou ($P < 0,05$) em 3,0% a conversão alimentar de suínos machos inteiros. Nos suínos machos imunocastrados a suplementação com 5% de aminoácidos e energia melhorou ($P < 0,05$) em 11% a conversão alimentar e aumentou ($P < 0,05$) em 7,8% o ganho de peso de suínos machos imunocastrados. A diferença observada entre suínos machos suplementados ou não com aminoácidos pode ser explicada pela menor termogênese associada ao metabolismo proteico, comum em dietas suplementadas com aminoácidos livres (VAN MILGEN et al., 2000).

O peso de abate, de barriga e costela de suínos machos imunocastrados foi superior quando os animais foram suplementados com 5% de aminoácidos e energia com ractopamina. O aumento do tecido magro é um dos principais objetivos da criação de suínos para o abate e este representa o fator que mais influencia as exigências de aminoácidos, principalmente de lisina. Primeiro aminoácido limitante, a lisina é um dos principais responsáveis pela deposição de tecido muscular na carcaça. Portanto, as respostas de desempenho e deposição de carne magra na carcaça podem ser associadas ao nível de lisina da dieta (OLIVEIRA et al., 2003). Em rações para suínos, quando o nível de suplementação de um aminoácido essencial é inadequado e o de lisina suficiente, as respostas dos animais podem ser limitadas pelo aminoácido deficiente (ABREU et al., 2007).

Levando em consideração que a alimentação representa cerca de 70% dos custos de produção dos suínos, torna-se um importante fator de avaliação. O custo alimentar (R\$/kg) foi calculado em função do custo da ração e da conversão alimentar e é apresentado na tabela 4.1. Quando alimentados com a mesma dieta, o custo com a alimentação de suínos machos inteiros foi 15% inferior ($P < 0,05$) ao custo alimentar de machos castrados. A suplementação com aminoácidos e energia aumentou ($P < 0,05$) em 4,8% o custo alimentar de suínos machos inteiros. Após a imunocastração, o custo com alimentação de suínos machos imunocastrados foi 13% inferior ($P < 0,05$) aos machos castrados. Suínos machos imunocastrados alimentados com 5% de aminoácidos e energia com ractopamina têm custo alimentar 16% inferior ($P < 0,05$) em relação aos machos castrados alimentados com a dieta controle.

De maneira geral, os custos são influenciados pelo sexo, conversão alimentar e nutrição (HERMESCH et al., 2003). O custo alimentar está fortemente relacionado à característica do tecido depositado pelo animal, sendo superior nos animais com maior taxa de deposição de lipídeos (QUINIOU et al., 1996). A rentabilidade é afetada pela castração cirúrgica, pois os suínos machos castrados consomem uma quantidade elevada de ração e apresentam pior conversão alimentar (DUNSHEA et al., 2001).

A utilização de dietas suplementadas com aminoácidos para suínos machos inteiros e imunocastrados melhora a conversão alimentar, o peso de abate, de barriga e costela e reduz o custo alimentar em relação a produção de suínos machos castrados. Desta forma a utilização de suínos machos inteiros sendo estes suplementados com aminoácidos é de suma importância na produção de suínos.

Tabela 4.1 Custo alimentar (R\$/kg) de suínos machos castrados e inteiros/imunocastrados alimentados com diferentes níveis de aminoácidos e energia com ou sem ractopamina

Fase 1	Tratamentos							
	DC - MC		DC - MI		DC + 3% AA - MI	DC + 5% AA - MI		
63-70	0,93		0,95		0,94	0,97		
71-77	1,12 ^a		1,05 ^{ab}		1,04 ^{ab}	1,03 ^b		
78-84	1,03		1,01		1,03	1,05		
85-91	1,13 ^a		0,99 ^b		1,05 ^{ab}	1,04 ^{ab}		
92-98	1,13 ^a		0,98 ^c		1,04 ^b	1,05 ^b		
99-105	1,07 ^a		0,95 ^b		0,97 ^b	1,04 ^{ab}		
106-112	1,50 ^a		1,24 ^b		1,32 ^b	1,30 ^b		
113-119	1,45 ^a		1,12 ^c		1,13 ^b	1,30 ^{bc}		
120-126	1,42 ^a		1,06 ^c		1,21 ^b	1,09 ^b		
127-133	1,35		1,21		1,23	1,33		
134-140	1,58 ^a		1,24 ^b		1,24 ^b	1,32 ^b		
Média	1,29 ^a		1,09 ^c		1,13 ^{bc}	1,15 ^b		
Fase 2	Sem RAC	Com RAC	Sem RAC	Com RAC	Sem RAC	Com RAC	Sem RAC	Com RAC
141-147	1,78 ^{ab}	2,05 ^a	1,51 ^b	1,66 ^{ab}	1,76 ^{ab}	1,62 ^b	1,67 ^{ab}	1,45 ^b
148-154	2,08 ^a	1,80 ^{ab}	1,89 ^{ab}	1,81 ^{ab}	1,50 ^b	1,58 ^b	1,61 ^b	1,45 ^b
155-161	1,80 ^{ab}	1,73 ^{ab}	1,59 ^b	1,57 ^b	2,03 ^a	1,74 ^{ab}	1,57 ^b	1,67 ^b
162-166	1,65 ^{ab}	1,77 ^a	1,46 ^{ab}	1,34 ^b	1,32 ^b	1,46 ^{ab}	1,50 ^{ab}	1,49 ^{ab}
Média	1,81 ^a	1,82 ^a	1,60 ^b	1,57 ^b	1,63 ^b	1,59 ^b	1,58 ^b	1,51 ^b

^{a,b}letras diferentes na mesma linha diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05); Probabilidades ProcMixed: Fase 1 - Tratamento (T) < 0,0001; Período (P) < 0,0001; T*P < 0,0001; epr = 0,011; Fase 2 - Probabilidades ProcMixed: Tratamento (T) = 0,004; Período (P) = 0,001; T*P = 0,014; epr = 0,053; Fase 1: Até a segunda dose da vacina de imunocastração, machos castrados e inteiros; Fase 2: Após segunda dose da vacina de imunocastração, machos castrados e imunocastrados;

DC: Dieta controle; MC: Machos castrados; MI: Machos inteiros/imunocastrados; AA: Aminoácidos; RAC: Ractopamina.

5 CONCLUSÕES

Suínos machos inteiros consomem menos ração e têm uma melhor conversão alimentar que machos castrados.

A suplementação com 5% de aminoácidos e energia melhora a conversão alimentar, o peso de abate, barriga e costela de suínos machos imunocastrados.

A ractopamina não influencia o desempenho e as características pós-abate de suínos machos castrados, inteiros e imunocastrados alimentados com dietas contendo diferentes níveis nutricionais.

A produção de suínos machos inteiros e imunocastrados reduz o custo com alimentação.

Os resultados obtidos apontam para a necessidade de determinar as exigências de aminoácidos, proteína e energia para suínos machos inteiros e imunocastrados, a fim de potencializar as respostas dessa categoria sexual. As informações geradas também poderão ser de grande valia para o aumento da produtividade de carne suína, melhorando a rentabilidade sem afetar o bem-estar animal.

REFERÊNCIAS

ABIPECS. Produção de carne suína no Brasil. **Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína**, 2010.

ABREU, M. L. T. D. et al. Níveis de lisina digestível em rações, utilizando-se o conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de alto potencial genético, dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p.62-67, 2007.

ALMEIDA, E. C. et al. Digestibilidade ileal e perdas endógenas de aminoácidos de dietas com óleo de soja para suínos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p.1045-1051, 2007.

ALMEIDA, E. C. et al. Ractopamine and lysine levels on performance and carcass characteristics of finishing pigs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p.1961-1968, 2010a.

ALMEIDA, V. V. et al. Ractopamina, cromo-metionina e suas combinações como aditivos modificadores do metabolismo de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p.1969-1977, 2010b.

ANDERSSON, K. et al. The effects of feeding system, lysine level and gilt contact on performance, skatole levels and economy of entire male pigs. **Livestock Production Science**, v. 51, n. 1-3, p.131-140, 1997.

ANDRETTA, I. et al. Relação da ractopamina com componentes nutricionais e desempenho em suínos: Um estudo meta-analítico. **Ciência Rural**, v. 41, p.186-191, 2011.

AROUCA, C. L. C. et al. Exigências de lisina, com base no conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados, de 95 a 122kg, selecionados para deposição de carne magra. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, p.773-781, 2004.

BABOL, J.; SQUIRES, E. J.; LUNDSTROM, K. Hepatic metabolism of skatole in pigs by cytochrome P4502E1. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 3, p.822-828, 1998.

BARTON-GADE, P. et al. Methods of improving pig welfare and meat quality by reducing stress and discomfort before slaughter- methods of accessing meat quality. In: **Proceedings of the EU-Seminar, Mariensee**, p.23-34, 1996.

BELLAVER, C.; FIALHO, E. T.; FAVERO, J. A. Níveis de ractopamina na dieta e efeitos sobre o desempenho e características de carcaça de suínos em terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 10, p.1795-1802, 1991.

BONNEAU, M.; ENRIGHT, W. J. Immunocastration in cattle and pigs. **Livestock Production Science**, v. 42, n. 2-3, p.193-200, 1995.

BONNEAU, M.; LUNDSTROM, K.; MALMFORMS, B. Boar taint in entire male pigs. **Wageningen Pers**, v. 54, p.285-295, 1997.

BONNEAU, M. Use of entire males for pig meat in the European Union. **Meat Science**, v. 49, p.257-272, 1998.

BRIDI, A. M. et al. Efeito do genótipo halotano e de diferentes sistemas de produção no desempenho produtivo e na qualidade da carcaça suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p.942-950, 2003.

CAMERON, N. D. et al. Physiological responses to divergent selection for daily food intake or lean growth rate in pigs. **Animal Science**, v. 76, p.27-34, 2003.

CAMPBELL, R. Global control of boar taint. **Pig Progress**, v. 22, n. 5, p.26-28, 2006.

CARR, S. N. et al. The effect of ractopamine hydrochloride (paylean) on lean carcass yields and pork quality characteristics of heavy pigs fed normal and amino acid fortified diets. **Meat Science**, v. 81, p.533-539, 2009.

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

CLAUS, R. et al. Short-term endocrine and metabolic reactions before and after second immunization against GnRH in boars. **Vaccine**, v. 25, n. 24, p.4689-4696, 2007.

CHIARADIA, R. C. F. **Níveis de lisina e energia em rações formuladas com baixo teor de proteína bruta para suínos em crescimento**. 2008. 85f. Dissertação (Mestrado em Nutrição de Monogástricos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2008.

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, n. 2, p.111-126, 2003.

DE LA LLATA, M. et al. Effects of increasing L-lysine HCl in corn- or sorghum-soybean meal-based diets on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 9, p.2420-2432, 2002.

DÍAZ, C. I. et al. Efecto del sexo sobre le respuesta productiva y características de la canal de cerdos en crecimiento y engorda. **Agricultura Técnica**, v. 50, n. 9, p.113-119, 1990.

DORAN, E. et al. Characterisation of androstenone metabolism in pig liver microsomes. **Chemico Biological Interactions**, v. 147, p.141-149, 2004.

DOURMAD, J. Y. et al. Response to dietary lysine supply during the finishing period in pigs. **Livestock Production Science**, v. 45, n. 2-3, p.179-186, 1996.

DUNSHEA, F. R. et al. Interrelationships between sex and ractopamine on protein and lipid deposition in rapidly growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 11, p.2919-2930, 1993.

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, n. 10, p.2524-2535, 2001.

FRIESEN, K. G. et al. Influence of dietary lysine on growth and carcass composition of high-lean-growth gilts fed from 34 to 72 kilograms. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 7, p.1761-1770, 1994.

GASPAROTTO, L. F. et al. Exigência de lisina, com base no conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de dois grupos genéticos, na fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p.1742-1749, 2001.

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.

GOMEZ, R. S. et al. Body composition and tissue accretion rates of barrows fed corn-soybean meal diets or low-protein, amino acid-supplemented diets at different feeding levels. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 3, p.654-662, 2002.

GU, Y. et al. Genotype and treatment biases in estimation of carcass lean of swine. **Journal of Animal Science**, v. 70, p.1708-1718, 1992.

HAFEZ, E. S. E.; HAFEZ, B. **Reprodução animal**. São Paulo, Brasil: Manole, 7ed, 2004. 513p.

HANSEN, B. C.; LEWIS, A. J. Effects of dietary protein concentration (corn:soybean meal ratio) and body weight on nitrogen balance of growing boars, barrows, and gilts: Mathematical descriptions. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 8, p.2110-2121, 1993.

HERMESCH, S.; KANIS, E.; EISSEN, J. J. Economic weights for feed intake in the growing pig derived from a growth model and an economic model. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 4, p.895-903, 2003.

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**, v. 92, n. 1, p.31-38, 2005.

LANTHIER, F. et al. Characterizing developmental changes in plasma and tissue skatole concentrations in the prepubescent intact male pig. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 7, p.1699-1708, 2006.

LE BELLEGO, L. et al. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 5, p.1259-1271, 2001.

LE BELLEGO, L.; NOBLET, J. Performance and utilization of dietary energy and amino acids in piglets fed low protein diets. **Livestock Production Science**, v. 76, n. 1-2, p.45-58, 2002.

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, p.1061-1068, 2007.

MATTHEWS, K. R. et al. An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: III. Consumer survey in seven european countries. **Meat Science**, v. 54, p.271-284, 2000.

MILLS, S. E. Biological basis of the ractopamine response **Journal of Animal Science**, v. 80, Suppl. 2, p.28-32, 2002.

MORAES, E.; KIEFER, C.; SILVA, I. S. Ractopamina em dietas para suínos machos imunocastrados, castrados e fêmeas. **Ciência Rural**, v. 40, p.379-384, 2010.

MOREIRA, I. et al. Exigência de lisina para machos castrados de dois grupos genéticos de suínos na fase de terminação, com base no conceito de proteína ideal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p.96-103, 2002.

MOUGHAN, P. J. Simulating the partitioning of dietary amino acids: New directions. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 14, suppl 2, p.60-67, 2003.

NOBLET, J.; SHI, X. S.; DUBOIS, S. Metabolic utilization of dietary energy and nutrients for maintenance energy requirements in sows: Basis for a net energy system. **British Journal of Nutrition**, v. 70, n. 2, p.407-419, 1993.

NOBLET, J. et al. Metabolic utilization of energy and maintenance requirements in growing pigs: Effects of sex and genotype. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 5, p.1208-1216, 1999.

NOBLET, J. et al. Effects of reduced dietary protein level and fat addition on heat production and nitrogen and energy balance in growing pigs. **Animal Research**, v. 50, n. 3, p.227-238, 2001.

OLIVEIRA, A. L. S. D. et al. Lisina em rações para suínos machos castrados selecionados para deposição de carne magra na carcaça dos 110 aos 125 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p.150-155, 2003.

OLIVEIRA, V. D. et al. Desempenho e composição corporal de suínos alimentados com rações com baixos teores de proteína bruta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 12, p.1775-1780, 2006.

OLIVER, W. T. et al. A gonadotropin-releasing factor vaccine (improvac) and porcine somatotropin have synergistic and additive effects on growth performance in group-housed boars and gilts. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 8, p.1959-1966, 2003.

PATTERSON, R. L. S. 5α -androst-16en-3one: Compound responsible for boar taint in boar fat. **Journal Science Food Agriculture**, v. 19, p.31-37, 1968.

PAULY, C. et al. Performances, meat quality and boar taint of castrates and entire male pigs fed a standard and a raw potato starch-enriched diet. **Animal**, v. 2, p.1707-1715, 2008.

PAULY, C. et al. Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically castrated, immunocastrated (improvac^R) and entire male pigs and individually penned entire male pigs. **Animal**, v. 3, p.1057-1066, 2009.

PAULY, C. et al. The effects of method of castration, rearing condition and diet on sensory quality of pork assessed by a trained panel. **Meat Science**, v. 86, n. 2, p.498-504, 2010.

PEDERSEN, G.; LINDBERG, J. E.; BOISEN, S. Determination of the optimal dietary threonine: lysine ratio for finishing pigs using three different methods. **Livestock Production Science**, v. 82, p.233-243, 2003.

PEREIRA, F. A. et al. Efeitos da ractopamina e de dois níveis de lisina digestível na dieta sobre o desempenho e características de carcaça de leitoas em terminação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, p.943-952, 2008.

PRUNIER, A. et al. 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.

QUINIQU, N.; DOURMAD, J. -Y.; NOBLET, J. Effect of energy intake on the performance of different types of pig from 45 to 100 kg body weight. 1. Protein and lipid deposition. **Journal of Animal Science**, v. 63, p.277-288, 1996.

REN, J. B. et al. Influence of dietary lysine level on whole-body protein turnover, plasma IGF-I, GH and insulin concentration in growing pigs. **Livestock Science**, v. 110, n. 1-2, p.126-132, 2007.

REZENDE, W. O. et al. Níveis de energia metabolizável mantendo a relação lisina digestível: Caloria em rações para suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p.1101-1106, 2006.

RIDEOUT, T. et al. Excretion of major odor-causing and acidifying compounds in response to dietary supplementation of chicory inulin in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 82, p.678-684, 2004.

RIKARD-BELL, C. et al. Ractopamine hydrochloride improves growth performance and carcass composition in immunocastrated boars, intact boars, and gilts. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 11, p.3536-3543, 2009.

SANCHES, J. F. et al. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação e mantidos sob conforto térmico. **Ciência Rural**, v. 40, p.373-378, 2010.

SCHINCKEL, A. P.; DE LANGE, C. F. Characterization of growth parameters needed as inputs for pig growth models. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 8, p.2021-2036, 1996.

SEE, M. T.; ARMSTRONG, T. A.; WELDON, W. C. Effect of a ractopamine feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 8, p.2474-2480, 2004.

SINCLAIR, P. et al. Metabolism of the 16-androstene steroids in primary cultured porcine hepatocytes. **Journal Steroid Biochemistry Molecular Biology**, v. 96, p.79-87, 2005.

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

SUSENBETH, A. Factors affecting lysine utilization in growing pigs: An analysis of literature data. **Livestock Production Science**, v. 43, n. 3, p.193-204, 1995.

TAYLOR, A. A.; WEARY, D. M. Vocal responses of piglets to castration: Identifying procedural sources of pain. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 70, n. 1, p.17-26, 2000.

THONG, H. T.; LIEBERT, F. Amino acid requirement of growing pigs depending on amino acid efficiency and level of protein deposition. 2nd communication: Threonine. **Archives of Animal Nutrition**, v. 58, n. 2, p. 157-168, 2004.

THUN, R.; GAJEWSKI, Z.; JANETT, F. Castration in male pigs: Techniques and animal welfare issues. **Journal of physiology and pharmacology**, v. 57, n. 8, p.189-194, 2006.

TUITOEK, K. et al. The effect of reducing excess dietary amino acids on growing-finishing pig performance: An elevation of the ideal protein concept. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 6, p.1575-1583, 1997.

UTTARO, B. E. et al. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 9, p.2439-2449, 1993.

VAN DER PEET-SCHWERING, C. M. C.; DEN HARTOG, L. A.; VOS, H. J. P. M. Application of growth models for pigs in practice. **Pig News Information**, v. 20, n. 2, p.49N-54N, 1999.

VAN MILGEN, J.; QUINIYOU, A. N.; NOBLET, J. Modeling the relation between energy intake and protein and lipid deposition in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 71, p.119-130, 2000.

VELARDE, A. et al. The effect of immunocastration on the behaviour of pigs. In **Proceedings of the EAAP Working Group on Production and Utilisation of Meat from Entire Male Pigs**, p. 32-33, 2008.

VOLD, E. Fleishproductionseigenschaften bei ebern und castraten. Iv. Organoleptische und gaschromatografische untersuchungen wasserdampffuchtiger stoffe des ruckmspeckes von ebern. **Meld Norges**, v. 49, p.1-25, 1970.

WEIS, R. N. et al. Effects of energy intake and body weight on physical and chemical body composition in growing entire male pigs. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 1, p.109-121, 2004.

XUE, J.; DIAL, G. D.; PETTIGREW, J. E. Performance, carcass, and meat quality advantages of boars over barrows: A literature review. **Swine Health and Production**, v. 5, n. 1, p.21-28, 1997.

ZAMARATSKAIA, G. et al. Effect of a gonadotropin-releasing hormone vaccine (improvacTM) on steroid hormones, boar taint compounds and performance in entire male pigs. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 43, n. 3, p.351-359, 2008a.

ZAMARATSKAIA, G. et al. Long-term effect of vaccination against gonadotropin-releasing hormone, using improvacTM, on hormonal profile and behaviour of male pigs. **Animal Reproduction Science**, v. 108, n. 1-2, p.37-48, 2008b.

ZENG, X. Y. et al. Performance and hormone levels of immunocastrated, surgically castrated and intact male pigs fed ad libitum high- and low-energy diets. **Livestock Production Science**, v. 77, n. 1, p.1-11, 2002.